

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗОНИ ПОШИРЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ҐРУНТУ ВІД ДІЇ ГНУТОШТАБОВИХ РОБОЧИХ ОРґАНІВ

Бурдега В.Ю., к.т.н.

Подольський Державний Агротехнологічний Університет

Тел. 03849/-68-3-97

Анотація - в статті розглянуто теоретичні передумови та дослідження зони поширення деформації ґрунту від дії гнutoштабових робочих органів ґрунтообробних машин та знарядь. Гнutoштабові робочі органи працюють за принципом пошарового розпушування ґрунту, за рахунок конструктивних особливостей гнutoштабових робочих органів. Теоретичними дослідженнями встановлено залежність зони поширення деформації від конструктивних параметрів гнutoштабових робочих органів. Експериментальні дослідження підтвердили достовірність теоретичних положень.

Ключові слова – деформація, зона, ґрунт, робочі органи, гнutoштабові робочі органи, конструктивні параметри.

Постановка проблеми. Зона поширення деформації в ґрунті під час взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтовим середовищем, внаслідок пластичності не обмежується зоною контакту з нею робочого органу, а розповсюджується в напрямку руху робочого органу і вбік на значні відстані. Межі ґрунту, який руйнується, визначаються перш за все механічними його властивостями, розташуванням робочої поверхні робочого органу. Кожен із уступів гнutoштабового робочого органу можна представити у вигляді косо поставленого двогранного клина. На ґрунтову скибу, яка насувається на клин при його русі діють нормальні сили N і дотичні сили тертя F , які в сумі складають рівнодіючу силу R , що відхилена від нормалі на кут тертя φ в бік дії сили тертя (рис. 1.).

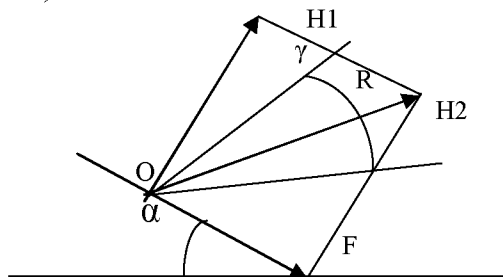


Рисунок 1 – Схема поширення деформацій від дії двогранного клина.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведенні дослідження А.К. Кострициним [1] свідчать про те що при певних відношеннях ширини робочого органа для розпушування ґрунту до глибини обробітку ґрунту тяговий опір робочих органів безполицевого знаряддя при розпушуванні ґрунту у два яруси може не тільки не перевищувати опір робочих органів, що здійснюють розпушування ґрунту в один ярус, але й може бути значно меншим. Дослідження член-кор. УААН Я.С. Гукова показників пошарового обробітку ґрунту плоско-різами на підвищених швидкостях руху показали, що при пошаровому обробітку у два яруси підвищується якість обробітку і зменшуються енергетичні затрати на процес обробітку ґрунту.

Дослідження і обґрунтування параметрів ступінчатих робочих органів глибокорозпушувачів І.А. Шевченком [2] та зубчатих А.Ф. Бабіцьким [3] і З.М. Шаніною [4] довели що при цьому покращується якість обробітку ґрунту та знижуються енерговитрати на процес обробітку.

Проведений аналіз теоретичних передумов до обґрунтування форми робочого органу для покращання якості обробітку ґрунту та зменшення енергозатрат при цьому, показав доцільність пошуку і розробки робочих органів об'ємної пошарової дії на ґрунт. Розробка таких робочих органів, що уможливорює створення об'ємно-напруженого стану за рахунок різнонаправлених деформацій, розділення ґрунтової скиби на шари і кришіння її по шарах сприятиме покращенню якості обробітку ґрунту та зменшенню питомих енергозатрат на цей процес.

Метою статті є обґрунтування зони поширення деформації від дії гнutoштабових ґрунтообробних робочих органів.

