

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА ГРУНТУ

Волик Б.А., к.т.н., доцент

Теслюк Г.В., к.т.н., доцент

Коновий А.В., аспірант,

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
м. Дніпро, Україна*

Постановка проблеми. Незалежно від прийнятої технології вирощування сільськогосподарських культур, мінімум один раз за сівозміну (5-7 років) виконується глибокий обробіток чизелем або глибокорозпушувачем. з метою ліквідації ущільнення ґрунту [7]. Розрізняють два види ущільнення ґрунту: поверхневе — до 30 см і підорне переущільнення — на глибину понад 30 см. [6]. Як показує вивчений нами досвід господарств, найбільш раціональним є використання для боротьби з кожним з видів переущільнення окремих, спеціально адаптованих знарядь. Наприклад, раз в сівозміну проводити розпушення на глибину 30 см і раз в сівозміну на більшу глибину. Таким чином, в господарстві необхідно мати мінімально два види глибокорозпушувачів, спеціально адаптованих під процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізом відомих конструктивних рішень встановлено, що на глибину до 30 см розпушення найбільш раціонально виконувати робочими органами по типу стрільчастої лапи (рис.1,а), на більшу глибину долотоподібними (рис.1,б). Така диференціація пов'язана з особливостями розповсюдження ліній сколу на різних глибинах



a



б

Рисунок 1 – Глибокорозпушувач Гульден ТОВ «Лозовські машини» (*a*)

Глибокорозпушувач Diamant (*б*)

Аналіз аналітичних досліджень, як наприклад, [3,6] показує, що в роботах відсутній алгоритм генерації конструктивних рішень нових робочих органів,

присутній тільки аналіз відомих, або запропонованих автором технічних рішень.

До невирішених проблем слід віднести відсутність аналітики обґрунтованого профілю ріжучого периметра робочого органу і механізму його адаптації до конкретних ґрунтових умов.

Мета статті: Обґрунтування конструктивних параметрів наральника глибокорозпушувача на основі аналізу будови тіла біологічного аналогу

Основний матеріал досліджень: В попередніх дослідженнях [5,10], нами запропоновані розрахункові схеми стрільчастої лапи і глибокорозпушувача, які були отримані на основі залучень методів біоніки. Параметри стрільчастої лапи аргументовані на мілкій (до 15 см) обробіток ґрунту, глибокорозпушувач на глибини, більші за 30 см. В даній роботі нами пропонується робочий орган на неохоплений діапазон 15 – 30 см Відміна умов роботи в окресленому діапазоні від більших глибин полягає в наявності кореневої системи рослин, особливо це стосується роботи по агрофону стерні грубостеблових культур. Таким чином ріжучий периметр зняряддя повинен забезпечувати різання з ковзанням, а робоча поверхня підвищену обтічність. Обом умовам задовольняє тіло чорноморського скату-хвостокору, який нами прийнятий в якості біологічного аналогу (рис.2) Червоним виділена ділянка, яка нами прийнята як елемент ідентифікації з розпушувачем. В якості базового розміру приймаємо ширину захвату. Співвідношення ширини виділеної ділянки і ширини захвату робочого органу прийняте в якості критерія подібності [9]. На підставі виконаних замірів з урахуванням критерія подібності отримані геометрична (рис.3) і числова (табл.1) моделі ріжучого периметра.

