



УДК 631.313

СТАБІЛІЗАЦІЯ ТЯГОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЧИЗЕЛЬНО-ПОЛИЦЕВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СИСТЕМІ КОЛІЙНОГО ТА МОСТОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Кувачов В.П., к.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет

Теслюк Г.В., к.т.н.,

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет

Тел./факс (0619) 42-12-65. E-mail: kuvachoff@mail.ru

Анотація – в роботі представлена методика обчислення параметрів лемеша для чизельно-полицевого робочого органу, яка дозволяє максимально стабілізувати його тягові навантаження у поздовжньо-горизонтальній площині.

Ключові слова – основний обробіток, чизельно-полицевий робочий орган, леміш, тягові навантаження, реакція опору різанню.

Постановка проблеми. З позиції розробки ресурсозберігаючих технологій перехід с.-г. виробництва на новий технологічний рівень, який ґрунтується на принципах колійного та мостового землеробства є досить актуальним питанням. Останні, у відповідності з тенденціями науково-технічного прогресу в області механізації, дозволяють підвищити рівень функціонування технічних засобів за рахунок комплексної механізації, електрифікації, автоматизації і роботизації с.-г. виробництва, з метою забезпечення оптимальних технологічних, енергетичних, екологічних, техніко-економічних та інших показників роботи [1].

Реалізувати принципи колійної та мостової системи землеробства можна на базі, так званих, «мостових тракторів» [2]. Їх відмінною особливістю від інших енергозасобів є те, що вони переміщуються по постійній колії, яка розташована на відстані, рівному їх прольоту, в зоні якого і розміщуються с.-г. знаряддя.

Питання основного обробітку ґрунту в таких системах є ще недостатньо дослідженим. Причинами цього, на нашу думку, є те, що останнім часом популярними є технології мінімального обробітку та No-till. Остання передбачає безпосередню сівбу зі значною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту [3]. Але, у випадках надмірного ущільнення ґрунтів ходовими системами та робочими органами трак-



торів і с.-г. машин, рілля потребує, все ж таки, її глибокого розпушування [4], що здійснюється при основному обробітку.

Основний обробіток ґрунту є найбільш енергоємною операцією в технологічному процесі вирощування с.-г. культур. Розвиток сучасної системи основного обробітку ґрунту направлений на зменшення енергетичних витрат при виконанні польових робіт, покращення властивостей родючого шару ґрунту тощо. Тому, дослідження, щодо оптимізації параметрів ґрунтообробних знарядь, завжди були і є актуальними.

Однією із проблем, яку потрібно вирішувати при виконанні основного обробітку ґрунту мостовими засобами механізації є те, що їх несуча ферма має доволі значну довжину і, в той же час, повинна сприймати всі реакції з боку робочих органів с.-г. знарядь. До того ж, природно зрозуміло, що ґрунтообробні знаряддя і обробіток ґрунту, навіть в межах одного регіону, потребують не тільки модернізації, але і адаптації до конкретних умов. В силу чого, першочерговою науковою задачею, на нашу думку, є створення низки знарядь максимально динамічно урівноважених і таких, що передають мінімальну реакцію опору на ферму мостової машини, як у повздовжній, так і у поперечній площинах.

Аналіз останніх досліджень. Відомі конструкції серійних ґрунтообробних робочих органів с.-г. машин проектувалися під тракторну тягу, а стабілізація їх тягових навантажень здійснюється шляхом введення в конструкцію компенсуючих елементів. У полицевому плузі, наприклад, т таким елементом є польова дошка. Проте, для агрегатів, побудованих за мостовим принципом, таке рішення не може бути прийнятним, бо створює додатковий тяговий опір, і, як наслідок, навантаження на ферму мостового агрозасобу [5].

Отримати ефект максимального врівноваження тягових навантажень ґрунтообробного знаряддя можливо шляхом введення додаткових ріжучих елементів, для яких реакція опору різанню ґрунту компенсує дію реакцій інших робочих органів знаряддя [5].

Також, відомі приклади стабілізації тягових навантажень робочих органів с.-г. знарядь, шляхом перерозподілу напрямку діючих сил, за рахунок зміни кутів постановки ріжучих елементів, як це досягнуто у плузі-букер [6].

Наявність додаткової плоскорізної лапи в першому конструктивному рішенні буде ефективним для плугів традиційної конструкції, бо компенсує дію бокової складової за рахунок збільшення загального тягового опору. З позиції зменшення енерговитрат друге рішення, в цьому плані, є більш перспективним.