Виклад основного матеріалу дослідження. У відповідності з теорією найбільших дотичних напружень небезпечні перерізи OH_1 , і OH_2 розташовується один від іншого під деяким кутом γ симетрично відносно результуючої сили R . На цій підставі обґрунтуємо зону поширення деформації в поперечно-вертикальній та поздовжньо-вертикальній площинах від дії гнutoштабового робочого органу. Нехай гнutoштабовий робочий орган переміщається у ґрунті, заглиблений на деяку величину a (рис. 2.). Перед робочим органом область деформації обмежена прямими, що паралельні між собою m_1n_1 , m_2n_2 , які розташовуються під кутом тертя φ і проведені через носок відповідної нормалі nN , n_1N_1 , n_2N_2 .

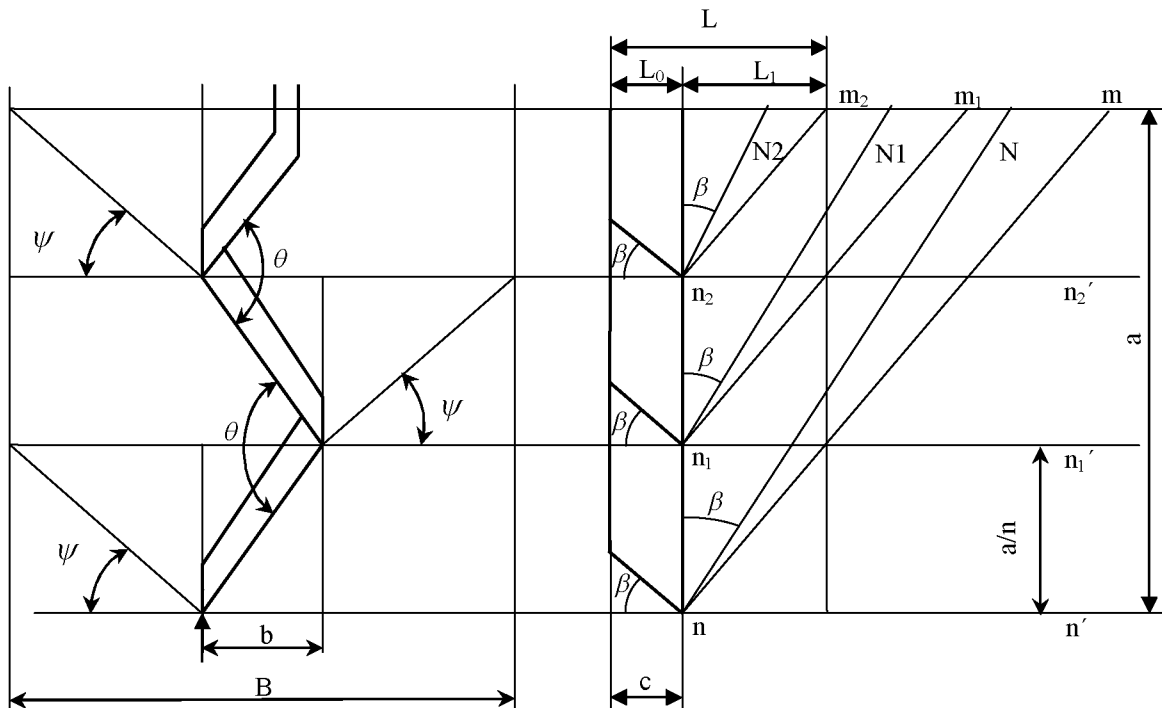


Рисунок 2 – Зона поширення деформації.

Враховуючи, що кожен із уступів діє на об'єм ґрунту обмежений шириною уступу та висотою, уступу, то по висоті область деформації обмежиться відповідними лініями для кожного із уступів nn' , n_1n_1' , n_2n_2' . Тому можливе граничне значення розповсюдження зон деформації ґрунту у поздовжньому напрямку від носка кожного з уступів і в цілому від гнutoштабового органу з врахуванням його розміру:

$$L = L_0 + L_1 \quad (1)$$

З боків область деформації від дії кожного з уступів обмежується площинами, які утворюють з напрямком mn кут ψ .

