

2. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник / Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
3. Гулиа Н.В. Удивительная механика. В поисках «энергетической капсулы» / Н.В. Гулиа // Издательство: НЦ ЭНАС 2006 г, - 176 с.
4. Гулиа, Н.В. Инерционные двигатели для автомобилей – М.: Транспорт, 1974.– 62 с.
5. Волоцкий В.М. Гидроприводы машин и их оборудование. Учебный курс. – Харьков: Гидроэлект, 1995, – 155 с.
6. Ремарчук М.П., Холодов А.П., Чмуж Я.В. Байрамашвілі Т.Т. Энергозбереження в гідросистемі бульдозера//Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Харків: 2010. - №94 – С. 385-392.
7. Алексеева Т.В. Гидропривод и гидроавтоматика землеройно-транспортных - М.: Машиностроение, 1966. - 147 с.
8. Алексеева Т.В., Ремизович Ю.В., Шерман Использование принципа аккумуляирования энергии в системе управления землеройно-транспортной машины // Исслед. и испытания дорож. и строит, машин: Сб. науч. работ/ СибАДИ. – 1969. - Вып. 1. - С. 70-75.
9. Щербаков В.Ф. Рекуперативная система привода гидроподъемных машин // Строительные и дорожные машины. 2008. № 9. С. 49-51.
10. Щербаков В.Ф. Энергосберегающие гидроприводы строительных и дорожных машин // Строительные и дорожные машины. 2011. № 10. С. 1-2.
11. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.

#### **УДК 622.339**

**С. В. КРАВЕЦЬ, докт. техн. наук, О. Л. РОМАНОВСЬКИЙ, канд. техн. наук,  
В. Д. КИРИКОВИЧ, ст. викладач, А. А. НЕЧИДЮК, канд. техн. наук.**

*Національний університет водного господарства та природокористування*

### **СИЛИ І ПАРАМЕТРИ ФРЕЗЕРНОГО РОБОЧОГО ОРГАНА ДЛЯ РОЗРОБКИ ГРУНТУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

В Національному університеті водного господарства та природокористування створений землерійний робочий орган для добування корисних копалин, який розробляє ґрунт з відділенням від масиву і подачею його у суспензне середовище, при змішуванні з яким бурштин звільнюється і спливає на поверхню [7].

На сьогодні відомо, що найменша енергомісткість забезпечується при розробці ґрунту на критичну глибину [1], разом з тим відсутні відомості про вплив гідростатичного тиску на питомий опір різання.

Для досліджень питомого опору різання ґрунту при наявності гідростатичного тиску скористаємося рис. 1 - 2. При цьому в якості вихідних передумов покладено:

1) ґрунт – однорідне ізотропне середовище, яке характеризується зчепленням, внутрішнім і зовнішнім тертям, щільністю і вологістю;

2) елемент стружки розглядаємо як тверде тіло у вигляді двох трикутних призм з двома симетричними конічними секторами по боках (рис.1 в);

3) критична глибина різання постійна незалежно від того працює ніж у режимі заглиблення чи в сталому режимі;

4) впливом швидкості різання і силою тяжіння ґрунту на опір його руйнування знехтувано [2, 3, 4];

5) закон розподілу нормального тиску на лобову площину ножа в зоні сколювання ґрунту прийнятий лінійним по глибині [5, 6];

6) суспензія (пульпа) – однорідне середовище з певною густиною [8].