Формулювання цілей статті. Метою досліджень є підвищення ефективності використання чизельно-полицевого робочого органу для

основного обробітку ґрунту в системі колійного та мостового землеробства, шляхом покращення його тягово-енергетичних властивостей.

Основна частина. В якості об'єкту досліджень розглянемо робочий орган на основі чизельної стійки з полицею (рис. 1), який запропонований в роботі [7].

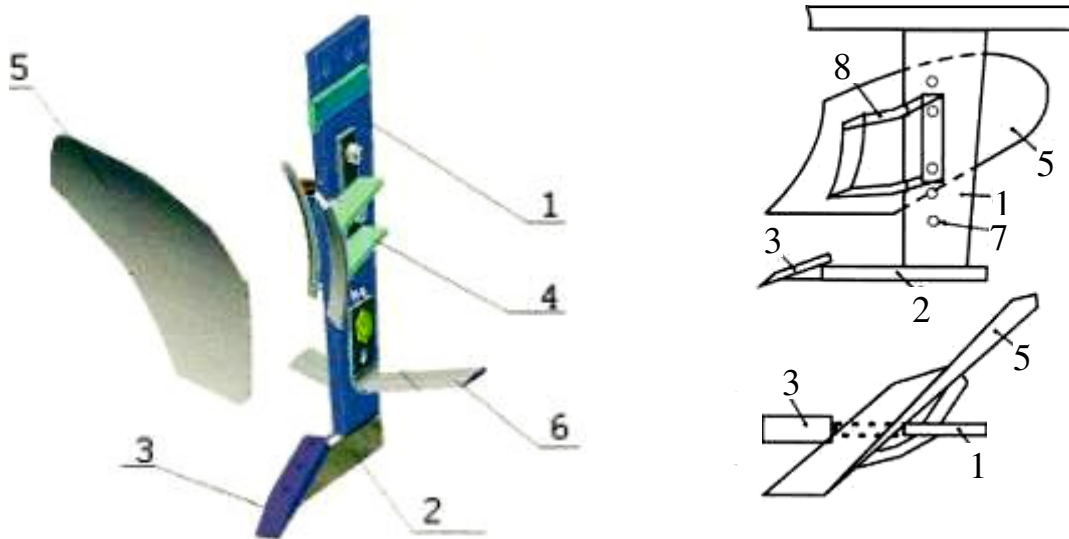


Рис. 1. Чизельно-полицевий робочий орган [7]:

1 – чизельна стійка; 2 – башмак; 3 – долото; 4 – кронштейни; 5 – полиця; 6 – підрізаючі лапи; 7 – пази для перелаштування по висоті полиці; 8 – рамка для кріплення полиці.

Відомо, що основна перевага чизелювання ґрунту полягає в економії енергоресурсів при його обробітку, частковому запобіганні водної та вітрової ерозії, поліпшенні реологічних властивостей ґрунту, підвищення його родючості. Але «класичні» чизельні знаряддя з прямими або нахиленими стійками після розпушування залишають на полі до 80% стерні. Одночасно зі стернею на полі залишаються і бур'яни. До того ж, «класичні» чизелі не здатні заробляти в ґрунт різні види добрив.

Вказане чизельно-полицеве знаряддя характеризується широкими технологічними можливостями [7], зокрема:

- 1) «класичне» чизелювання ґрунту з формуванням гребенистого дна борозни (відсутній відвал і підрізаючі лапи на знарядді);
- 2) чизелювання ґрунту з повним підрізанням бур'янів і додатковим розпушуванням верхнього шару ґрунту (підрізаючі лапи знаряддя встановлені у крайньому верхньому положенні);
- 3) чизелювання з глибоким розпушуванням ґрунту (підрізаючі лапи знаряддя встановлені у крайньому нижньому положенні);

4) чизелювання ґрунту з обертом і додатковим розпушуванням верхнього шару на глибину 0,10-0,15 м (відвал на знарядді встановлений у крайньому верхньому положенні, можливо встановлення декілька відвалів при ярусному обробітку);

5) чизелювання ґрунту з обертом на різній глибині і додатковим розпушуванням верхнього шару, формуванням на поверхні протиерозійних гребенів (відвали на знарядді встановлені на різній висоті);

6) комплексний обробіток і розпушування ґрунту на глибину 0,10-0,15 м (відвал на знарядді встановлений у верхньому положенні, а підрізаючі лапи - у нижньому);

7) «класичне» щілювання ґрунту з установкою стійок на певну відстань і заміною широкого долота (60 мм) на вузьке (30 мм), при цьому зникає ефект формування гребенистого дна борозни;

8) щілювання ґрунту з повним підрізанням бур'янів – якщо за попереднім пунктом додати підрізаючі лапи, які розміщуються у крайньому верхньому положенні.

