

**О. Л. РОМАНОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, **О. Ю. ВАСИЛЬЧУК**, аспірант  
*Національний університет водного господарства та природокористування*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ РОЗРІЗНИХ НОЖІВ З ГРУНТОМ**

**Актуальність проблеми.** Роботи, що виконуються при будівництві термогідролічних систем, укладанні лінійно – протяжних об'єктів (ЛПО) в підземний горизонт потребують створення нових машин, що забезпечать укладання лінійно – протяжних об'єктів з високою якістю без негативного техногенного впливу на навколишнє середовище. При цьому дані машини повинні забезпечувати найменш енергоємне руйнування ґрунтового середовища.

**Аналіз публікацій.** В своїх працях С. В. Кравець [1], В. С. Казаков [2], підтвердили доцільність прокладання підземних комунікацій безтраншейними укладачами з пасивними землерийними робочими органами у вигляді ножів розрізного типу. Це дозволяє на порядок підвищити швидкість, а з нею і продуктивність праці та в 3...5 разів зменшити об'єм земляних робіт; зберегти гумусовий шар ґрунту на поверхні землі та, відповідно, мінімізувати техногенний вплив на природне середовище. Проте наявність ножів розрізного типу обумовлює значний тяговий опір. Тому пріоритетним напрямком дослідження машин, робоче обладнання яких включає розрізні ножі, є оптимізація параметрів ножа в напрямку мінімізації опору різанню для причіпних робочих органів [3] та максимального використання тягово – зчіпних можливостей базових машин [1, 4].

**Мета.** Встановити експериментальні залежності зміни силових характеристик руйнування ґрунтового середовища від кута установки  $\gamma$  ножів розрізного типу залежно від кута загострення  $\alpha$  за умови максимального використання тягово – зчіпних можливостей базових машин для забезпечення максимальної реалізації технологічних параметрів машини, тобто максимально можливих глибини або зони обробітку.

**Основна частина.** Особливістю процесу розрізування ґрунту є незначна ширина (b) в порівнянні з глибиною різання (h). Для здійснення процесу розрізування використовують розрізні ножі з загостреною різальною кромкою [5, 6, 7]. В якості оптимальних кутів загострення наводяться наступні значення: І. І. Мер [7]: 30...60°; А. М. Зеленін [6] пропонує вважати кут загострення 45° оптимальним для всіх видів

ґрунтів; Нерло – Нерлі [6]: 38° - для твердих ґрунтів, 45° - для м'яких.

В практиці використовують розрізні ножі з кутами установки 70...130° [7, 8, 9, 10]. А. Сточкус [9] спостерігає зниження тягового опору при зміні кута установки від 90° в додатному та від'ємному напрямку. В. І. Уродов [10] стверджує, що частина ножа, що працює в зоні ущільнення ґрунту повинна бути направлена по вертикалі або близько до неї.

Отже, з огляду на викладене, можна зробити висновок, що не всі процеси розрізування ґрунту вивчені досконало.

Оскільки при оптимізації кутових параметрів по тяговому опору можливе вивішування базової машини на робочому органі, і, відповідно, зменшення тягових можливостей базових машин, то оптимізацію параметрів ножів навісних робочих органів слід проводити на основі повного опору розрізування ґрунту з врахуванням привантаження базової машини вертикальною складовою цього опору

Відомо [1, 4], що найкращим чином реалізація параметра максимальної глибини закладання лінійно – протяжних об'єктів забезпечується за умови повного використання тягово – зчіпних властивостей базових машин, а останні за умови, що кут установки розрізного ножа відповідає мінімальному значенню різниці між тяговим опором і додатковою силою зчеплення від довантаження тягача вертикальною складовою повного опору робочому органу, тобто:

$$\Delta = W - \varphi_{\zeta} R \rightarrow \min , \quad (1)$$

де  $\Delta$  - різниця між тяговим опором та додатковою силою зчеплення тягача з ґрунтом;  $W$  - тяговий опір ( $W = G \cdot f_{\text{н}} + D + R \cdot f_{\text{н}}$ );  $G$  - вага тягача з робочим обладнанням;  $P$  - горизонтальна складова сили опору різання;  $R$  - вертикальна складова сили опору різання;  $\varphi_{\zeta}$  - коефіцієнт зчеплення ходового обладнання тягача з опорною поверхнею;  $f_{\text{н}}$  - коефіцієнт опору переміщення опорної поверхні.