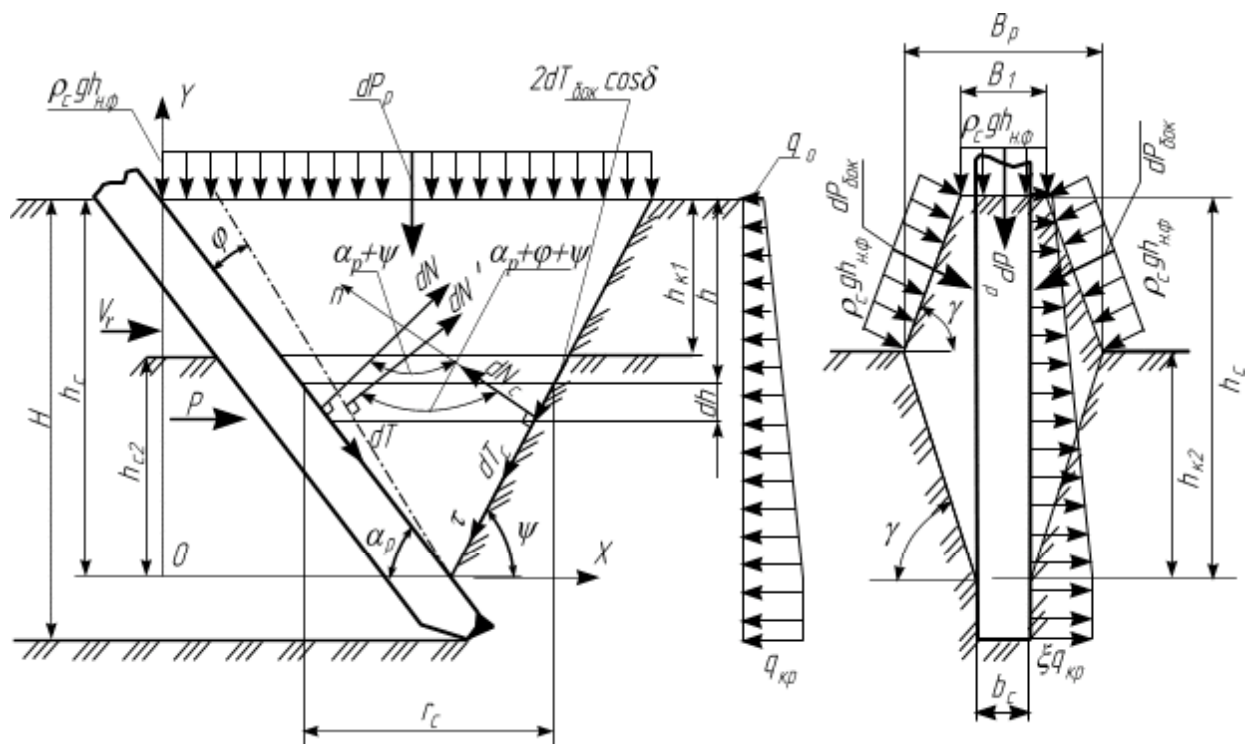
Для визначення питомого опору у відповідності з рис. 1 складемо рівняння рівноваги сил на вісь ОХ:

$$\sum P_x = -dT_c \cdot \cos \psi - 2dT_{\text{бок}} \cos \delta \cdot \cos \psi - dN_c \cdot \sin \psi + dN' \sin(\alpha_p + \varphi) \sin \psi = 0. \quad (1)$$

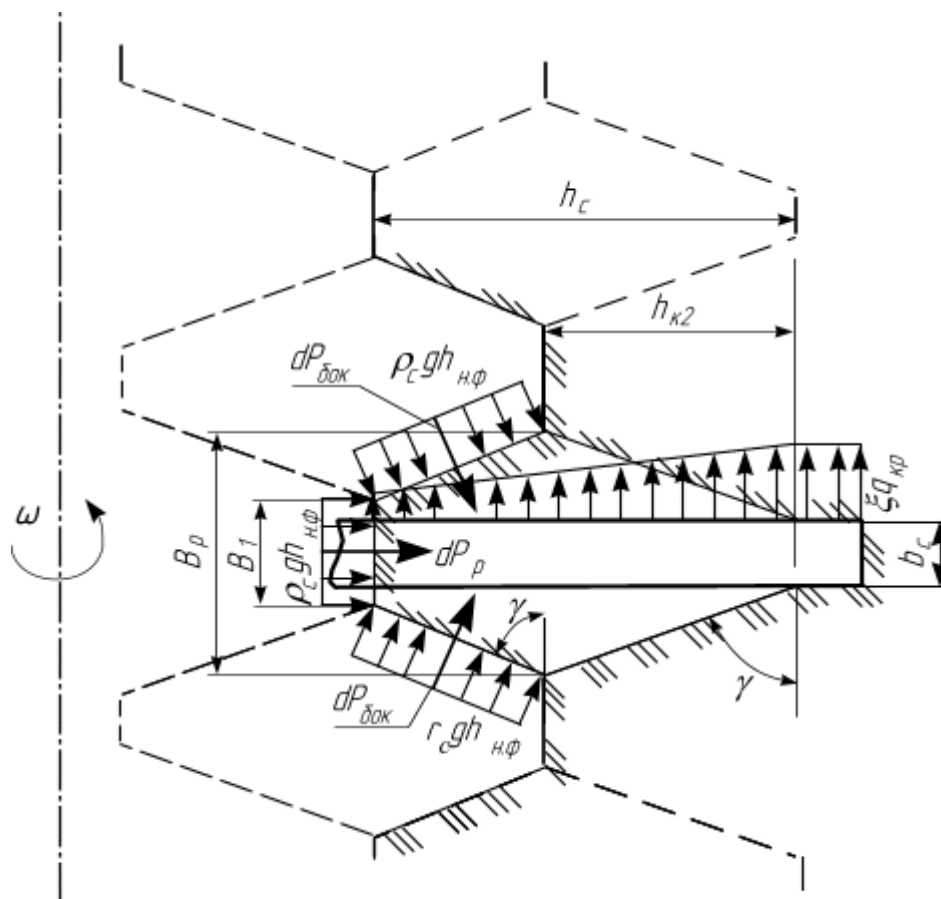
Після підстановки значень  $dN_c$ ,  $dN'$ ,  $dT_c$ ,  $dT_{\text{бок}}$  спираючись на попередню статтю [1] при умові, що  $h_k = h_{k1} = h_{k2}$ , а ширина тіла сколу поверху  $B_1$  рівна ширині ножа  $b_c$ , отримаємо рівняння:

