

metody i sredstva issledovaniya processov v atmosfere Zemli.  
Khar'kov, 399–425.

17. AWR Design Environment 2010. User Guide  
(2010). AWR Corporation, 378.

Дата надходження рукопису 10.08.2014

**Лучанинов Анатолий Иванович**, доктор физико-математических наук, профессор, кафедра основ радиотехники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166  
E-mail: ailuchaninov@yahoo.com

**Гавва Дмитрий Сергеевич**, Кандидат технических наук, доцент, кафедра основ радиотехники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166  
E-mail: gavvads@gmail.com

**Сальман Рашид Уайд**, аспирант, кафедра основ радиотехники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166  
E-mail: owaidsalman@yahoo.com

УДК 361.31

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

© Ю.Ю. Бсловол

*В статті обґрунтовано доцільність застосування технології смугового обробітку ґрунту в лісостеповій зоні України та визначено перспективні напрямки вдосконалення ґрунтообробних знарядь для її виконання. Для запропонованого технічного рішення вертикально-смугового адаптера аналітично визначено оптимальні показники кінематичного режиму та кількості робочих елементів. За результатами експериментальних досліджень оптимізовано параметри адаптера згідно показників якості.*

*Ключові слова: смуговий обробіток ґрунту, вертикально-фрезерний адаптер, оптимізація параметрів, показники якості*

*The feasibility of strip-till technology using in the forest-steppe zone of Ukraine is grounded in the article and the perspective areas for improvement tools for strip-till technology are determined. The optimal kinematic mode of operation and the number of work items have been identified for the proposed technical solutions vertical milling adapter. In the article the feasibility of technology bandpass cultivation in the steppe zone of Ukraine and identifies promising areas for improvement tillage tools for its implementation. The proposed technical solution vertically-band adapter analytically the optimal values of the kinematic regime and the number of work items. According to experimental results the adapter quality is optimized.*

*Keywords: strip-till, vertical milling adapter, parameter optimization, quality indicators*

### 1. Вступ

Важливим завданням агропромислового комплексу України є забезпечення населення достатньою кількістю якісного продовольства, розвиток внутрішнього ринку та підвищення експорту продукції рослинництва, створення умов економічного зростання галузі. Ринкова економіка змушує виробників при виборі технології обробітку ґрунту керуватися критеріями економічної доцільності та конкурентоспроможності кінцевої продукції. Висока собівартість продукції рослинництва зумовлена використанням застарілих технологій із застосуванням енергоємних технічних засобів. У зв'язку з цим вдосконалення технології обробки ґрунту технічних засобів для її виконання є важливим завданням аграрної науки.

### 2. Постановка проблеми

Врожайність вирощуваних культур залежить

від якості виконання передпосівної обробки ґрунту, яка згідно ГОСТ 26244, повинна забезпечувати наступне: утворення дрібно-грудкуватої структури кореневмісного шару; отримання рівного профілю обробленої поверхні; видалення сходів бур'янів; заробляння мінеральних добрив і пестицидів (за необхідності) із рівномірним розміщенням їх у ґрунті; утворення ущільненого насінневого ложа [1].

Це можливо за умови раціонального вибору технології передпосівної обробки та знарядь для її виконання. Вибір технології визначається фізико-механічними властивостями ґрунту; кліматичними умовами регіону; культурою-попередником та біологічними особливостями культури. Проте, вирішальним фактором для сучасного сільськогосподарського виробника є економічна доцільність технології.

Надмірна сільськогосподарська освоєність земель зумовлює деградацію ґрунтів, що спричинена

прискороною водною та вітровою ерозією (дефляцією), через застосування техніки та технологій, які не задовольняють вимогам екологічної безпеки. Ерозія спричиняє порушення структури ґрунтів, зменшення вмісту гумусу, елементів мінерального живлення рослин. Так, у чорноземах типових середньо-гумусних вміст гумусу сягав 6...10 % (зараз 3...5 %). Їх структура була зернисто-грудкувата (зараз – пилевидна, що зумовлює пересихання і ущільнення ґрунтів). Для компенсації втрат гумусу необхідне внесення до 8...10 т/га гною; заорювання у ґрунт частин рослинної маси; внесення нормованої кількості мінеральних добрив [2].

Таким чином, боротьба з розвитком ерозійних явищ шляхом вдосконалення технології обробітку ґрунту та розробкою знарядь для її виконання є важливим завданням сучасної науки і техніки.