Тоді на поверхні поля ширину B в площині деформації ґрунту гнuto-штабового робочого органу можна визначити за формулою:

$$B = b + \frac{2 \cdot a}{n} \cdot \frac{\operatorname{tg} \Psi}{\cos(\varphi + \beta)}, \quad (2)$$

де β – кут нахилу робочої грані клина в поздовжньо-вертикальній площині до горизонту;

φ – кут тертя ґрунту по металу;

a – глибина обробітку;

b – конструктивна ширина робочого органу;

n - кількість уступів;

Ψ – кут нахилу площини сколу ґрунту до горизонту.

Із виразу видно, що зона поширення деформації в першу чергу залежить від глибини обробітку.

Для гнutoштабового робочого органу глибина обробітку складається із суми глибин обробітку кожним уступом. Тому глибина обробітку одного уступу складає:

$$a_{yc} = \frac{a}{n} = \epsilon \cdot tg \frac{\theta}{2}. \quad (3)$$

Із врахуванням виразу (3.) і конструктивних параметрів довжину зони поширення деформації можна для кожного із уступів записати:

$$S = \epsilon \cdot tg \frac{\theta}{2} \cdot tg(\beta + \varphi), \quad (4)$$

де θ – кут нахилу уступу до вертикальної площини;

Так як всі уступи однакові то сумарна довжина поширення деформації гнutoштабового робочого органу у поздовжньо-горизонтальній площині не перевищуватиме довжини зони поширення деформації від одного уступу що залежить від конструктивних параметрів гнutoштабового робочого органу – ширини (ϵ) та кутів нахилу (β , θ).

Ширину поширення зони деформації від уступу гнutoштабового робочого органу із врахуванням конструктивних параметрів та виразу (3.) можна записати:

$$B = \frac{2\epsilon tg \frac{\theta}{2} \cdot tg \psi}{\cos(\beta + \varphi)} + \epsilon. \quad (5)$$

Враховуючи положення обґрунтовані В. Г. Горячкіним відносно кута нахилу площини сколювання до горизонту Ψ , про те що на кут нахилу площини сколювання до горизонту впливає і кут тертя ґрунту по ґрунту φ_G . Тому кут нахилу площини сколювання ґрунту до горизонту в залежності від кута нахилу робочої грані уступу β , кута тертя ґрунту по металу φ і кута тертя ґрунту по ґрунту φ_G запишемо:

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \frac{\beta + \varphi + \varphi_G}{2}. \quad (6)$$

Із врахуванням виразу (2.9) зону поширення деформації в по-
здовжньому та поперечному напрямках гнучоштабового робочого ор-
гану можна представити у вигляді:

$$S = \epsilon \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \cdot \operatorname{ctg} \left[\frac{\pi}{2} - \frac{\beta + \varphi + \varphi_r}{2} \right]$$

$$B = \epsilon + \frac{2\epsilon \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \cdot \operatorname{ctg} \left[\frac{\pi}{2} - \frac{\beta + \varphi + \varphi_r}{2} \right]}{\cos(\beta + \varphi)}. \quad (7)$$

По величині довжини і ширини зони поширення деформації
можна визначити відстань між рядами робочих органів по ходу маши-
ни і відстані між робочими органами в ряду. Як видно із виразів (7.)
конструктивні параметри гнучоштабового робочого органу впливають
на розстановку їх на ґрунтообробних машинах і знаряддях. Кількість
зубів залежно від ширини захвату борони B_p можна визначити :

$$C = \frac{B_p}{B}, \quad (8)$$

де C - кількість зубів борони.

Під час експериментальних досліджень необхідно було вияви-
ти ті конструктивні фактори, які найбільш впливають на процес по-
шарового розпушування ґрунту. В процесі взаємодії робочих органів
із ґрунтом важливе значення має характер протікання деформації, зо-
на поширення деформації в ґрунті та розпушування його поверхні.

Як показав теоретичний аналіз і результати пошукових дослі-
джень, вплив конструктивних факторів на показники зони поширення
деформації ґрунту носить нелінійний характер. Для більш точного
опису цього впливу доцільно розробляти математичну модель процесу
у вигляді полінома другого степеня:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_{12} + b_{13}x_{13} + b_{32}x_{32} + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (9)$$

де y - параметр оптимізації;

b_0, \dots, b_{33} - постійні коефіцієнти регресії;

x_1, x_2, x_3 - досліджувальні фактори.