$$\begin{aligned} & - \left( q_0 + \frac{q_{kp} - q_0}{2h_k} k_{nep} h \right) \frac{b_{ci} \sin(\alpha_p + \varphi) dh}{\cos \varphi \cdot \sin \alpha_p} + (\operatorname{tg} \varphi_0 \cos \psi + \sin \psi) \left\{ - \frac{b_{ci} \cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \cdot \sin \alpha_p} \times \right. \\ & \times \left( q_0 + \frac{q_{kp} - q_0}{2h_k} k_{nep} h \right) dh + \cos \psi \cdot \rho_c \cdot g \cdot h_{н.ф.} (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) dh + 2 \cos \gamma \cdot \cos \psi \cdot \rho_c \times \\ & \times g \cdot h_{н.ф.} \left[ (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) (2h_k - h) \frac{dh}{\sin \gamma} - (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) (h_k - h) \frac{dh}{\sin \gamma} \right] \left. \right\} + c \cdot \cos \psi \times \\ & \left\{ [b_{ci} + 2\rho (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) (h_k - h)] \frac{dh}{\sin \gamma} + [2(2h_k - 2h_k) \operatorname{ctg} \gamma + b_{ci} + 2h \cdot \operatorname{ctg} \gamma] \frac{dh}{\sin \gamma} \right\} + \\ & + 2c \cdot \cos \delta \cdot \cos \psi (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) (h_k - h) \frac{dh}{\cos \lambda} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Проінтегрувавши і спростили вираз (2), отримаємо рівняння для визначення питомого опору різання



a



б

Рис. 1. Схема взаємодії ножа фрези з ґрунтом:  
 а - у поздовжній площині; б - у поперечній площині.

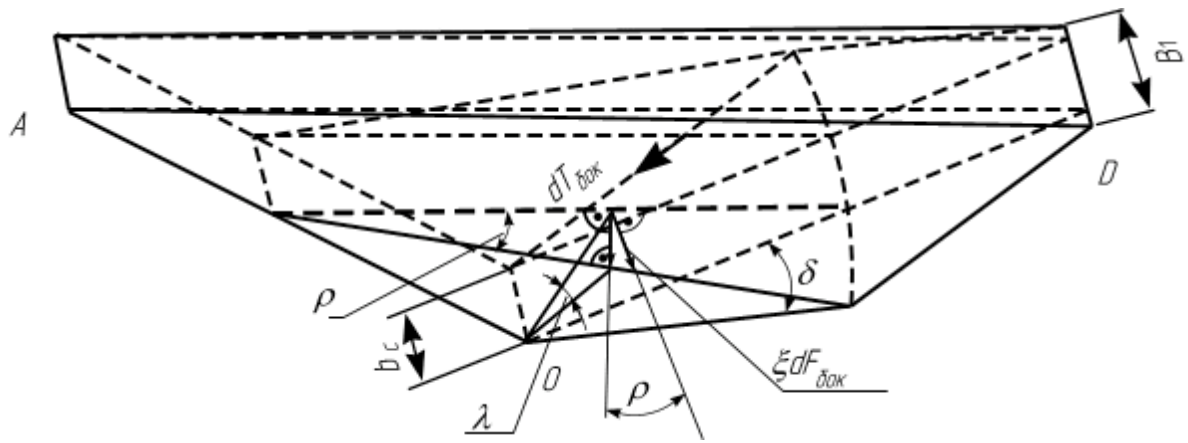


Рис. 2. Форма елемента стружки.