### 3. Літературний огляд

Для наукового обґрунтування вибору технології передпосівної обробки ґрунту звернемося до результатів досліджень одного із класиків в даній галузі – професора Артура Сергійовича Кушнар'ова, який виділяє наступні поняття, що визначають науку «обробка ґрунту»: оптимальна і рівноважна щільність ґрунту; урожай; гумус; орний горизонт [3].

Щільність ґрунту є інтегральним показником її стану, визначальної умови розвитку ґрунтової біоти та кореневої системи вирощуваних рослин [3, 4]. Визначення понять «рівноважна щільність» та «оптимальна щільність» дозволяє підійти до вибору способу і глибини обробки.

Встановлено, що існує стійка закономірність між щільністю ґрунту і урожайністю сільськогосподарських культур [3]. Діапазон оптимальної щільності знаходяться в межах 1,1...1,25 г/см<sup>3</sup>. Збільшення щільності ґрунту, порівняно з оптимальною на 0,1...0,3 г/см<sup>3</sup> призводить до зниження врожаю на 20...40 %. Ґрунти України з розподілу рівноважної щільності в орному горизонті ґрунту по глибині шляхом експертної оцінки діляться на чотири типи: ґрунти I типу становлять – 19 %; ґрунти II типу – 49,9 %; ґрунти III – 20,7 %; ґрунти IV – 10,4 % [5].

Реальна економія палива може бути досягнута при освоєнні нульового обробітку ґрунту (технології No-Till) на площах II типу розподілу щільності. Економія палива на таких ґрунтах становить 18...20 кг/га. Освоєння технології мінімальної (поверхневої) обробки ґрунту на площах III типу розподілу щільності дозволить зекономити паливо до 8...12 кг/га [3–5].

Таким чином, спираючись на результати досліджень професора А.С. Кушнар'ова та ґрунтово-кліматичні умови лісостепової зони України, можна сказати, що розвиток та впровадження технологій нульової та мінімальної обробки ґрунту є перспективними для нашого регіону.

Одним з різновидів мінімальної обробки є спосіб прямого посіву, що дозволяє досягти зниження енергозатрат при підготовці ґрунту і посіві

просапних культур локальної підготовки ґрунту стрічково-смуговим способом на глибину посіву без обробки міжряддя. Така обробка називається стрічково-смуговою (Strip-till). Тобто, при цьому виключається енерговитратна операція одно-, дворазової суцільної культивування.

При застосуванні відомої технології стрічково-смугового обробітку – підготовка ґрунту проводиться на ширину 6...8 см, при цьому міжряддя не обробляється. Оброблена смуга засівається і прикочується профільними катками. Для зернових культур відомий стрічковий посів шириною 5...6 см. Якісна підготовка ґрунту і посів стрічково-смуговим способом забезпечують більш рівномірний розподіл насіння за глибиною і укриття їх дрібно-грудкуватим ґрунтом у порівнянні із прямим висівом за технологією No-till. Застосування такого способу посіву дозволяє в цілому значно скоротити агротехнічні терміни на обробку та посів.

А.П. Спіріним [6] були приведені розрахункові формули для енергозберігаючих прийомів обробки ґрунту. Наприклад, для порівняльної оцінки різних прийомів обробки доцільно користуватися питомою енергоємністю, що розраховується за формулою:

$$E = 10^4 k_{cp} a, \quad (1)$$

де  $k_{cp}$  – середній питомий опір ґрунту на одиницю перетину оброблюваного шару;  $a$  – глибина обробленого шару.

Встановлено, що енерговитрати на обробку ґрунту стрічково-смуговим способом залежно від ширини міжряддя становлять приблизно 9...15 % від суцільної обробки. Смуговий обробіток ґрунту набуває поширення, що зумовлено тим, що для більшості регіонів країни характерним є гострий дефіцит вологи, а використання такого способу сівби є одним із ефективних заходів її накопичення і заощадження [7].

Вивчення взаємодії робочих органів із ґрунтом лежить в основі землеробської механіки, основоположником якої є В.П. Горячкін [8]. Вчений відмічає перспективність застосування ротаційних робочих органів для обробки ґрунту. Теоретичні обґрунтування по проектуванню ротаційних робочих органів розробили Г. Н. Синєоков, Ф. М. Канар'ов, Ю. І. Матяшин, І. М. Панов [13 – 17]. Механіко-технологічні основи обробки ґрунту заклали А. С. Кушнар'ов, продовжили В. І. Ветохін, В.П. Ковбаса [9–12].