Для визначення залежності зони поширення деформації в ґрун-
ті під час взаємодії із гнучоштабовими робочими органами для поша-
рового обробітку ґрунту були проведені багатofакторні експерименти
по матриці ортогонального центрально-композиційного плану.

Одержання експериментальних даних полягає у вимірюванні безпосередньо ширини зони поширення деформації на поверхні та у вимірюванні необхідних параметрів, що являються вихідними даними для аналітичного визначення площі поперечного перерізу зони деформації ґрунту. Для визначення впливу конструктивних факторів гнущоштабових робочих органів для шарового обробітку ґрунту (ширина b , кут між уступами θ та кут входження уступу в ґрунт β) на зону деформації ґрунту було отримано рівняння регресії. Обробка експериментальних даних дала можливість отримати рівняння регресії в кодованій формі:

$$F = 71,9468 + 15,3394X_1 + 26,0668X_2 + 10,315X_3 + 4,47423X_3^2 + 5,6625X_1 \cdot X_2 + 3,3875X_1 \cdot X_3 + 3,70417X_2 \cdot X_3 \quad (10)$$

і натуральній формі:

$$F = 692 - 0,5061 \cdot \theta - 0,867b - 3,841 \cdot \beta + 0,0474 \cdot \beta^2 + 0,02832 \cdot \theta b + 0,0169410 \cdot \theta \beta + 0,037004 \cdot b \beta \quad (11)$$

$$\text{де } X_1 = \frac{\theta - 90}{20}; X_2 = \frac{b - 30}{10}; X_3 = \frac{\beta - 25}{10}.$$

Рівняння показує, що застосування математичної моделі другого порядку є оправданим, так як лінійна модель не може бути адекватною, якщо є значимим хоча би одним ефект взаємодії. Перевірка по критерію Фішера ($F_p=1,3568 < F_{\text{табл}}=2,53$) дозволяє сказати, що гіпотеза про адекватність моделі (10) при 5%-ному рівні значимості не заперечується.

Отримані рівняння (10,11) досліджувалися методом двомірних перетинів, для чого один із факторів фіксувався на заданому рівні. Математичним апаратом проводилась перевірка адекватності регресійних моделей за границями експериментування], комп'ютерним моделюванням визначалися оптимальні параметри і можливий їх оптимальний напрямок. Варіанти поверхонь відгуку і двомірних перетинів для критерію “зона розпушування ґрунту” $F, \text{см}^2$ при фіксованих значеннях ($\theta = 90^\circ, b = 30 \text{ мм}, \beta = 25^\circ$) наведені на рис. (3., 4., 5.).

