

An equation for generating the critical amplitudes of weakly nonlinear boundary value problems with impulse action that defines necessary condition for the existence of solutions of such problems.

Slaboneliniyna critical boundary value problem of impulsive, generalized operator Green's equation for generating amplitudes.

УДК 517.972/631.312.021/631.312.2

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИЦІ КОРПУСА ПЛУГА З РАЦІОНАЛЬНОЮ КРИВИЗНОЮ ПОВЕРХНІ

В.П. Курка, інженер

Наведено опис методики проведення польових досліджень та виконаний аналіз отриманих даних, для порівняння силових характеристик полиці корпуса плуга раціональної кривизни з існуючими.

Полиця корпуса плуга, силові характеристики, тяговий опір, обробіток ґрунту, тензометрування

Постановка проблеми. Для створення нових конструкцій ґрунтообробних робочих органів, які зменшать енергомісткість процесу обробітку ґрунту та покращать якісні показники роботи, є необхідність в розробленні нової методики побудови поверхні ґрунтообробного робочого органу та конструкції пристрою, що дасть змогу детальніше описати процес взаємодії ґрунтообробних робочих органів з ґрунтом, та встановити залежність між фізико-механічними властивостями ґрунту та кривизною поверхонь ґрунтообробних робочих органів.

Аналіз останніх досліджень показав, що на сучасному етапі розвитку ґрунтообробної сільськогосподарської техніки основна увага надається зменшенню енергоємності процесу обробітку ґрунту. Одним з основних резервів зниження затрат енергії являється оптимізація кривизни поверхні ґрунтообробного робочого органу з врахуванням властивостей ґрунту.

Мета досліджень. Порівняння силових характеристик полиці корпуса плуга ПЛН 3-35 з полицею раціональної кривизни, яка була побудована на основі отриманих теоретичних даних, шляхом проведення польових досліджень.

Результати досліджень. Після проведення теоретичних досліджень по знаходженню раціональної кривизни полиці корпусу плуга, шляхом розв'язання варіаційної задачі знаходження мінімуму роботи переміщення ґрунту по полиці, були отримані рівняння кривизни поверхні:

$$S_{xy} = x_{yk} \frac{y}{y_k} + t \left(V_{xy0} - \frac{y}{y_k} V_{x_{y0}} \right) + t(b_1(y - y_k)^2 t + b_2(y - y_k)^3 t^2 + b_3(y - y_k)^4 t^3 + b_4(y - y_k)^5 t^4) + x_{y0} \quad (1)$$

$$S_{xz} = x_{zk} \frac{z}{z_k} + t \left(V_{xz0} - \frac{z}{z_k} V_{x_{z0}} \right) + t(b_1(z - z_k)^2 t + b_2(z - z_k)^3 t^2 + b_3(z - z_k)^4 t^3 + b_4(z - z_k)^5 t^4) + x_{z0}$$

Для пошуку екстремума (значення функцій S_{xz} і S_{xy}), які дають мінімум роботи функціоналу були отримані числові значення коефіцієнтів рівнянь.

Для підстановки коефіцієнтів в рівняння при побудові поверхні полиці корпусу плуга, зміни їх числових значення були записані наступними залежностями:

$$\begin{aligned} a_1 &= 0.01\sqrt{z} - 0.005, \quad a_2 = 0.00054z^2 - 0.0003z + 0.00004, \\ a_3 &= -0.000101z^2 + 0.0000404x - 0.0000375, \\ a_4 &= 4.9 \times 10^{-6} z^2 + 2 \times 10^{-6} x - 0.19 \times 10^{-6}, \quad b_1 = 4.9y^2 - 2.7y + 0.4, \\ b_2 &= -0.9y + 1.16, \quad b_3 = \sqrt{0.45y + 0.000042} + 0.97, \\ b_4 &= 0.1195y^2 - 0.005y + 1.0011 \end{aligned} \quad (2)$$

Після підстановки базисних функцій (2) в залежності (1) отримуємо кінцеві рівняння кривизни поверхні корпусу плуга.

Задавши крок між площинами, які ділять поверхню полиці на певну кількість відрізків, в кожній площині шляхом підстановки числових значень ми отримуємо масив точок, які описують кривизну в даному діапазоні. Після отримання масиву даних точок в кожній площині, використовуючи програмне забезпечення «КОМПАС 3D» по них була побудована поверхня корпусу плуга з раціональною кривизною.