Ротаційні робочі органи використовуються на сучасних одноопераційних і комбінованих машинах [13], що виконують за один прохід кілька технологічних операцій. Вони задовольняють основним агротехнічним вимогам енергоощадності, ефективності та якості виконання технологічного процесу [14].

Принципи створення комбінованих агрегатів для вирощування сільськогосподарських культур на базі пасивних робочих органів відомі по працях П. М. Бурченко, А. А. Вілде та інших [15, 16]. Нині існує база результатів теоретичних та експериментальних досліджень, яка дозволяє продовжити вдосконалення конструктивних та

технологічних параметрів робочих органів для передпосівної обробки ґрунту.

За результатами аналізу відомих знарядь для передпосівного обробітку ґрунту, встановлено що активні робочі органи з вертикальною віссю обертання забезпечують якісне фрезерування ґрунту, що дозволяє йому довше зберігати оптимальну структуру. При цьому, виконується подрібнення рослинних решток та їх рівномірне розміщення у кореневмісному шарі ґрунту, що позитивно впливає на режим живлення культурних рослин [17].

Таким чином, перспективним є дослідження роботи та вдосконалення конструкції вертикально-фрезерного адаптера для передпосівного обробітку ґрунту за ресурсозберігаючою технологією.

Отже, метою досліджень є обґрунтування оптимальних конструктивно-технологічних параметрів вертикально-фрезерного адаптера для смугового обробітку ґрунту.

**4. Аналітичне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів вертикально-фрезерного адаптера**

На основі аналізу патентної та науково-технічної інформації були визначені переваги та недоліки відомих знарядь аналогічного призначення та запропоноване технічне рішення, що забезпечує рівномірність обробітку робочої зони; ефективне рихлення ґрунту, мульчування рослинних решток та їх перемішування; вирівняний профіль дна борозни та обробленої поверхні; стійкість руху машинно-тракторного агрегату та зниження енерговитрат технологічного процесу обробки ґрунту.

Процес обробки ґрунту вертикально-фрезерним адаптером згідно технічного рішення характеризується складним рухом робочих елементів. Кожен робочий елемент при взаємодії з ґрунтом створює зону рихлення. При недостатній кількості робочих елементів виникають необроблені ділянки, а при збільшенні їх кількості підвищуються енерговитрати на обробку. У зв'язку з цим правильний вибір і обґрунтування раціональної кількості робочих елементів є необхідною умовою його роботи.

Розглянемо загальний випадок розташування адаптера в просторі. В цьому випадку кут нахилу осі обертання ротора до вертикалі  $\beta > 0$  (рис. 1).

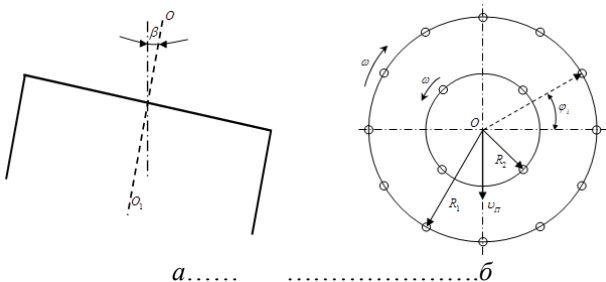


Рис.1. Схема вертикально-фрезерного адаптера у загальному випадку розташування в просторі: а– вигляд спереду; б –вигляд зверху

Ширину оброблюваного ґрунту одним

робочим елементом можна обчислити за формулою:

$$b = d + htg\beta, \tag{2}$$

де  $d$  – діаметр диска ротора, м;  $h$  – глибина обробки ґрунту, м.

Розглянемо диск на якому розміщені рівномірно  $N$  робочих елементів. Кожен робочий елемент описує трохойду віддалену від попередньої на відстань  $L = \frac{2\pi R}{N\lambda}$ . Для якісного обробітку ґрунту

потрібно, щоб величина  $b \geq L$ . Звідси мінімальна кількість робочих елементів розміщених на диску визначається зі співвідношення:

$$N \geq \frac{2\pi R}{N\lambda}, \tag{3}$$

де  $R$  – радіус ротора, де встановлюються робочі елементи, м;  $\lambda$  – кінематичний показник роботи адаптера, що характеризується співвідношенням колової та поступальної швидкостей.

Адаптер складається з двох дисків, які обертаються в різних напрямках і мають відповідно радіуси  $R_1$  (зовнішній) та  $R_2$  (внутрішній) (рис. 1).