$$k = \left\{ 2(\operatorname{tg} \varphi_0 \cdot \cos \psi + \sin \psi) \left[ \cos \psi \cdot \rho_c \cdot g \cdot h_{н.ф.} (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) \left( b_{ci} + \frac{3}{2} \operatorname{ctg} \gamma \cdot h_k \right) - \frac{b_{ci} \cdot \cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \cdot \sin \alpha_p} \left( q_0 + \frac{q_{кр} - q_0}{2} k_{неп} \right) \right] + c \cdot \operatorname{ctg} \psi (3b_{ci} + \rho (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) h_k) + 4 \operatorname{ctg} \gamma \cdot h_k + \frac{c \cdot \cos \delta \cdot \cos \psi (\operatorname{ctg} \alpha_p + \operatorname{ctg} \psi) h_k}{\cos \lambda} \right\} / \left( 2b_{ci} + \frac{2h_k}{\operatorname{tg} \gamma} \right). \quad (3)$$

Потужність, що затрачується на різання ґрунту визначається за формулою:

$$N_{\text{різ}} = k_e \cdot \sum_{i=1}^{i=z} N_{i,\text{різ}}, \quad (4)$$

де  $z$  – кількість ножів в заборі;

$k_e$  - коефіцієнт енергоємності.

$$N_{i,\text{різ}} = P_i \cdot V_a, \quad (5)$$

де  $P_i$  – опір різання ножем;

$V_a$  - абсолютна швидкість

$$V_a = \sqrt{V_e^2 + V_r^2 + 2V_e V_r \cos \varphi_2}, \quad (6)$$

де  $\varphi_2$  - кут повороту ножа при якому відбувається процес різання ( $\varphi_2 = 0 \dots \pi$ ) п. 2.2;

$V_e, V_r$  - відповідно переносна швидкості фрези і колової швидкості різальної кромки ножа.

Опір різання одним ножем визначаємо:

$$P_i = k \left( h_i \cdot b_{ci} + \frac{h_i^2}{2 \operatorname{tg} \gamma} \right), \quad (7)$$

де  $\gamma$  - кут бокового розширення ґрунту;

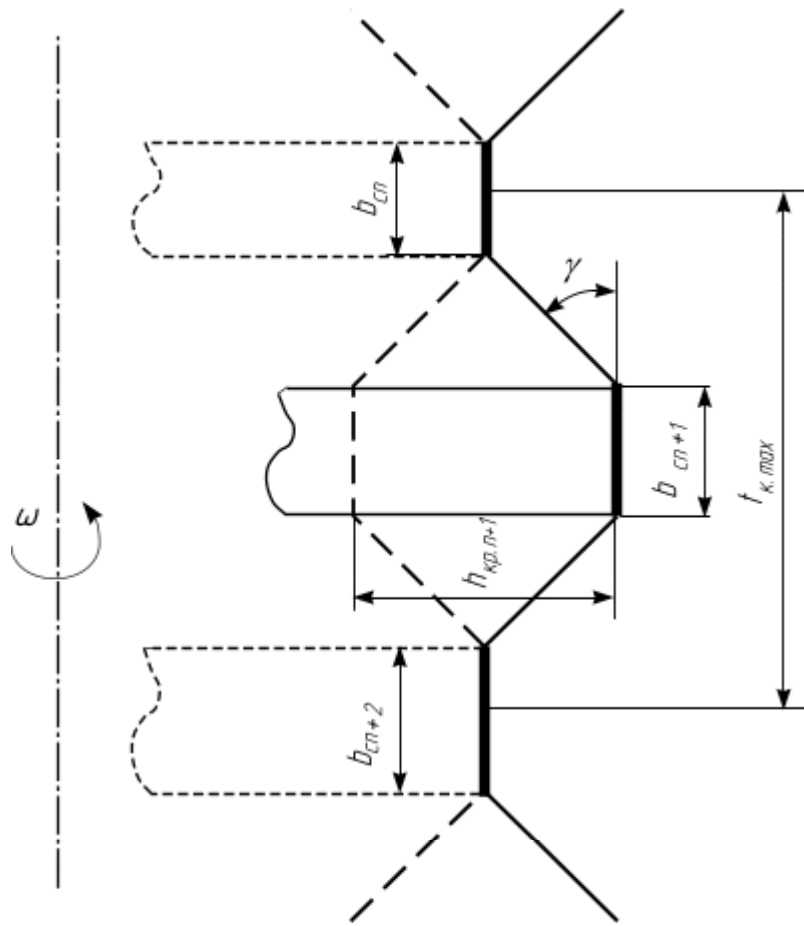


Рис.2. Схема розстановки ножів.