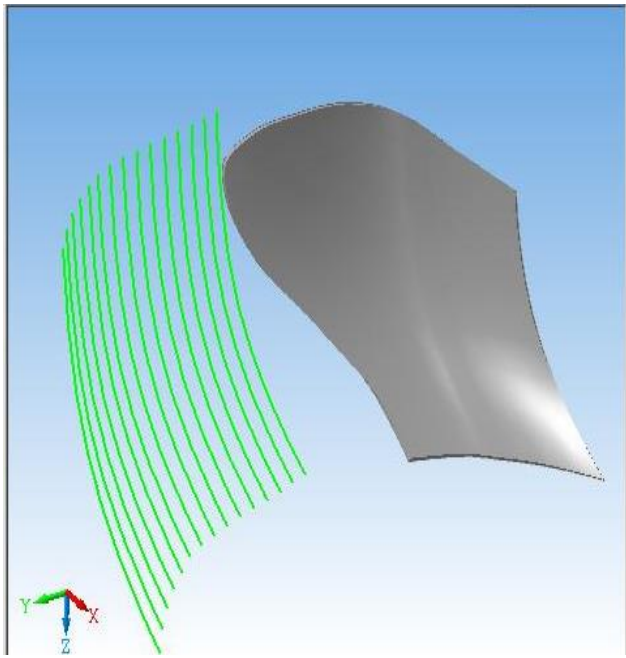


Рис. 1. Побудова поверхні полиці по отриманих координатах.

При проведенні експериментальних досліджень полиця раціональної кривизни кріпилася на базі корпусу плуга ПЛН 3-35. Полиця має знакозмінний характер, оскільки радіус кривизни у вертикальній площині від лобового контуру до кінця полиці і у горизонтальній площині знизу вверху по поверхні полиці змінюється. Нами була розроблена конструкція пристрою для динамометрування сільськогосподарських знарядь при обробі ґрунту [1], до якого кріпився корпус плуга з експериментальною полицею.

Пристрій складається з трьох тензорезисторних датчиків, які працюють на розтяг-стиск, рам для вимірювання складових сили опору, які переміщуються паралельно напрямкам дії відповідних складових результуючої сили опору ґрунту, що досліджуються.

$$F_{\text{верт}} = F_{p1} - F_{x1}, F_{\text{попер}} = F_{p2} - F_{x2}, F_{\text{позд}} = F_{p3} - F_{x3} \quad (3)$$

де F_{p1}, F_{p2}, F_{p3} – сила опору вертикальної, поперечної і поздовжньої складової при робочому ході.

F_{x1} – сила з якою вертикальна рама з корпусом плуга діє на датчик при холостому ході.

F_{x2} – сила для переміщення поперечної рами (включаючи вертикальну раму і корпус плуга)

F_{x3} – сила для переміщення поздовжньої рами (разом з вертикальною і поперечною рамами та корпусом плуга).

F_{x1} – сила з якою вертикальна рама з корпусом плуга діє на датчик при холостому ході.

F_{x2} – сила для переміщення поперечної рами (включаючи вертикальну раму і корпус плуга)

F_{x3} – сила для переміщення поздовжньої рами (разом з вертикальною і поперечною рамами та корпусом плуга).



Рис. 2. Експериментальна установка: 1, 2, 3 – датчики для вимірювання відповідно поздовжньої, бокової та вертикальної складової результуючої сили опору; 4, 5, 6, 7 – рами, які сприймають відповідно поздовжню, бокову, вертикальну складові результуючої сили опору та рама для кріплення всієї конструкції до трактора.

Для отримання числових значень складових (поздовжньої, бокової і вертикальної) результуючої сили опору ґрунту при оранці проводилося тарування датчиків для визначення зміни напруги, від сили прикладеної до датчика, яка згідно отриманих даних (табл. 1) характеризується наступною залежністю:

1. Тарування датчиків.

Навантаження, Н	Значення датчика, В	Навантаження, Н	Значення датчика, В
1	2	3	4
1000	0,003277	11000	0,0036065
2000	0,006557264	12000	0,039344257
3000	0,009835963	13000	0,042622956
4000	0,013114663	14000	0,045901655
5000	0,016393362	15000	0,049180355
6000	0,019672061	16000	0,052459054

Закінчення табл. 1

1	2	3	4
7000	0,02295076	17000	0,055737753
8000	0,02622946	18000	0,059016452
9000	0,029508159	19000	0,062295152
10000	0,032786858	20000	0,065573851

$$F = 0.041011 + 304999U$$

де U – напруга, В;