Задамо умови, при яких на зовнішньому диску розташовано рівномірно розташовано 8 робочих елементів. Звідси маємо кут  $\varphi$  для  $i$ -го робочого

елемента матиме величину  $\varphi_i = \varphi + \frac{\pi}{6}$ . Рівняння

проекції руху робочих елементів зовнішнього диску на горизонтальну площину має наступний вигляд:

$$\begin{cases} x = R_1 (-\cos \varphi_i) \\ y = R_1 \left( \frac{\varphi_i}{\lambda} + \sin \varphi_i \cos \beta \right) \end{cases}, \tag{4}$$

де  $R_1$  – радіус зовнішнього диску адаптера, м;

На внутрішньому диску прийемо кількість робочих елементів – 4. Звідси маємо кут  $\varphi$  для  $i$ -го

робочого елемента матиме величину  $\varphi_i = \varphi + \frac{\pi}{2}$ .

Рівняння проекції руху робочих елементів внутрішнього диску на горизонтальну площину мають вигляд:

$$\begin{cases} x = R_2 (-\cos \varphi_i) \\ y = R_2 \left( \frac{\varphi_i}{\lambda} - \sin \varphi_i \cos \beta \right) \end{cases}, \tag{5}$$

За результатами розв'язку отриманих рівнянь встановлено, що при регулюванні кінематичного показника роботи в межах  $\lambda=2\dots5$ , необхідно встановлювати наступне число робочих елементів: на зовнішньому диску – 2...8, на внутрішньому – 2...5. Це забезпечить якісний обробіток ґрунту без пропусків та багатократного рихлення однієї і тієї ж ділянки.

**5. Експериментальне обґрунтування оптимальних параметрів вертикально-фрезерного адаптера для смугового обробітку ґрунту**

Для оптимізації конструктивно-технологічних параметрів вертикально-фрезерного адаптера

проведені експериментальні дослідження з наступною статистичною обробкою їх результатів та аналізом отриманих залежностей.

Експериментальні дослідження проводилось згідно методик розроблених на основі нормативних документів та рекомендацій щодо випробувань ротаційних ґрунтообробних знарядь. Польові дослідження проводились на основі СОУ 74.3-37-155:2004. Випробування сільськогосподарської техніки. Машини і знаряддя для обробітку ґрунту. Перед початком досліджень

визначались умови випробувань згідно ГОСТ 20915 «Сільськогосподарська техніка. Методи визначення умов випробування».

На основі аналізу науково-технічних джерел та теоретичних досліджень були визначені впливові фактори та рівні їх варіювання. Також визначені показники якості, які мають найбільше значення при передпосівному обробітку ґрунту. Розкодовані значення впливових факторів та показників якості обробітку приведені в табл. 1, що складена згідно плану експерименту.

Таблиця 1

Розкодована матриця для проведення експерименту

№ дослід у	Поступальна швидкість, м/с (X <sub>1</sub> )	Кутова швидкість, об/хв. (X <sub>2</sub> )	Кут установки, град (X <sub>3</sub> )	Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup> (Y <sub>1</sub> )	Фракційний склад ґрунту, % (Y <sub>2</sub> )	Профіль дна борозни, мм (Y <sub>3</sub> )
1	1,67	50,00	0,00	1,6	58,7	8,0
2	1,67	50,00	30,00	1,2	59,6	4,0
3	1,67	150,00	0,00	0,8	63,7	15,0
4	1,67	150,00	30,00	0,6	64,6	7,0
5	2,78	50,00	0,00	1,8	56,7	12,0
6	2,78	50,00	30,00	1,6	57,6	5,0
7	2,78	150,00	0,00	1,3	61,7	20,0
8	2,78	150,00	30,00	1,2	62,6	10,0
9	1,67	100,00	15,00	1,1	68,7	11,0
10	2,78	100,00	15,00	1,2	69,6	14,0
11	2,22	50,00	15,00	1,4	73,7	7,0
12	2,22	150,00	15,00	0,9	74,6	14,0
13	2,22	100,00	0,00	1,1	66,7	16,0
14	2,22	100,00	30,00	0,9	67,6	9,0
15	2,22	100,00	15,00	1	71,7	13,0
16	2,22	100,00	15,00	1	72,6	14,0