Відомо, що реакція опору корпусу плуга в процесі роботи, складається з опору ґрунту на різання лемешем і переміщення підрізаного шару полицею [8]. Якщо у вказаному знарядді використовувати «класичний» лемішно-відвальний робочий орган, то встановлення лемеша і полиці під кутом до напрямку руху, утворює поперечну складову реакції опору F_B , яка спрямована в бік стінки борозни (рис. 2а) [9]. Остання, як відомо, компенсується в лемішних плугах польовою дошкою.

Виникає питання, якщо поперечні складові реакції лемеша і полиці спрямувати у протилежних напрямках, то в ідеальному випадку можна відмовитись від польової дошки.

Суто теоретично така компенсація можлива, якщо леміш представити у формі трикутного робочого органу, поперечні складові реакції лемеша і полиці спрямовані у різному напрямку (рис. 2б) [9].

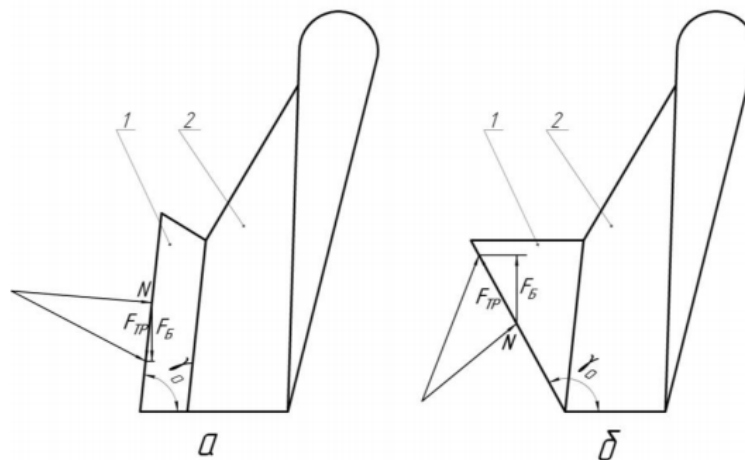


Рис.2. Схема діючих сил на корпус плуга [9]:

а – «класичний» лемішно-полицевий корпус; б – плуг-букер; 1 – леміш; 2 – полиця.

Розглянемо розрахункову схему чизельно-полицевого робочого органу у поздовжньо-горизонтальній площині (рис. 3), в якому леміш представлений у формі трикутного робочого органу, поперечні складові його реакцій і полиці спрямовані у різному напрямку, польова дошка відсутня. Леміш умовно розіб'ємо на дві частини: 1 – з гострим кутом атаки і 2 – з тупим кутом атаки. Основними діючими силами у поздовжньо-горизонтальній площині є: F_{p1} , F_{p2} – тяговий опір різанню ґрунту відповідно лезами лемеша 1 та 2; $F_{п}$ – тяговий опір на переміщення ґрунту вздовж полиці; $F_{ч}$ – тяговий опір чизельного робочого органу. З деяким припущенням положимо, що дією інших сил знехтуємо, як значно меншими, в порівнянні з вказаними [5].