Для встановлення експериментальних залежностей зміни силових характеристик руйнування ґрунтового середовища від кута установки  $\gamma$  ножів розрізного типу залежно від кута загострення  $\alpha$ , за умови максимального використання тягово – зчіпних можливостей базових машин, були проведені лабораторно - польові випробування у лісовому масиві (с. Любомирка, Рівненська обл.).

Дослідна ділянка лісового масиву (с. Любомирка) характеризується переважно супіщаним ґрунтом щільністю 1,5...1,8 г/см<sup>3</sup>. Вологість ґрунту змінювалася по глибині та становила 12...14%, число ударів ударника ДорНДІ становило  $C_{\text{уд}} = 4...6$ .

Дослідження проводились на базовому тракторі ДТ-75 (рис. 1) з гідравлічною

навіскою розрізного ножа. Дослідний розрізний ніж виконаний у вигляді стояка 3, зі змінними лезами 4 (рис. 2) товщиною 60 мм. і кутами загострення  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  і  $90^\circ$ .



Рис. 1. Тягач з дослідними ножами: 1 – базова машина (трактор ДТ-75); 2 – гідравлічна навіска; 3 – стояк; 4 – лезо; 5 – гідроциліндр повороту робочого обладнання; 6 – гідроциліндр підйому робочого обладнання.

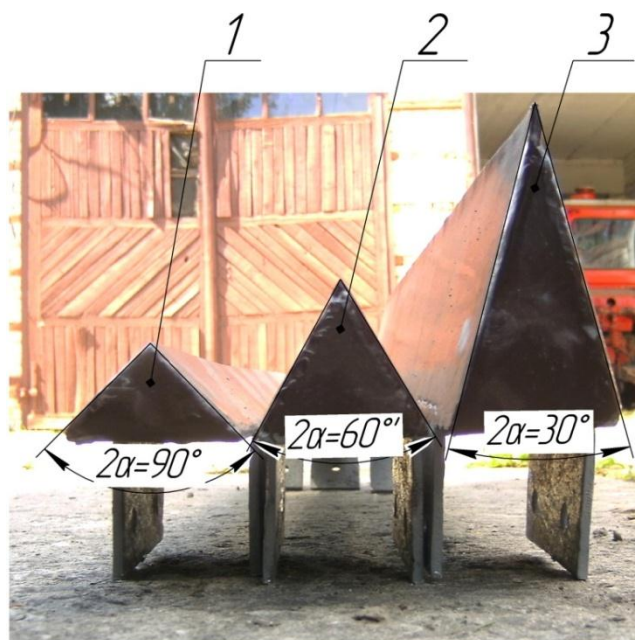


Рис. 2. Дослідні зразки змінних лез розрізних ножів з кутами загострення (1 –  $2\alpha=90^\circ$ , 2 –  $2\alpha=60^\circ$ , 3 –  $2\alpha=30^\circ$ ).

Лінії порожнин гідроциліндрів навіски оснащені трійниками з вмонтованими тензометричними перетворювачами у вигляді трубки Бурдона 1 з тензодатчиками 2 і

контрольними манометрами 3 (рис. 3).