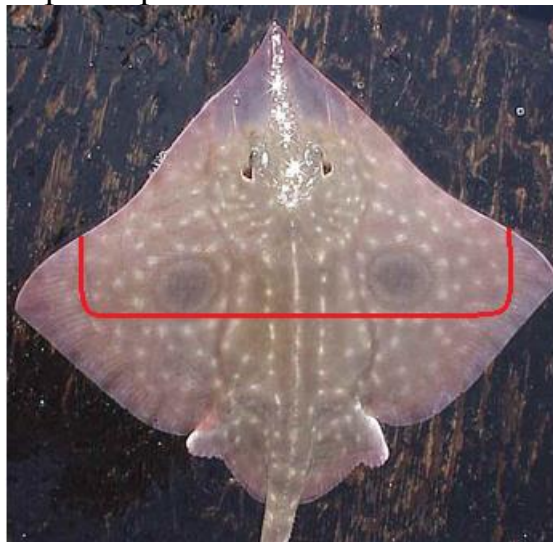


Рисунок 2– Чорноморський скат-хвостокору

А-А

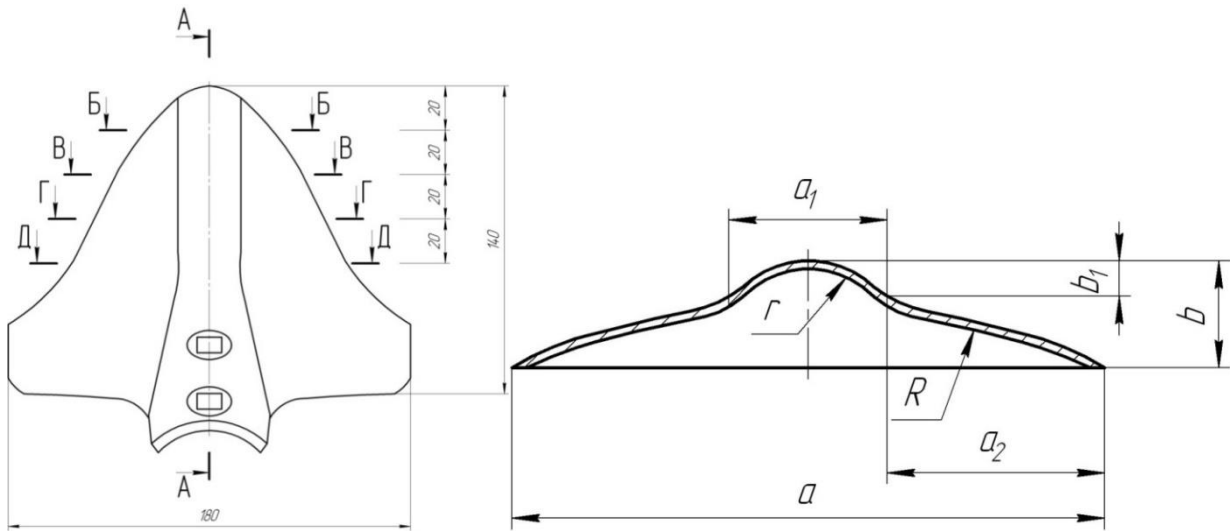


Рисунок 3 – Геометрична модель біологічного аналогу

Таблиця 1 – Розрахункові параметри перетинів, мм

Перетин	a,	a ₁ ,	a ₂	b	b ₁	R	r
Б-Б	60	32	21	11	3	55	15
В-В	86	32	31	21	4	55	15
Г-Г	104	32	37	22	5	55	15
Д-Д	124	32	43	22	6	55	15

В результаті математичної обробки [1] числової моделі отримане наступне рівняння регресії, яке описує профіль ріжучого периметра

$$Y=1,196 \cdot x^{0,928} \quad (1)$$

Рівняння носить статичний характер з коефіцієнтом кореляції $K_K = 0,9539$

Лезо повинно забезпечити різання з ковзанням. Проаналізуємо залежність коефіцієнту ковзання від положення точки на профілі леза.

Для довільно взятої точки на профілі леза режим різання визначається кутом β між напрямком руху ділянки леза і нормаллю до його профілю [2]

Варіанти режимів різання:

$\beta = 0$ – рубляче різання

$\beta \leq \varphi$ – різання з повздовжнім переміщенням

$\beta \geq \varphi$ – різання з ковзанням

Рівняння нормалі до кривої в загальному виді [2]

$$y - f(x_0) = -\frac{1}{f'(x_0)}(x - x_0)$$

Після математичних перетворень стосовно отриманого нами рівняння (1), залежність прийме вид

$$Y - Y_m = \frac{-(X - X_m)}{1,196 \cdot 0,928 \cdot X_m^{-0,02}} \quad (2)$$

де X_m ; Y_m – координати довільно взятої точки на кривій

Виконані за допомогою розрахунки показують, що кут нахилу нормалі до осі X знаходиться в діапазоні $52^{\circ} \leq \beta \leq 55^{\circ}$, що гарантовано більше кута тертя ґрунту по сталі. Таким чином, для більшості ґрунтів умова різання з ковзанням виконується.

Важливим показником, що характеризує ріжучу спроможність леза є коефіцієнт ковзання, який в нашому випадку можна одержати за залежністю [2]

$$i = \frac{\sin(\beta - \varphi)}{\cos\beta} \quad (3)$$

Максимальне значення коефіцієнта тертя ковзання ґрунту по сталі, яке отримане в умовах базового господарства $\varphi = 46-48$ градусів. Таким чином:

для носової частини стрільчастої лапи $i = 0,104 - 0,150$

для хвостової частини стрільчастої лапи $i = 0,183 - 0,224$

Таким чином, нами доведено, що лезо буде виконувати режим різання з проковзуванням, тобто режим буде раціональним. Але, основна перевага повинна бути у зниженні тягового опору. Порівняємо розрахунковий тяговий опір наральника з прямолінійним і «біонічним» профілем леза. Для отримання зпівставимих результатів, розрахунки виконуємо за єдиною методикою. При всіх рівних умовах, різниця буде полягати в силі підрізання шару ґрунту. Вважаємо, що сили тертя і тиску на робочу поверхню в обох випадках будуть однаковими.

Підрізання шару ґрунту буде відбуватись за умови що нормальний тиск леза утворює силу зминання, яка перевищує межу його міцності на зминання..