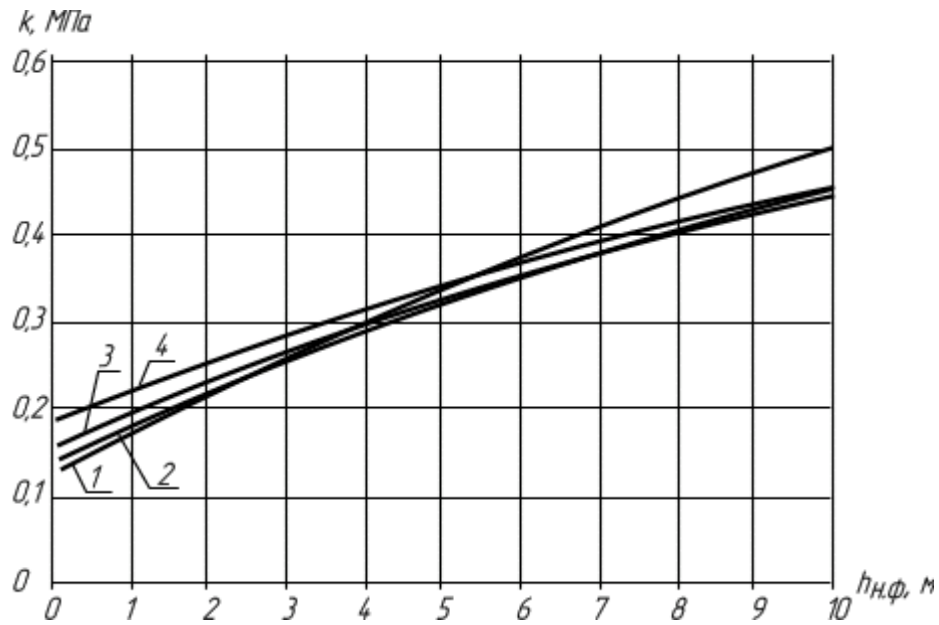


Рис. 3. Залежність питомого опору різання від глибини розташування ножа і кута різання (суглинок напівтвердий): 1 -  $\alpha_p = 20^\circ$ ; 2 -  $\alpha_p = 30^\circ$ ; 3 -  $\alpha_p = 40^\circ$ ; 4 -  $\alpha_p = 50^\circ$ .

$b_{ci}$  - поточна ширина ножа;

$k$  – питомий опір різання;

$h_i$  - товщина стружки в будь-який момент часу.

Максимальний крок між ножами одного заходу визначається:

$$t_{к.max} = \frac{b_{cn}}{2} + b_{cn+1} + \frac{b_{cn+2}}{2} + \frac{h_{кр.n+1}}{tg\gamma} . \quad (8)$$