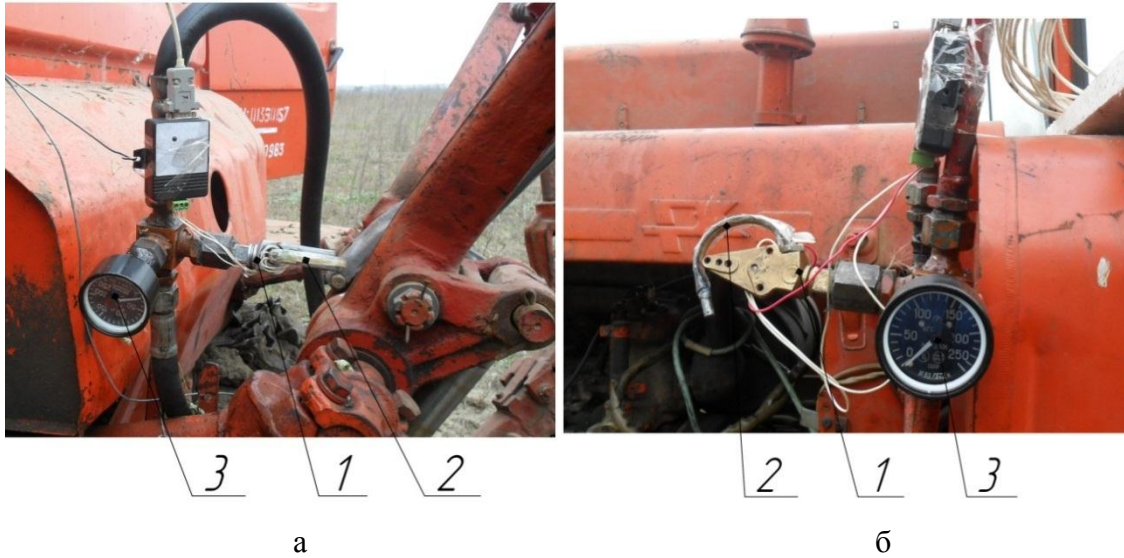


Рис. 3. Засоби для реєстрації тисків на штоках (а – гідроциліндр підйому, б – гідроциліндр повороту): 1 – трубка Бурдона; 2 – тензодатчик; 3 – манометр.

Лабораторно - польові дослідження включали:

- дослідження характеристик ґрунту;
- різання ґрунту на глибину 0,6 м. з реєстрацією тисків в робочих порожнинах гідроциліндрів підйому та повороту робочого органа.

Різання ґрунту (рис. 4) здійснювалось після кріплення лез і налаштуванні гідроциліндрами підйому і повороту ножа на задану глибину різання при кутах установки останнього 90°, 75°, 60°, 45°.

Реєстрація тисків здійснювалась тензометричною станцією з періодичними контрольними фіксаціями манометрами.

Визначення складових сил опору різання велось за схемою, що представлена на рис. 5. При цьому сили на штоках визначались тиском та ефективною площею поршня і використані наступні рівняння рівноваги сил і моментів:

$$\begin{aligned}
 \sum M_A &= 0; \quad S_{нід} \cdot l_8 - Y_M \cdot l_9 = 0; \\
 \sum M_O &= 0; \quad Y_N \cdot l_1 - Y_D \cdot l_2 - X_D \cdot l_3 = 0; \\
 \sum F_X &= 0; \quad S_{нос} \cdot \cos \beta + P - X_D = 0; \\
 \sum F_Y &= 0; \quad -R - G_o + Y_D = 0; \\
 \sum M_D &= 0; \quad -S_{нід} \cdot \cos \beta \cdot l_4 + P \cdot l_5 \pm R \cdot l_6 - G_o \cdot l_7 = 0,
 \end{aligned} \tag{2}$$

де  $P$  – горизонтальна складова сили опору різання;  $R$  – вертикальна складова сили опору різання;  $S_{\text{пов}}$ ,  $S_{\text{під}}$  – зусилля на штоці гідроциліндра повороту та підйому розрізного ножа;  $Y_M$ ,  $Y_N$ ,  $Y_D$ ,  $X_D$  – реакції в шарнірах навіски;  $G_o$  – вага навісного обладнання;  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$ ,  $l_4$ ,  $l_5$ ,  $l_6$ ,  $l_7$ ,  $l_8$ ,  $l_9$  – плечі дії сил;  $\beta$  – кут зміни положення гідроциліндра повороту відносно горизонталі;  $h$  – глибина різання;  $\gamma$  – кут установки розрізного ножа.



а



б



в



г

Рис. 4. Панорами досліджень ножів при кутах установки: а –  $90^\circ$ , б –  $75^\circ$ , в –  $60^\circ$ , г –  $45^\circ$ .