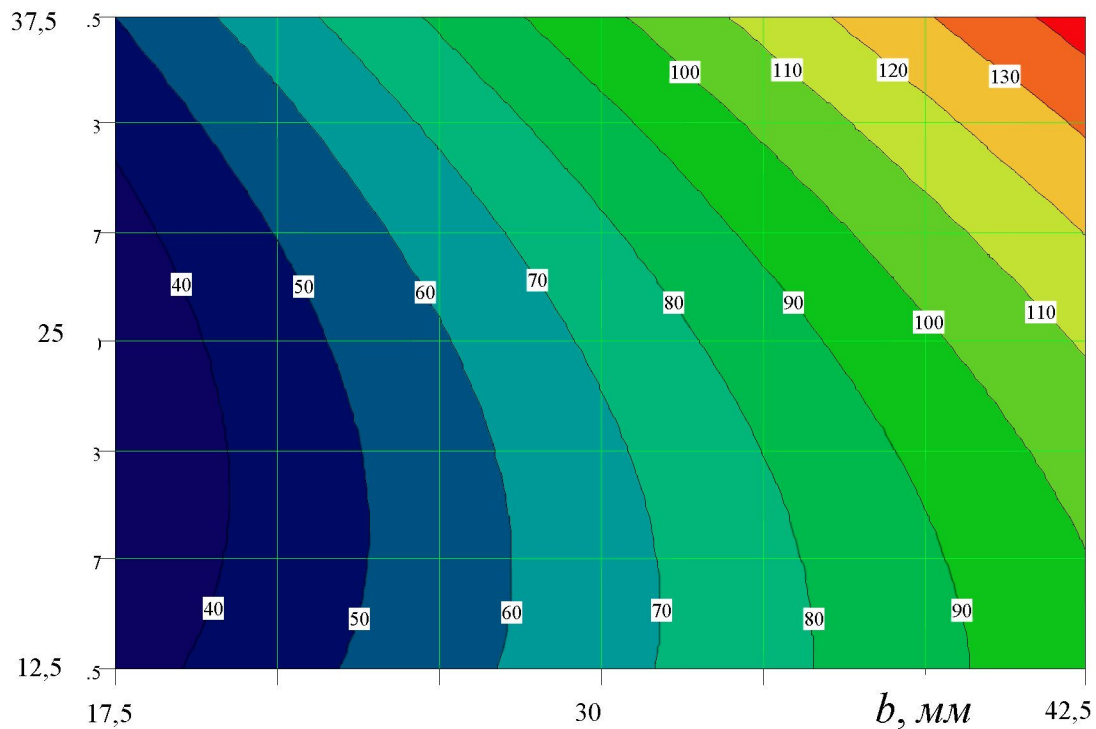
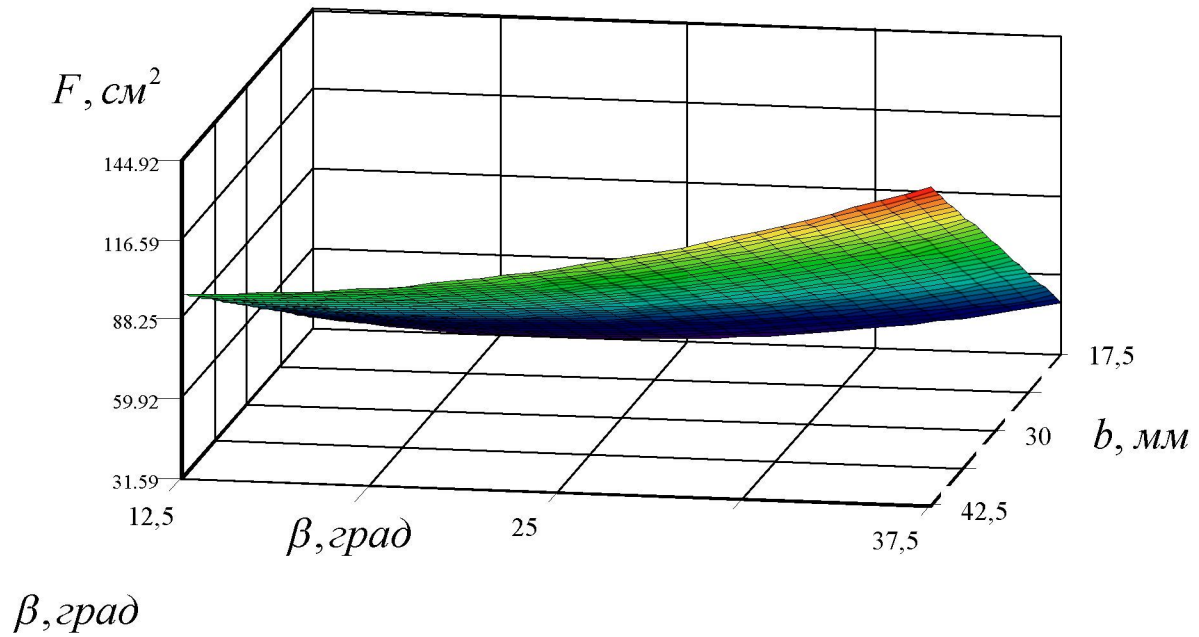