На основі отриманих експериментальних даних складаємо рівняння регресії для

кожногопоказника якості:

$$Y_1 = 4,18 + 1,81 \cdot x_1 + 0,42 \cdot x_1^2 - 0,021 \cdot x_2 + 0,0001 \cdot x_2^2 - 0,0174 \cdot x_3 + 0,002 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,005 \cdot x_1 \cdot x_3; \quad (6)$$

$$Y_2 = -21,61 + 76,11 \cdot x_1 - 17,39 \cdot x_1^2 + 0,04 \cdot x_2 + 1,01 \cdot x_3 - 0,033 \cdot x_3^2;$$

$$Y_3 = -10,78 + 4 \cdot x_1 + 0,29 \cdot x_2 - 0,001 \cdot x_2^2 + 0,044 \cdot x_3 - 0,075 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,001 \cdot x_2 \cdot x_3.$$

Перевірка значимості коефіцієнтів виконувалась за критерієм Стьюдента. Адекватність рівняння перевірялась за критерієм Фішера. Для візуалізації міри значимості факторів для щільності ґрунту побудуємо діаграму Паретто (рис. 2).

З карти рис. 2 видно, що найбільший вплив на щільність ґрунту мають кутова та поступальна швидкість, найменший – кут встановлення робочих елементів.Для уточнення математичної моделі виключаємо з рівняння регресії не значимі фактори. За отриманою математичною моделлю будуємо поверхню відгуку (рис. 3).

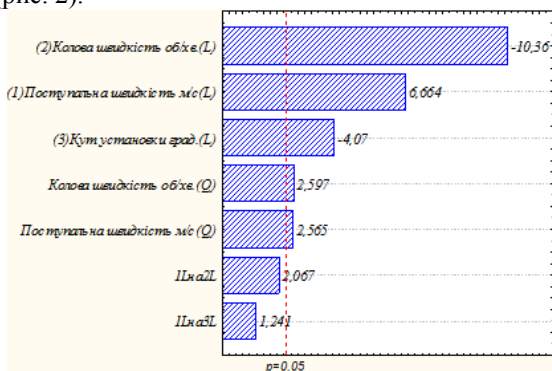


Рис. 2. Карта Паретто стандартизованих ефектів впливу факторів на щільність ґрунту: (L) – позначені лінійні ефекти, (Q) – квадратичні, L на L – поєднання відповідних факторів

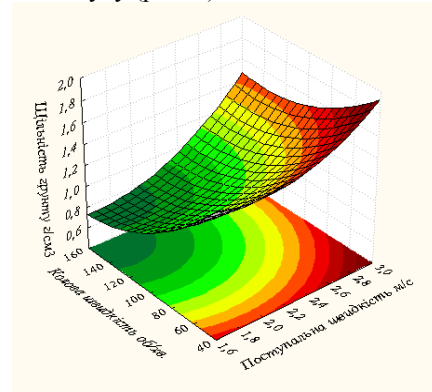


Рис. 3. Залежність щільності ґрунту від кутової та поступальної швидкостей

З рис. 3 видно, що оптимальна щільність ґрунту досягається при високих значеннях кутової швидкості та середніх значеннях поступальної швидкості.

Аналогічно визначаємо значимість коефіцієнтів рівняння для фракційного складу (У2) та будуємо карту Паретто (рис.4).

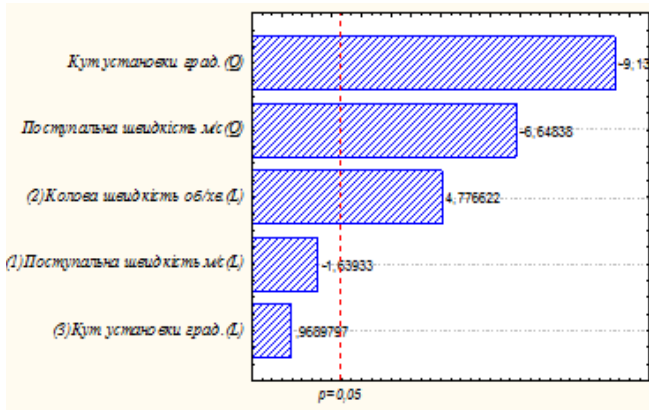


Рис.4. Карта Паретто стандартизованих ефектів впливу факторів на фракційний склад ґрунту: (L) – позначені лінійні ефекти, (Q) – квадратичні, L на L – поєднання відповідних факторів.

З рис. 4 видно, що найбільше на фракційний склад впливають кут установки робочих елементів і поступальна швидкість. Для оцінки впливу взаємодії кутової та поступальної швидкості на фракційний склад будуємо поверхню відгуку (рис.5).