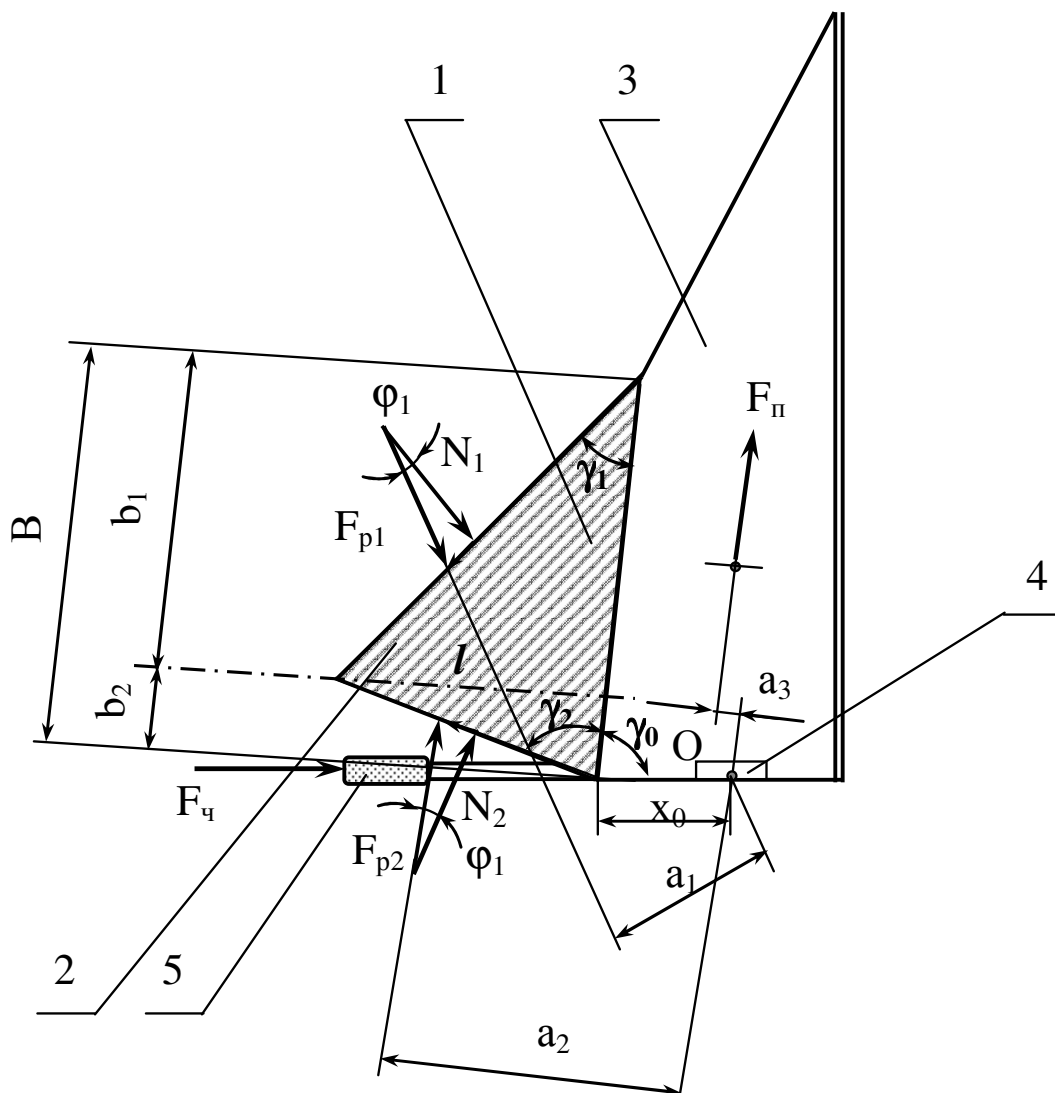


Рис.3. Розрахункова схема сил, що діють на чизельно-полицевий робочий орган у поздовжньо-горизонтальній площині: 1-ділянка лемеша з гострим кутом атаки; 2-ділянка лемеша з тупим кутом атаки; 3-полиця; 4-стояк; 5-долото чизеля.



Вказані сили у поздовжньо-горизонтальній площині утворюють обертаючі моменти довкола стояка 4. Рівняння останніх матиме вид

$$F_{\Pi} \cdot a_3 + F_{P2} \cdot a_2 - F_{P1} \cdot a_1 = 0, \quad (1)$$

де a_1, a_2, a_3 – відстані (плечі) від т.О до точки прикладання відповідної діючої сили.

З рівняння (1) випливає, що при постійних значеннях сил опору різанню ґрунту величини приведених моментів залежать від плечей їх прикладання в межах проекції.

Із розрахункової схеми (рис. 3) випливає, що

$$\begin{cases} B = b_1 + b_2, \\ l = b_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma_1 = b_2 \cdot \operatorname{tg} \gamma_2, \\ a_1 = x_0 + \frac{l \cdot \cos(180^\circ - \gamma_0 - \gamma_1)}{2 \sin \gamma_1}, \\ a_2 = x_0 + \frac{l \cdot \cos(180^\circ - \gamma_0 - \gamma_2)}{2 \sin \gamma_2}, \end{cases} \quad (2)$$

де B – ширина леза лемеша;

b_1 і b_2 – відповідно ширина кожної з частин леза лемеша;

l – горизонтальна проекція ширини лемеша;

x_0 – конструктивний параметр, природа якого зрозуміла з рис. 3;

γ_0 – кут нахилу лемеша до стінки борозни;

γ_1 і γ_2 – геометричні кути лемеша, природа яких зрозуміла з рис. 3.