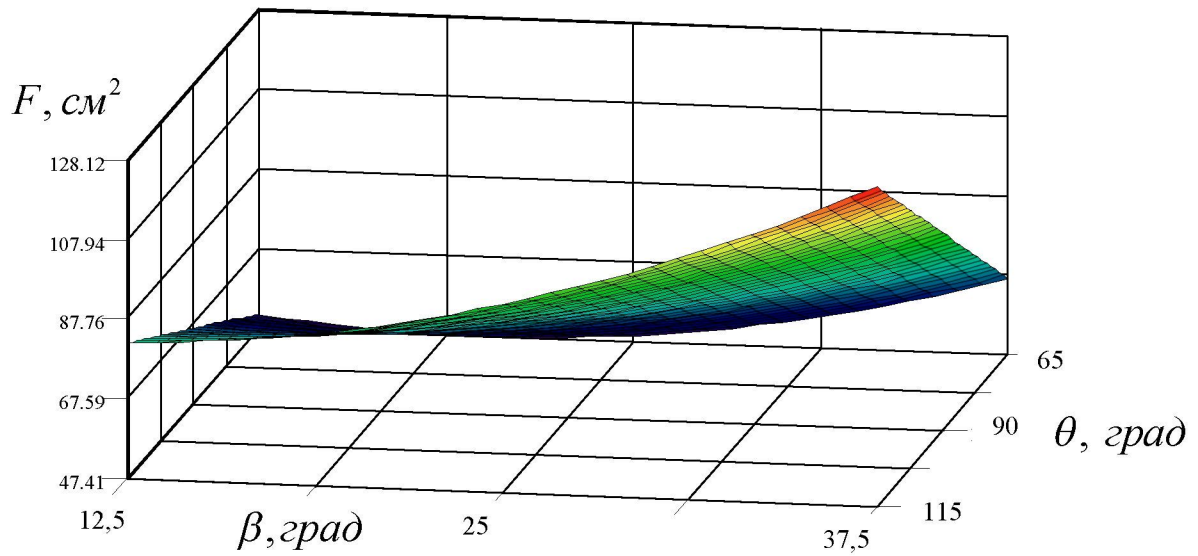