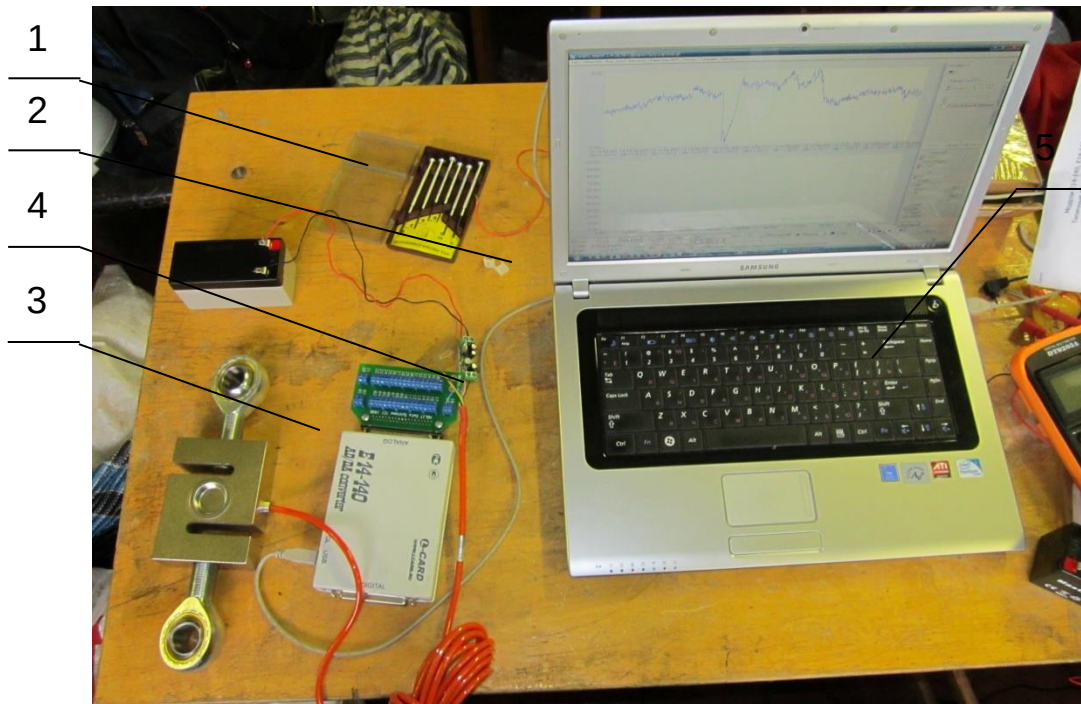


Рис. 3. Схема підключення датчика: 1 – джерело живлення (АКБ); 2 – регулятор напруги; 3 – тензометричний датчик; 4 – АЦП; 5 – ПК.

Для підвищення точності вимірювання і отриманні достовірних даних, перед дослідженням силових характеристик експериментальної полиці корпусу плуга, проводилася порівняльна оцінка показів датчика при дії на корпус плуга та у місці кріплення датчика при холостому ході рам.

2. Тарування рам.

Навантаження, Н	В місці кріплення датчика, В	На корпус плуга (поздовж.), В	Різниця, %	В місці кріплення датчика, В	На корпус плуга (бокове), В	Різниця, %
100	-0,002860	-0,002772	3,09	-0,003036	-0,003167	4,1
200	-0,002976	-0,002892	2,82	-0,003060	-0,003180	3,7
300	-0,003065	-0,002997	2,2	-0,003083	-0,003193	3,4
400	-0,003107	-0,003016	2,92	-0,003129	-0,003224	2,9

Закінчення табл. 2

Навантаження, Н	В місці кріплення датчика, В	На корпус плуга (поздовж.), В	Різниця, %	В місці кріплення датчика, В	На корпус плуга (бокове), В	Різниця, %
500	-0,003163	-0,003074	2,8	-0,003171	-0,003245	2,2
600	-0,003198	-0,003107	2,84	-0,003179	-0,003255	2,3
700	-0,003184	-0,003125	1,83	-0,003183	-0,003260	2,3
800	-0,003221	-0,003165	1,74	-0,003179	-0,003261	2,5
900	-0,003280	-0,003212	2,08	-0,003196	-0,003271	2,2
1000	-0,003279	-0,003207	2,2	-0,003219	-0,003277	1,7



а)



б)

Рис. 4. Тарування рам, що сприймають бокову(а) та поздовжню(б) складову результуючої сили опору.