Визначення реакції опору різанню ґрунту лемешем за методикою [8] надає можливість визначити сили F_{P1} і F_{P2} кожної з частин леза лемеша за наступним рівнянням

$$\begin{aligned} F_{pi} = C_{yo} & \left[\frac{0,66 \cdot h^2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2}{\cos(a_p + \varphi_2)} + (b_i + \frac{h}{2 \cdot \sin a_p \cdot \operatorname{tg} \varepsilon}) \cdot h \right] + 4,9 \cdot (b_i + \frac{h}{2 \cdot \sin a_p \cdot \operatorname{tg} \varepsilon}) \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}) \cdot \rho \cdot \\ & \cdot (\sin \varphi_2 + \cos(a_p - \varphi_2)) \cdot \cos a_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + h^2 \cdot (0,5 C_{yo} \cdot (\operatorname{tg}(a_p + \varphi_2) + \operatorname{ctg} a_p)) \cdot \frac{0,66 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2}{\cos(a_p + \varphi_2)} + \\ & + 4,9 \delta_p \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}) \cdot \sin \varphi_2 \cdot \rho) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + K'(z + x \cdot \operatorname{tg} \varphi_1) \cdot (b_i + \frac{h}{2 \cdot \sin a_p \cdot \operatorname{tg} \varepsilon}) + \\ & + 9,81 \cdot (b_i + \frac{h}{2 \cdot \sin a_p \cdot \operatorname{tg} \varepsilon}) \cdot h \cdot \rho \cdot \frac{\sin a_p \cdot \cos \theta}{\sin(a_p + \theta)} \cdot V^2 \cdot \cos(\operatorname{arctg} \frac{\psi + \sin \varphi_1}{\cos \varphi_1} - \varphi_1), \end{aligned} \quad (3)$$



де $C_{уд}$ – питоме зчеплення частинок ґрунту, кН/м^2 ;
 h – глибина обробітку, м;
 b_i – ширина захвату i -ої ділянки леза лемеша, м;
 φ_1 і φ_2 – кут зовнішнього та внутрішнього тертя, град;
 α_p – кут різання лемеша, град;
 ρ – щільність ґрунту, т/м^3 ;
 K' – межа несучої спроможності ґрунту, кН/м^2 ;
 z, x – параметри площадки затуплення леза лемеша, м;
 θ – задній кут різання лемеша, град;
 ε – кут у основи лемеша, град;
 V – швидкість руху знаряддя, м/с ;
 ψ – коефіцієнт ковзання.

Тяговий опір F_n на переміщення ґрунту вздовж полиці знаходимо у відповідності до методики [8]

$$F_n = 4,9 \cdot B \cdot H^2 \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \varphi_2/2) \cdot \rho \cdot \cos(\varphi - \varphi_2) \cdot \cos \gamma_0 \cdot \text{tg} \varphi_1, \quad (4)$$

де H – висота полиці, м;
 φ – кут відвалювання.

Після об'єднання залежностей (1-4) в одну систему рівнянь можна визначити значення геометричних параметрів лемеша b_1 , b_2 та l які, за певних фізико-механічних властивостей ґрунту, конструкції полиці, глибини обробітку і швидкості руху робочого органу, дозволяють отримати ефект стабілізації тягових навантажень останнього у поздовжньо-горизонтальній площині за рівнянням (1).

Для перевірки достовірності запропонованої методики були обчислені параметри лемеша (рис. 3) за наступних умов: глибина обробітку $h = 0,25$ м; швидкість руху знаряддя $V = 2$ м/с; фізико-механічні властивості ґрунту – кути внутрішнього і зовнішнього тертя $\varphi_1 = 22^\circ$ і $\varphi_2 = 30^\circ$; щільність ґрунту $\rho = 1,4$ т/м^3 ; питоме зчеплення частинок ґрунту $C_{уд} = 1,8$ кН/м^2 ; параметри культурного лемішного корпусу плуга – висота полиці $H = 0,35$ м; ширина леза лемеша $B = 0,4$ м; кут нахилу лемеша до стінки борозни $\gamma_0 = 40^\circ$; кут відвалювання $\varphi = 75^\circ$; кут у основи лемеша $\varepsilon = 60^\circ$; кут різання лемеша $\alpha_p = 35^\circ$, задній $\theta = 12^\circ$; параметри площадки затуплення леза лемеша $z = x = 0,002$ м; коефіцієнт ковзання $\psi = 0,73$; конструктивні параметри - $x_0 = 0,25$ м; $a_3 = 0,05$ м. Результат розрахунків по формулам (1-5) показав, що умова врівноваження тягових навантажень корпусу полицевого плуга у поздовжньо-горизонтальній площині за (1) досягається при значеннях $b_1 = 0,31$ м, $b_2 = 0,09$ м, $l = 0,15$ м.