Рисунок 3 – Залежність зони розпушування ґрунту ($F, \text{см}^2$) від кута входження уступу в ґрунт ($\beta, \text{град}$) і ширини робочого органу ($b, \text{мм}$) при куті між уступами $\theta = 90^\circ$ (тип ґрунту – чорнозем $W = 17.3\%$)



$\beta, \text{град}$

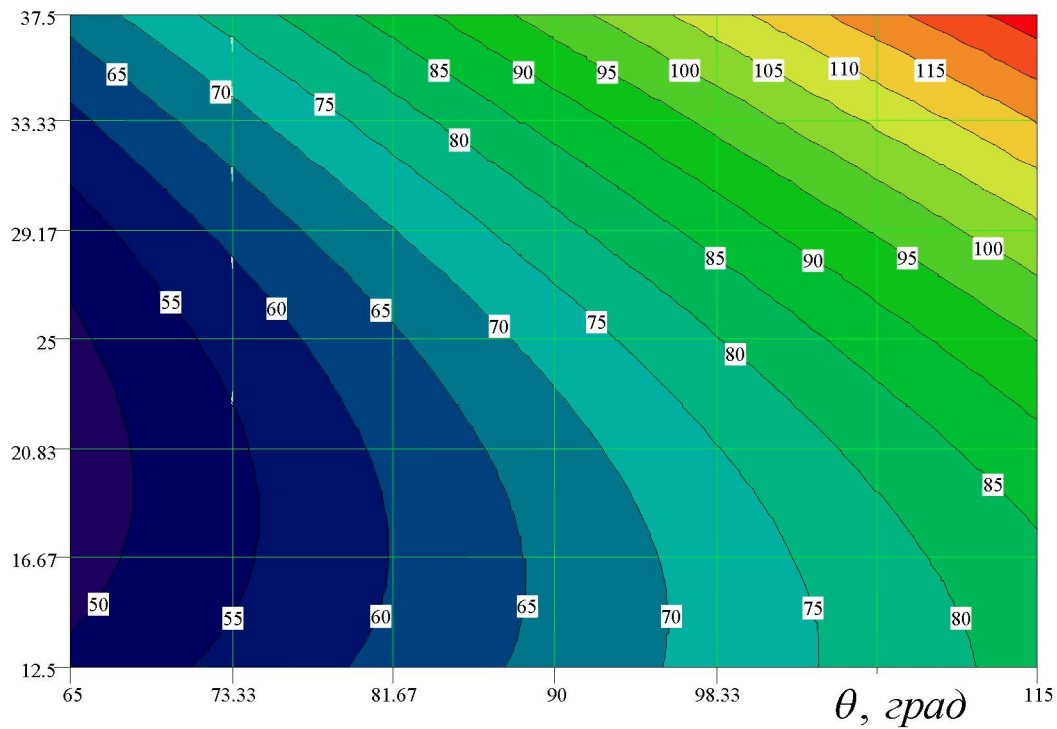
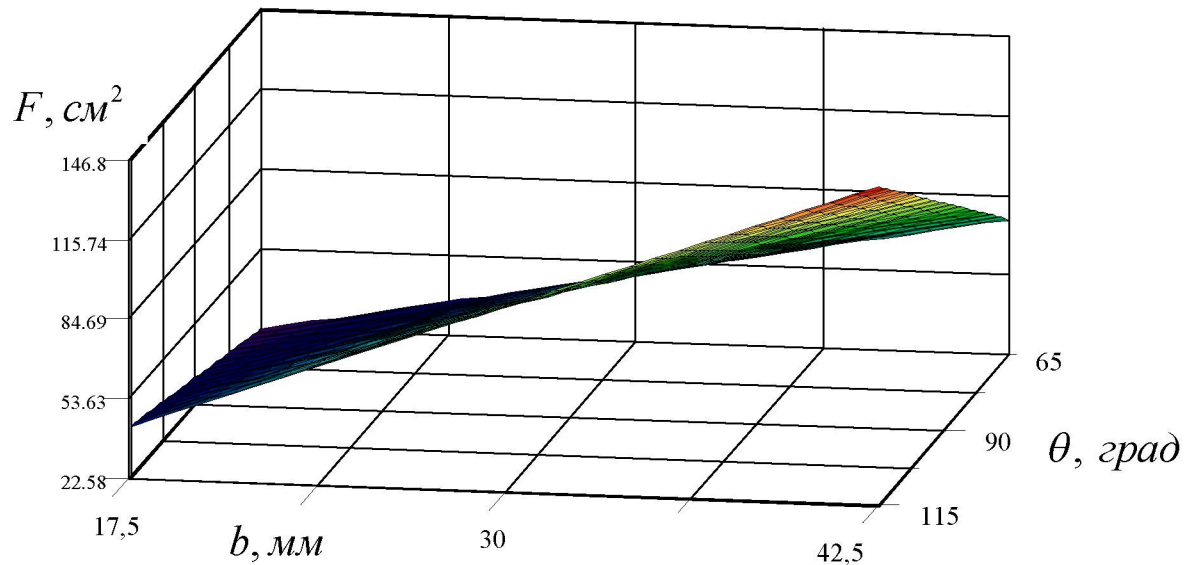


Рисунок 4 – Залежність зони розпушування ґрунту (F, cm^2) від кута входження уступу в ґрунт ($\beta, \text{град}$) і кута між уступами ($\theta, \text{град}$) (при ширині робочого органу ($b = 30 \text{ мм}$) (тип ґрунту – чорнозем, $W = 17.3\%$))