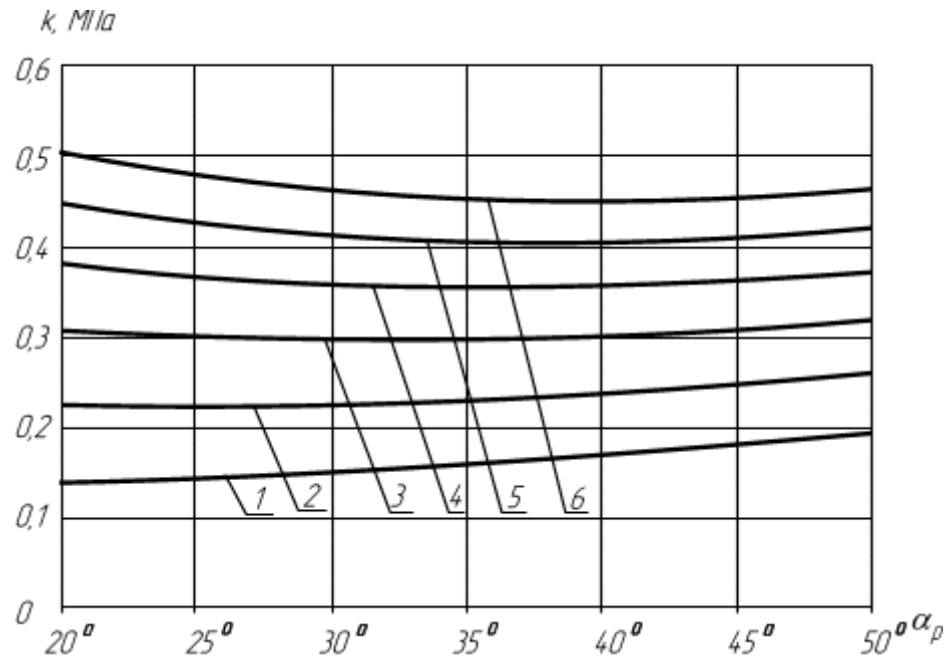


Рис. 4. Залежність питомого опору різання від кута різання глибини розташування ножа (суглинок напівтвердий): 1-  $h_{н.ф.} = 0,1$  м; 2-  $h_{н.ф.} = 2$  м; 3-  $h_{н.ф.} = 4$  м; 4-  $h_{н.ф.} = 6$  м; 5-  $h_{н.ф.} = 8$  м; 6-  $h_{н.ф.} = 10$  м.

Посилаючись на попередню статтю [1].  $h_{i.max} = h_{кр.n}$ ,

$$h_{кр.n} = 2h_k = -\frac{2a}{b} . \quad (9)$$

Тоді:

$$b_{c.i} = -h_k \left[ \frac{3tg\varphi_0 \rho_c g h_{н.ф.} (ctg\alpha_p + ctg\psi) ctg\gamma \cos\psi + c\rho (ctg\alpha_p + ctg\psi) / \sin\psi + 4c \cdot ctg\gamma / \sin\psi + c(ctg\alpha_p + ctg\psi) \frac{\cos\delta}{\cos\lambda} + 3\rho_c g h_{н.ф.} (ctg\alpha_p + ctg\psi) ctg\gamma \sin\psi}{-tg\varphi_0 \frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos\varphi \sin\alpha_p} (2q_0 + (q_{кр} - q_0)k_{неp}) + 2\rho_c g h_{н.ф.} (ctg\alpha_p + ctg\psi) \times (tg\varphi_0 \cos\psi + \sin\psi) + \frac{3c}{\sin\psi} - \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos\varphi \sin\alpha_p} (2q_0 + (q_{кр} - q_0)k_{неp})} \right] \quad (10)$$

Результати розрахунку питомого опору приведені у вигляді залежностей представлених на рис. 3 - 4.

Аналіз графічних залежностей вказує про суттєвий вплив на питомий опір різання глибини розсташування ножа, при цьому останній, для реальних кутів різання, змінюється в межах 2 – 2,5 разів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кравець С.В. Вплив гідростатичного тиску на критичну глибину при комбінованому поярусному різанні ґрунту / С.В. Кравець, О.Л. Романовський, В.Д. Кирикович, І.М. Музичук // Вісник НУВГП – Рівне: 2007. – Вип. 3 (39) ч. 2 - С. 236-243.
2. Баладинский В.Л., Пузырев Ю.В., Смирнов В.Н., Кисленко А.А. Производительность и долговечность землеройных мелиоративных машин. – К.: Урожай, 1988. 152с.
3. Станевский В.П. Совершенствование рабочего процесса землеройных машин. – К.: Вища школа. Изд-во при КГУ, 1984. – 128с.
4. Баладинский В.Л., Баранников В.Ф., Ошпакаев Т.А. Механика рабочих процессов строительных машин. – Алма-Ата: ЛАФЦЧИПКС, 1982. – 160 с.
5. Томин Е.Д. Бестраншейное строительство закрытого дренажа. – М.: Колос, 1981. – 240с.
6. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1975. – 424с.
7. Кравець С.В., Романовський О.Л., Нікітін В.Г., Кирикович В.Д. Робочий орган землерійної машини для добування корисних копалин. Деклараційний патент №62709 А. Офіційний бюлетень по справах винаходів і відкриттів, 2003 р., №12.
8. Романовський О.Л., Кирикович В.Д. Дослідження флотаційних властивостей бурштину. “Вісник” Український державний університет водного господарства та природокористування. Зб.наук. пр., випуск 2 (26). Рівне 2004, С. 323-328.

**УДК 621.878.2::167.23**

**М.Е. ХОЖИЛО, аспірант.**

*Державний вищий навчальний заклад  
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ РІЗАЛЬНО-МЕТАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНА З ҐРУНТОМ**

**Актуальність проблеми.** Підвищити ефективність виконання земляних робіт дозволяють землерійно-транспортні машини безперервної дії, наприклад у вигляді грейдер-елеваторів, стругів-кидачів, а також багатоковшеві екскаватори. У серійних конструкціях