Рис. 5. Оранка корпусом плуга з експериментальною полицею:
1 – опорні колеса

При таруванні рами, що вимірює вертикальну складову результуючої сили опору, використовувався підвісний кран. Оскільки

напрямок навантаження під час тарування рами у місці кріплення датчика і на корпусі плуга співпадають, визначалося лише зусилля для переміщення рами при холостому ході з врахування маси корпусу плуга і рами, що сприймає це зусилля. При проведенні польових досліджень тягових характеристик глибина обробітку залишалася постійною зявдяки опорним колесам, що дозволяли копіювати поверхню поля та запобігали перекосу рами, також ними регулювалася глибина обробітку. Тензорама була розміщена паралельно площині поля.

Під час проведення польових досліджень одними з важливих факторів які впливають на енергетичні показники і якість оранки є вологість і щільність. Взяття проб вологості ґрунту і щільності бралось по довжині гону в трьохкратній послідовності.

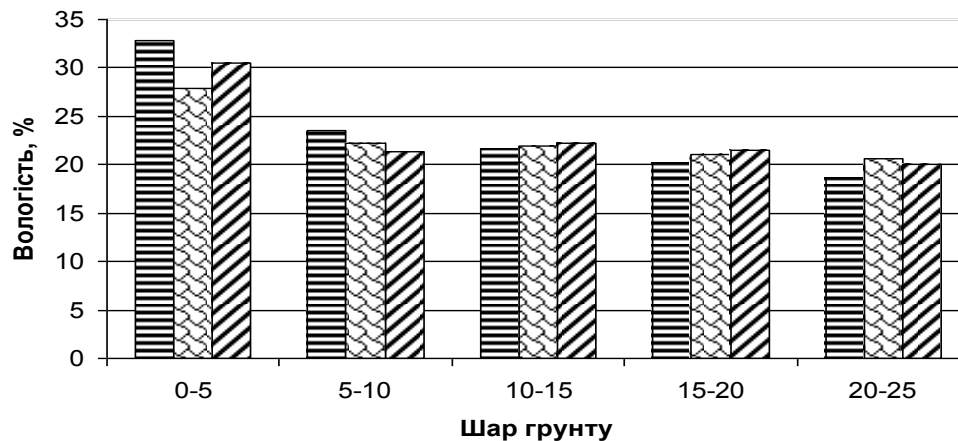


Рис. 6. Графік зміни вологості у шарах ґрунту.

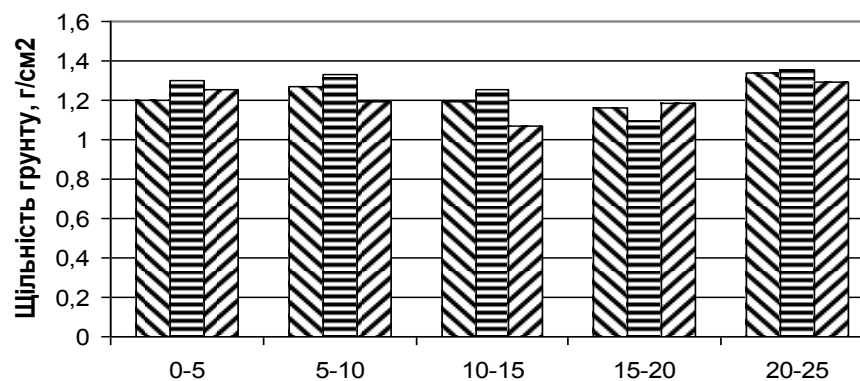


Рис. 7. Графік зміни щільності у шарах ґрунту.

Середні значення вологості під час проведення досліджень були наступні: в шарі ґрунту 5 см – 30,38 %, до 10 см – 22,43 %, на глибині 10 – 15 см становила 21,95 %, в шарі ґрунту 15 – 20 – була 20,86 % та 19,78 % відповідно для діапазону 20 – 25 см.

Щільність ґрунту змінювалася в межах: в шарі ґрунту 5 см – 1,251 г/см³, до 10 см – 1,264 г/см³, на глибині 10 – 15 см становила

1,174 г/см³, в шарі ґрунту 15 – 20 – була 1,146 г/см³ та 1,328 г/см³ відповідно для діапазону 20 – 25 см.

На рисунках 8 – 10 представлено дані отримані при проведенні польових досліджень, для порівняння силових характеристик полиці корпусу плуга ПЛН 3–35 та експериментальної полиці з поверхнею раціональної кривизни. Аналіз даних показав, що при глибині обробітку 25 см експериментальною полицею на різних швидкостях в межах 6 – 9 км/год середні значення поздовжньої складової сили опору були менші відповідно на 18,6 %, бокової – 18,4 %, вертикальної – 17,5%.