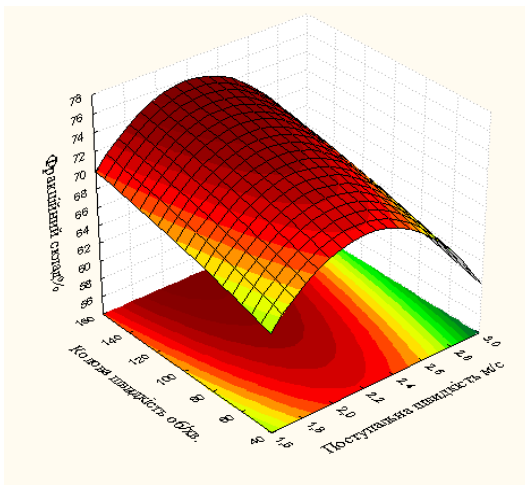


Рис.5. Залежність фракційного складу ґрунту від кутової та поступальної швидкостей

З рис. 5 видно, що найбільший вміст фракцій оптимального (1...10 мм) діаметру спостерігається при високому рівні кутової – 100...120 об/хв. та середньому значенні поступальної швидкості – 2,0...2,2 м/с.

Проводимо аналогічний аналіз для рівняння регресії по визначенню профілю dna борозни (У3). Будуємо карту Паретто рис (рис.6).

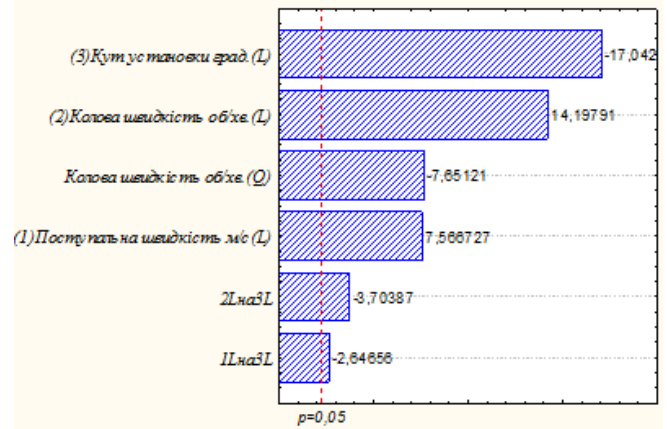


Рис.6. Карта Паретто стандартизованих ефектів впливу факторів на профіль dna борозни: (L) – позначені лінійні ефекти, (Q) – квадратичні, L на L – поєднання відповідних факторів

З рис. 6 видно, що найбільшу значимість на профіль dna борозни мають кут установки робочих елементів і кутова швидкість. Для оцінки впливу взаємодії кута установки робочих елементів та кутової швидкості на профіль dna борозни будуємо поверхню відгуку (рис. 7).

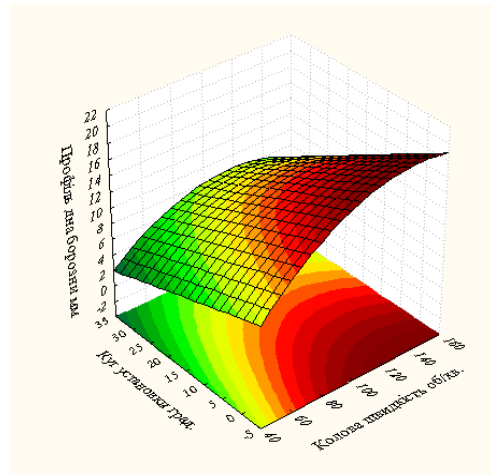


Рис.7. Залежність профілю dna борозни від кута установки робочих елементів та колової швидкості

З рис. 7. Видно, відхилення від рівного профілю dna борозни спостерігається при зростанні кутової швидкості.

За результатами аналізу значимості впливових факторів визначаємо остаточний вигляд рівнянь регресії для досліджуваних показників якості. Для оптимізації конструктивно-технологічних параметрів адаптера, задаємося умовами для знаходження оптимального режиму роботи і складаємо систему:

$$\begin{cases} 4,18+1,81 \cdot x_1+0,42 \cdot x_1^2-0,021 \cdot x_2+0,0001 \cdot x_2^2-0,0174 \cdot x_3+0,002 \cdot x_1 \cdot x_2+0,005 \cdot x_1 \cdot x_3=1,1 \dots 1,5 \\ -21,61+76,11 \cdot x_1-17,39 \cdot x_1^2+0,04 \cdot x_2+1,01 \cdot x_3-0,033 \cdot x_2^2=50 \dots 80 \\ -10,78+4 \cdot x_1+0,29 \cdot x_2-0,001 \cdot x_2^2+0,044 \cdot x_3-0,075 \cdot x_1 \cdot x_2-0,001 \cdot x_2 \cdot x_3=0 \dots 10 \end{cases} \quad (7)$$

Розв'язавши систему рівнянь (7), знаходимо оптимальні значення факторів:  $X_1=2,1\dots2,3$  м/с,  $X_2=65\dots120$  об/хв.,  $X_3=10\dots14^\circ$  при яких передпосівний обробіток ґрунту вертикально-фрезерним адаптером буде виконаний відповідно до агротехнічних вимог.