«Біонічне» лезо не є прямолінійним і до того ж має змінну кривизну. Для розв'язання цієї проблеми переходимо до нескінченно малих ділянок на ріжучому периметрі. На осі X в межах довжини лапи a обираємо довільну точку x_i і знаходимо відповідну точку на профілі леза $Y_{(x)}$. Абсцисі x_i даємо нескінченно малий приріст Δ . Відповідні значення $Y_{(x)}$ і $Y_{(x+\Delta)}$ обмежують на ріжучому периметрі нескінченно малу ділянку, довжина якої становить

$$L = \int_x^{x+\Delta} \sqrt{1 + (y')^2} \cdot dx \quad (4)$$

Нормальна складова реакції цієї ділянки

$$N = K' \cdot L \cdot \delta, \quad (5)$$

де L – довжина леза, δ – товщина ріжучої кромки, K' - межа несучої спроможності ґрунту.

$$N_{\Sigma} = \sum_{x=0}^{x=a} \int_x^{x+\Delta} \sqrt{1 + (y')^2} \cdot dx \quad (6)$$

Проекція нормальної реакції на напрямок руху

$$W_{\text{л}} = N_{\Sigma} \cdot \cos\beta \quad (7)$$

Рівняння прямолінійного леза отримуємо шляхом лінійної інтерполяції даних табл.1

$$Y = 0,674 \cdot x + 9,594 \quad (8)$$

Методика розрахунку реакції різання аналогічна викладеній вище.

За результатами аналітичних досліджень був виготовлений дослідний зразок культиватора (рис.5) і проведені виробничі випробування.



Рисунок 5 – дослідний зразок культиватора, оснащеного експериментальними стрільчастими лапами

За результатами випробувань отримано значення тягового опору $P_T = 0,374 - 378$ кН, у робочого органа стандартної конструкції відповідно $0,41 - 0,43$ кН

Висновки та пропозиції

Аналітичними дослідженнями підтверджені основні прогнозовані позитивні якості робочого органу, побудованого на основі аналізу будови тіла біологічного аналогу. Розрахункові значення тягового опору в середньому на 10 – 12 % менші за робочий орган стандартної конструкції. Запропонована методика може бути поширена на ґрунтообробні робочі органи іншого призначення і конструктивного виконання.

Раціональні параметри конструкції: ширина захвату 180 мм при конструктивній довжині 140 мм. При цьому профіль леза повинен підпорядковуватись залежності $y = 1,196 \cdot X^{0,928}$ де вісь X співпадає з віссю симетрії знаряддя.

Наступним етапом досліджень має бути розробка математичної моделі взаємодії з ґрунтовим середовищем, що дозволить виконати більш детальну адаптацію профілю леза до роботи в конкретних ґрунтових умовах.

Список літератури

1. Гаврильченко О.С. Обґрунтування параметрів та розробка конструкції культиваторних лап з криволінійним лезом: дис., канд. техн. наук : спец.05.05.11. Глеваха, 2005. 160 с.
2. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В. А. Сакун. – М.: Колос, 1980.- 671 с.

3. Корниенко С.И. Обоснование параметров чизельных рабочих органов / [С.И.Корниенко , В.Ф.Пашенко , В.И.Мельник , Е.Н.Огурцов] URL: код доступа:http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/340/1/2_2014-75-80.pdf
4. Панченко А. Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А. Н. Панченко.- Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.
5. Михайлов Є.В. Обґрунтування конструктивної схеми стрільчастої лапи на основі біологічного прототипу/ Є.В.Михайлов , Б.А.Волик, Г.В.Теслюк, А.В.Коновий// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Мелітополь – 2019. – Вип. 19, т.3. – С.37-46 (DOI :10.31388/2078-0877-19-3-37-45)
6. Сало В. Чизельний плуг – технічне забезпечення процесів глибокого розпушення ґрунту/ В.Сало - Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу: Код доступу <http://propozitsiya.com/ua/chyzelnyy-plug-tehniche-zabezpechennya-procesiv-glybokogo-rozpushuvannya-gruntu>
7. 10 Н.В. Tesliuk В.А. Volik, S.P. Sokol, N.A. Ponomarenko Design of working Циліорик О. Глибокий обробіток ґрунту / електронний ресурс : код доступу <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10599-hlyboky-obrobitok-gruntu-pliusy-ta-minusy.html>
8. Цытович Н.А. Механика ґрунтів (краткий курс): учебник для строит. вузов / Н. А. Цытович. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 288 с.
9. Штерензон В. А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций / В. А. Штерензон. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, URL: <http://www.rsvpu.ru/filedirectory/3468/shterenzon.pdf>
bodies for tillage tools using the methods of bionics.: Journal of Enterprise Technologies 2019 3/1 (99) p. 49-54/ DOI: 10.15587/1729-4061.2019.169156