$b, мм$

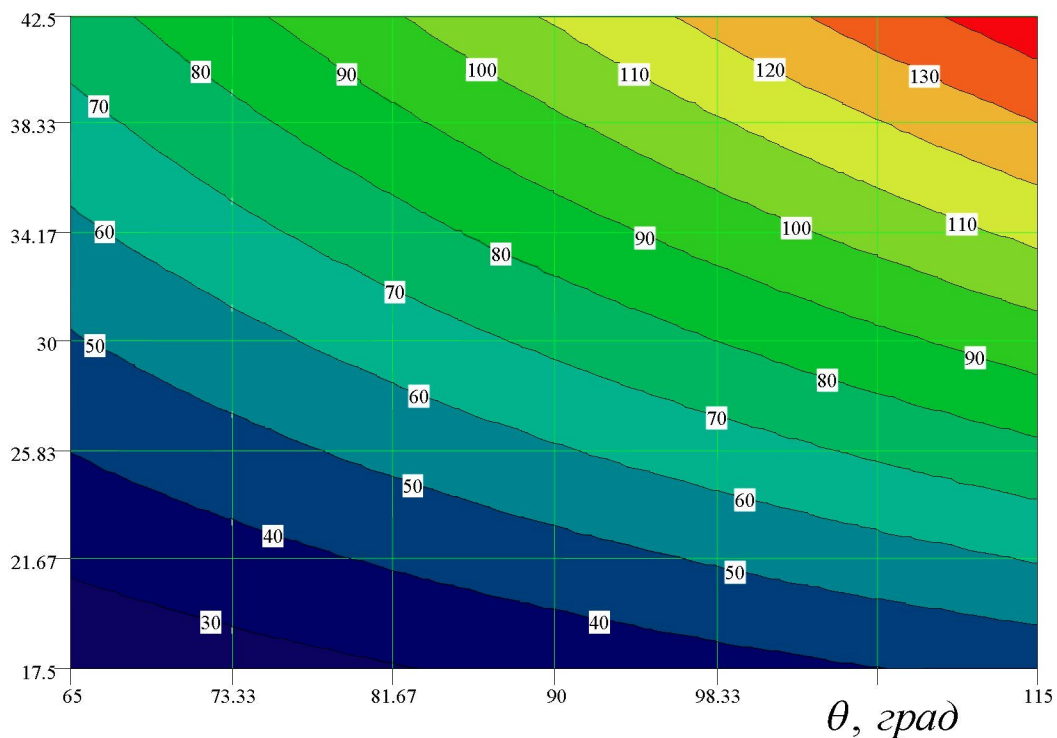


Рисунок 5 – Залежність зони розпушування ґрунту ($F, см^2$) від кута між уступами ($\theta, град$), ширини робочого органу ($b, мм$) при куті входження уступу в ґрунт ($\beta = 25^\circ$) (тип ґрунту – чорнозем, $W = 17.3\%$)

Висновки. Як показали проведені експериментальні дослідження процесу взаємодії гнutoштабових ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом зона поширення деформації та розпушування ґрунту від дії

гнутоштабових робочих органів залежить від конструктивних параметрів, зокрема кута між уступами θ , кута входження уступу в ґрунт β та ширини робочого органу b і від глибини ходу робочого органу. Експериментальні дослідження підтвердили теоретичні положення та залежності. Максимальне значення зони поширення деформації ґрунту на чорноземі досягається при збільшенні кута входження уступу в ґрунт та ширини захвату при куті між уступами, що наближається до 90° .

Література

1. *Кострицын А.К., Пец А.К.* Снижение сопротивления почвообрабатывающих орудий при безотвальной обработке почвы / *А.К. Кострицын, А.К. Пец.* // Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Труды ВИМ, 1989. – Том. 120. – с. 94 – 108.
2. *Шевченко И.А.* Обоснование геометрических параметров ступенчатых рабочих органов глубокорыхлителей для почв юга Украины: Дис. канд. техн. наук: 05.20.01. / *И.А. Шевченко.* – М., 1987. – 167 с.
3. *Бабицкий Л.Ф.* Исследование и обоснование геометрических параметров зубчатых рабочих органов культиваторов для противоэрозийной обработки почвы: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.20.01. Челябинский ин-т мех.и эл. с. х./ *Л.Ф. Бабицкий.* – Челябинск, 1979.–20 с.
4. *Шанина З.М.* Исследование параметров зубчатых рабочих органов для мелкой обработки почвы в условиях юга УССР: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. / *З.М. Шанина.* – Мелитополь, 1987. – 167 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ПОЧВЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ГНУТОШТАБОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Бурдега В.Ю.

Аннотация

В статье приведены результаты исследования зоны деформации от воздействия рабочих органов для послойной поверхностной обработки почвы.

THE INVESTIGATING OF THE SOIL DEFORMATION PROPAGATION ZONE UNDER THE ACTION OF THE OPERATING UNITS

V. Burdega.

Summary

The results of the investigating of the soil deformation propagation zone under the action of the operating units for the layered surface soil tillage are given in the article.