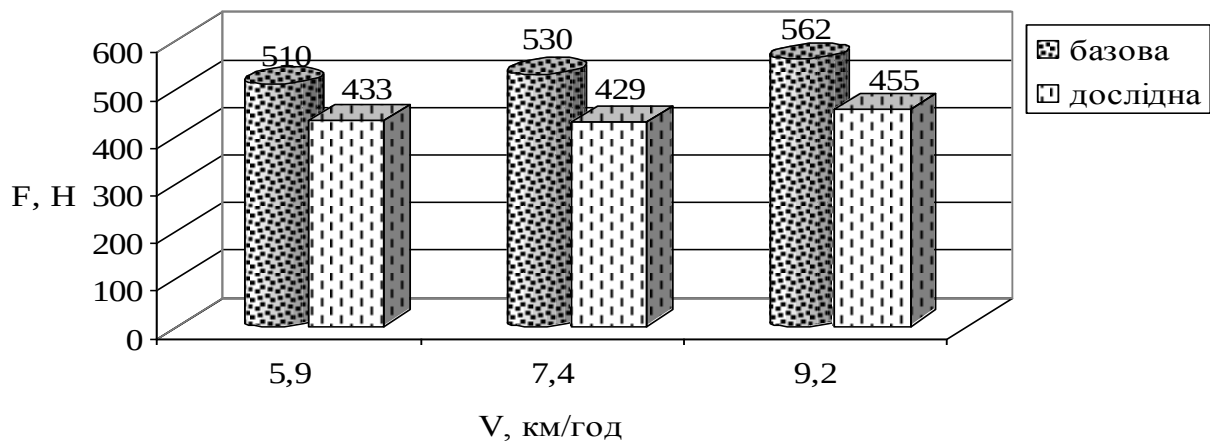


Рис. 8. Залежність вертикальної складової сили опору від швидкості при глибині оранки 25 см.

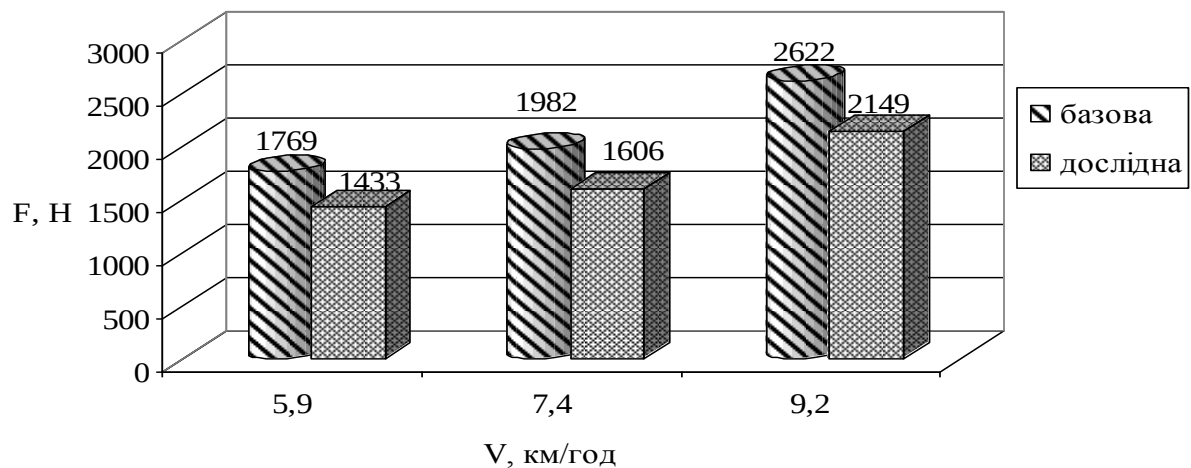


Рис. 9. Залежність поздовжньої складової сили опору від швидкості при глибині оранки 25 см.