Висновок. Зменшити енерговитрати при роботі чизельно-полицевого робочого органу для основного обробітку ґрунту в агрегатах колійного та мостового землеробства можливо, якщо, за відсутності польової дошки, використати леміш у формі трикутного робочого органу. Поперечні складові реакцій останнього і полиці спрямовані у різному напрямку. При цьому, умовою стабілізації тягових навантажень чизельно-полицевого робочого органу у поздовжньо-горизонтальній площині є нульова сума обертаючих моментів реакцій опору різанню ґрунту навколо його стояка.

Запропонована методика дозволяє обґрунтувати геометричні параметри лемеша для чизельного-полицевого с.-г. знаряддя, за яких буде досягнутий ефект стабілізації його тягових навантажень у поздовжньо-горизонтальній площині.

Література.

1. *Надикто В.Т.* Колійна та мостова системи землеробства. Монографія / *В.Т. Надикто, В.О. Улексін.* – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 270 с.

2. *Кувачов В.П.* Землевикористання при облаштуванні поля для роботи енерготехнологічних засобів мостового типу [Електронний ресурс] / *В.П. Кувачов* // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип.1, Т.3. – С. 116-127. Режим доступу до ресурсу: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/e-index.html>.

3. *Кравчук В.* Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби при вирощуванні зернових культур / *В. Кравчук, В. Погорілий, Л. Шустік* // Техніка і технології АПК. – 2010. – №7(10). – С. 9 – 14.

4. *Грабчак І.В.* No-till технології чи основний обробіток ґрунту? / *І.В. Грабчак* // Науковий вісник НУБіП України. – К.: НУБіП, 2010. – №144. – С. 114 – 121.

5. *Теслюк Г.В.* Обґрунтування конструктивних параметрів полицевого робочого органу для використання в системі мостового землеробства / *Г.В. Теслюк* // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – Вінниця: ВНАУ, 2012. – №11, Т.2 (66). – С. 276 – 279.

6. *Конащук В.В.* Перспективи використання плуга-букера в системі точного (мостового) землеробства / *В.В. Конащук* // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 93. – С. 181 – 192.

7. *Борисенко І.Б.* Энергосбережение при основной обработке почвы [Электронный ресурс] / *И.Б. Борисенко, А.Е. Новиков* // Сель-



ское хозяйство. Механизация сельского хозяйства. – 2001. – Режим доступа до ресурсу: www.rusnauka.com/16_ADEN_2011/Agricole.htm.

8. *Панченко А.М.* Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих и землеройных машин и оценка их эффективности для энергосберегающих технологий / *А.М. Панченко, В.П. Штепа.* – Днепропетровск: ДГАУ, 1995. – 96 с.

9. *Конащук В.В.* Особливості конструкції та польові дослідження плуга – букера / *В.В. Конащук* // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 107. – С. 71 – 75.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЯГОВЫХ НАГРУЗОК ЧИЗЕЛЬНО-ОТВАЛЬНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В СИСТЕМЕ КОЛЕЙНОГО И МОСТОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В.П. Кувачев, Г.В. Теслюк

Аннотація – в роботі представлена методика расчета параметров лемеха для чизельно-отвального рабочего органа, позволяющая максимально стабилизировать его тяговые нагрузки в продольно-горизонтальной плоскости.

STABILIZATION TRACTION LOADS CHISEL-DUMPING WORKING ORGAN FOR COREADDRESSING PROCESSING SOIL IN RUTTING AND BRIDGE OF AGRICULTURE

V. Kuvachov, G. Tesluk

Summary

The paper presents a methodology of calculate the parameters for the coulter chisel-depleted working body, make it possible-maximum-governing stabilize its traction load in the longitudinal-horizontal plane.