## 6. Висновки

Згідно поставленої мети досліджень було виконано наступне:

1. Проаналізовано відомі технології передпосівного обробітку ґрунту щодо їх ефективності за визначених ґрунтово-кліматичних умов, а також конструкції машин та робочих органів для виконання передпосівного обробітку за ресурсозберігаючою технологією.

2. Встановлено, що перспективним є вдосконалення конструкції та обґрунтування параметрів вертикально-фрезерних робочих органів для смугового обробітку ґрунту.

3. Аналітично визначено кінематичний показник роботи вертикально-фрезерного адаптера за розробленим технічним рішенням, що забезпечує рівномірний обробіток ґрунту. Встановлено, що при регулюванні кінематичного показника роботи в межах  $\lambda=2\dots5$ , раціональна кількість робочих елементів становить: на зовнішньому диску –  $2\dots8$  шт., а на внутрішньому –  $2\dots5$  шт.

4. Визначено впливові фактори: поступальна та кутова швидкість вертикально-фрезерного адаптера і кут встановлення робочих елементів, а також показники якості технологічного процесу: щільність ґрунту в оброблюваному шарі, фракційний склад ґрунту (вміст фракцій оптимального діаметру –  $1\dots10$ мм) та профіль отриманої поверхні.

5. Приведено результати експериментальних досліджень, виконаних згідно методики розробленої на основі нормативних документів та плану багатофакторного експерименту.

6. Виконано статистичну обробку дослідних даних та складено відповідні рівняння регресії, визначено рівень значимості впливових факторів на контрольовані показники якості та уточнено отримано математичні моделі.

7. Згідно отриманих математичних моделей виконано оптимізацію конструктивно технологічних параметрів вертикально-фрезерного адаптера, які становлять: поступальна швидкість  $2,1\dots2,3$  м/с, кутова швидкість –  $65\dots120$  об/хв., кут встановлення робочих елементів –  $10\dots14^\circ$ .

## Література

1. Пастухов, В.І. Якість механізованих технологічних операцій і біопотенціал польових культур: Наукові рекомендації для працівників механізованого рослинництва [Текст] / В.І. Пастухов. – Харків: Ранок, 2002, 124 с.

2. Антоненко, С. С. Органічне землеробство: з досвіду П «Агроєкологія» Шишацького району Полтавської області. Практичні рекомендації [Текст] / С. С. Антоненко, А. С. Антоненко, В. М. Писаренко та ін. – Полтава: РВВ ПДАА, 2010. – 200 с.

3. Кушнарьов, А.С. Новый взгляд на обработку почвы [Текст]: зб. наук. пр. / А.С. Кушнарьов / УкрНДПВТ

ім. Л. Погорілого. – 2009. – Вип. 13 (27), Кн. 2. – С. 15–28.

4. Тарасенко, Б.И. Плотность сложения пахотного слоя и урожайность с.-х. культур на черноземе Кубани [Текст] / Б.И. Тарасенко // Почвоведение. – 1979. – № 8. – С. 54–60.

5. Кушнарьов, А.С. Механико-технологические основы обработки почвы [Текст] / А. С. Кушнарьов, В.И. Кочев. – К.: Урожай, 1989. – 138 с.

6. Спирин, А.П. Энергосберегающие приемы безотвальной обработки почвы [Текст] / А.П. Спирин // Техника в сельском хозяйстве, – 1998. – № 4. – С. 20–23.

7. Буга, В.Г. Lentочно-бороздковый посев сои [Текст] / В. Г. Буга // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1990. – № 4. – С. 19–20.

8. Горячкин, В.П. Собрание сочинений. Том первый [Текст] / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1965. – 714 с.

9. Панов, И.М. Перспективы развития конструкцией почвообрабатывающих машин и орудий [Текст] / И. М. Панов. – Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987. – № 3. – С. 13–16.

10. Канарёв, Ф. М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия [Текст] / Ф. М. Канарёв. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с.

11. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин [Текст] / Г. Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 312 с.

12. Матяшин, Ю.И. Силивой анализ работы ротационных почвообрабатывающих машин [Текст] / И.Ю. Матяшин, Н.Ю. Матяшин, А.Н. Матяшина // Вестник МГАУ. – 2008. – № 3. – С. 46–51.

13. Киселёв, С.Н. Ротационные машины в экологическом земледелии [Текст] / С. Н. Киселёв, Н.В. Перевозчикова // Вестник МГАУ. Серия: Техника и технологии агропромышленного комплекса. – 2008. – № 2. – С. 67–69.

14. Кравчук, В. І. Науково-технічна експертиза техніко-технологічних рішень систем обробітку ґрунту [Текст] / В.І. Кравчук, В.В. Погорілий, Л.П. Шустік та ін. – К.: Фенікс, 2008. – 50 с.

15. Бурченко, П. Н. Принципы создания комбинированных агрегатов для возделывания с.-х. культур на базе пассивных рабочих органов [Текст] / П. Н. Бурченко // Труды ВИМ. – 1973. – Т. 63. – 151 с.

16. Вилде, А. А. Комбинированные почвообрабатывающие машины [Текст] / А. А. Вилде, Ф. Х. Цесникс, Ю.П. Моритис и др. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. Отд-ние, 1986. – 128 с.

17. Прасолов, С. Я. Анализ зраряд для виконання передпосівної обробки [Текст] / С.Я. Прасолов, Ю.Ю. Беловол // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вінниця. – 2012. – Вип. 11, Т. 2 (33). – С. 245–250.

## References

1. Pastukhov, V. I. (2002). Quality of mechanized manufacturing operations and biopotential field. Kharkiv: Morning, 124.

2. Antonets, S. S., Antonets, A. S., Pisarenko, V. M. et al (2010). Organic farming: Experiences with "Agroecology" Shishatsky Poltava region. Poltava: RIOPDAA, 200.

3. Kushnarev, A. A. (2009). New look at tillage. Doslidnitske, 13(27), book 2, 15–28.

4. Tarasenko, B. I. (1979). Density addition layer and productivity of agricultural crops in the Kuban Chernozem. Pochvovedenie, 8, 54–60.

5. Kushnarev, A. S. (1989). Mechanics and

technological bases of tillage. Kyiv: Vintage, 138.

6. Spirin, A. P. (1998). Energy saving techniques of subsurface tillage. Technology in agriculture, 4, 20–23.

7. Buga, V. G. (1990). Band furrowsowing soybean. Mechanization and electrification of socialist agriculture, 4, 19–20.

8. Goryachkin, V. P. (1965). Collected Works. Volume One. Moscow, USSR: Kolos, 714.

9. Panov, I. M. (1987). Prospects for the development of structures tillage machines and implements. Mechanization and electrification of agriculture, 3, 13–16.

10. Kanarev, F. M. (1983). Rotary tillage machines and implements. Moscow, USSR: Mechanical Engineering, 142.

11. Sinieokov, G. N. (1977). Theory and calculation of tillers. Moscow, USSR: Mechanical Engineering, 312.

12. Matyashin, Y. I., Matyashin, N. Y., Matyashin, A. N. (2008). Herald MSAU, 3, 46–51.

13. Kiselev, S. N., Perevozchikova, N. V. (2008). Rotary machines in organic farming. Herald MSAU. Series: Technology agribusiness, 2, 67–69.

14. Kravchuk, V. I., Pogorilyy, V. V., Shustik, L. P. (2008). Scientific and technical engineering expertise and technological solutions for cultivation. Kyiv: Phoenix, 50.

15. Burchenko, P. N. (1973). Principles for creating combined units for the cultivation of agricultural cultures on the basis of passive working bodies. Works VIM, T. 63-M.: VIM-151, 151.

16. Wilde, A. A. (1986). Combined tillage machines. Leningrad, USSR: Agropromizdat, 128.

17. Prasolov, E. Y., Bielovol, Yu. Yu. (2012). Analysis of tools to perform pre-processing. Collected Works of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Engineering. Vinnitsa, 11, 2 (33), 245–250.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук, чл. кор. В. І. Кравчука  
Дата надходження рукопису 29.08.2014.*

**Беловол Юрий Юрійович**, аспірант, Державна установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого», вул. Інженерна, 5, смт Дослідницьке, Васильківський район, Київська область, 08654

E-mail: belovol\_sa@mail.ru