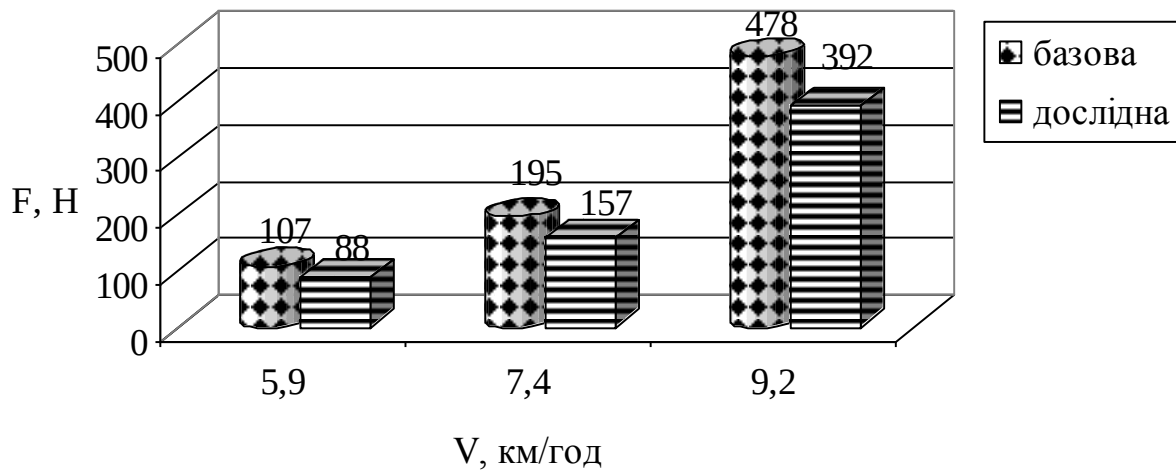


Рис. 10. Залежність бокової складової сили опору від швидкості при глибині оранки 25 см.

3. Глибина оранки

№ заміру	Оранка корпусом плуга ПЛН 3-35			Оранка корпусом плуга з експериментальною полицею		
	Глибина оранки, см	Середньо- квадратичне відхилення, см	Коефіцієнт варіації, %	Глибина оранки, см	Середньо- квадратичне відхилення, см	Коефіцієнт варіації, %
1	24,00	1,5	6,1	24,50	1,4	5,7
2	25,80	1,7	6,6	25,10	1,3	5,2
3	25,70	2,0	7,8	25,30	1,4	5,5
4	27,70	2,1	7,6	24,90	1,6	6,4
5	26,80	1,9	7,1	26,00	1,6	6,2



Рис. 11. Вимірювання глибини обробітку (а) і поверхня поля після оранки (б).

Висновок. Аналіз даних отриманих в результаті проведення польових досліджень експериментальної полиці з раціональною

кривизною поверхні показав зменшення тягового опору при оранці з дотриманням агровиимог по якості обробітку. Запропонований пристрій дав змогу отримати три складові результуючої сили опору та підвищити точність вимірювання при дослідженні силових характеристик, оскільки рами, які передавали зусилля від ґрунтообробного робочого органу до датчиків, переміщувалися паралельно дії сил, що досліджувалися.

Список літератури

1. Пат. 71322 України, МПК G01L 5/13/. Пристрій для динамометрування сільськогосподарських знарядь при обробітку ґрунту / Ковбаса В.П., Курка В.П. – u 201115421; заявл. 26.12.2011 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. №13
2. Шевченко І.А. Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.05.11 / І.А. Шевченко ; Нац. аграр. ун-т. – К., 2002. – 36 с. – укр.
3. Ковбаса В.П. Механіко-технологічне обґрунтування оптимізації взаємодії робочих органів з ґрунтом: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.05.11 / В.П. Ковбаса ; Нац. аграр. ун-т. – К., 2006. – 35 с. – укр.
4. Пащенко В.Ф. Механіко-технологічні засоби еколого-економічного удосконалення процесів обробітку ґрунту: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.05.11 / В.Ф. Пащенко ; Харк. нац. техн. ун-т сільськ. госп-ва ім. П.Василенка. – Х., 2005. – 37 с. – укр.

Приведено описание методики проведения полевых исследований и выполнен анализ полученных данных, для сравнения силовых характеристик отвала корпуса плуга рациональной кривизны с существующими.

Полка корпуса плуга, силовые характеристики, тяговое сопротивление, обработка почвы, тензометрирования

The methods of analysis of field research and data to compare characteristics of the new shelves plow with existing.

Plow, power characteristics, the resistance of the soil.

УДК 629.366

ДО ПИТАННЯ ПРО КОЕФІЦІЄНТ ОПОРУ ПОВОРОТУ ГУСЕНИЧНОЇ МАШИНИ

***І.П. Трояновська, доктор технічних наук
Південно-Уральський державний університет
С.П. Пожидаєв, кандидат технічних наук***

© І.П.Трояновська, С.П.Пожидаєв, 2013