Знак (+) при визначенні горизонтальної та вертикальної складових сили опору різанню, коли кут установки  $\gamma=45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ , знак (-), коли  $\gamma=90^\circ$ .

Із системи рівнянь (2) знайдемо вертикальну та горизонтальну складові сили опору різання:

$$R = \frac{S_{\text{пов}} \cdot l_8 \cdot l_1 \cdot l_5 - S_{\text{під}} \cdot \cos \beta \cdot l_3 \cdot l_9 \cdot (l_5 + l_4) - G_o \cdot l_9 \cdot (l_2 \cdot l_5 + l_3 \cdot l_7)}{l_9 \cdot (l_2 \cdot l_5 + l_6 \cdot l_3)}; \quad (3)$$

$$P = \frac{S_{\text{гид}} \cdot \cos \beta \cdot l_4 \mp R \cdot l_6 + G_o \cdot l_7}{l_5} \quad (4)$$

Знак (-) -  $\gamma=45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ , знак (+), коли  $\gamma=90^\circ$ .

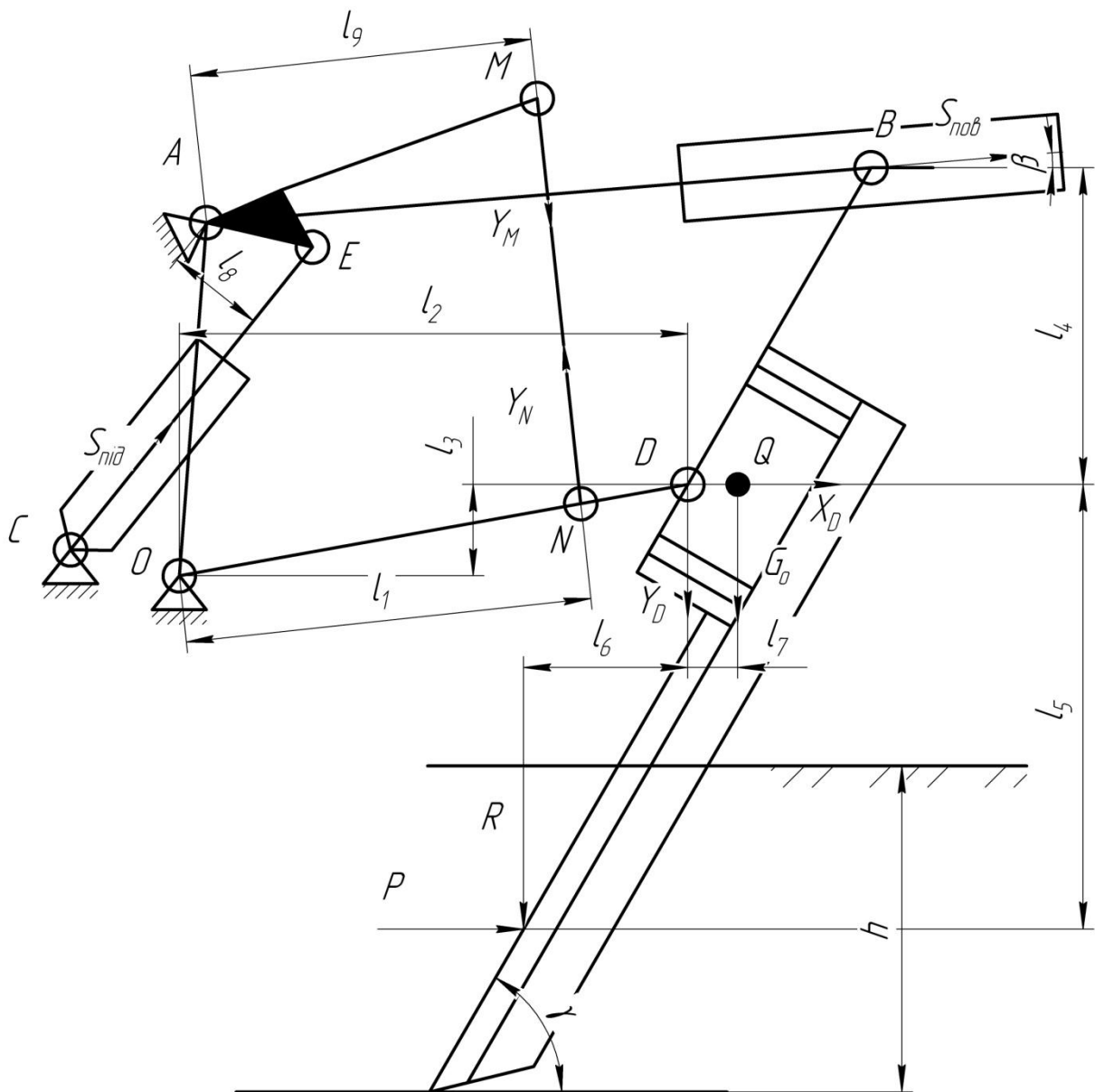


Рис. 5. Розрахункова схема до визначення складових опору через сили на штоках гідроциліндрів.

В результаті виконання лабораторно – польових досліджень отримано графічні залежності силових характеристик різання ґрунтового середовища, тобто горизонтальної та вертикальної складових сили опорі різання (рис. 6), та різниці  $\Delta$  між тяговим опором та додатковою силою зчеплення тягача з ґрунтом (рис. 7). Обробка експериментальних даних проводилася з використанням методів математичної статистики.

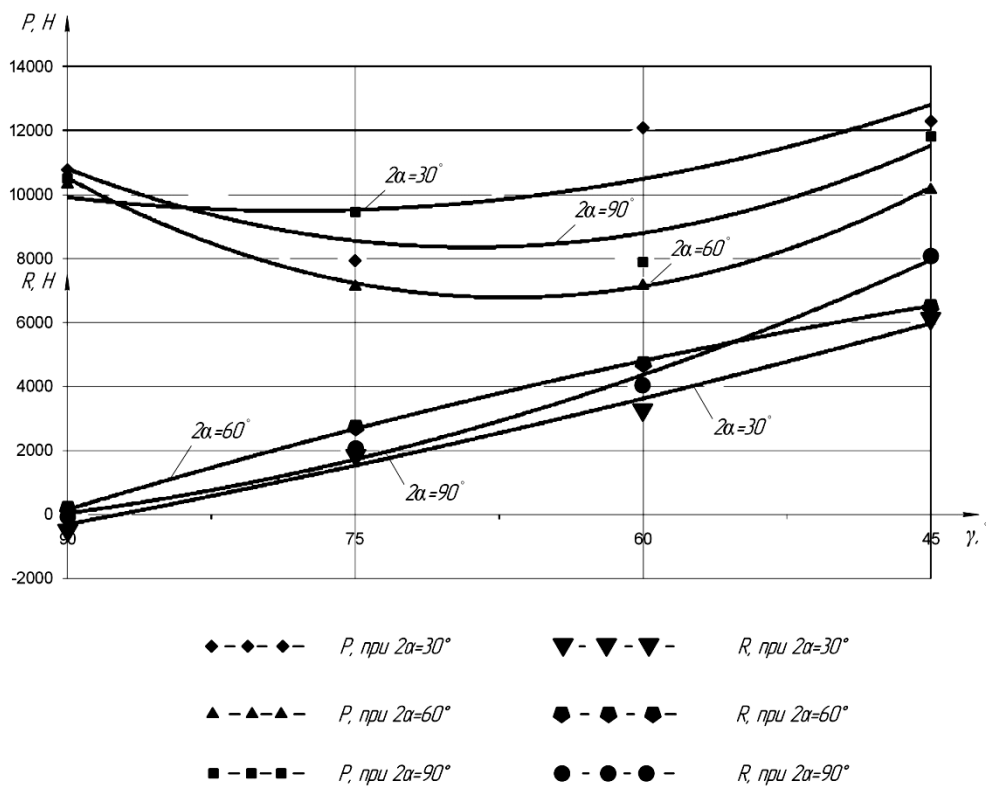


Рис. 6. Залежності горизонтальної  $P$  та вертикальної  $R$  складових сили опору різанню від установочних кутів  $\gamma$  при змінних кутах загострення  $\alpha$ .

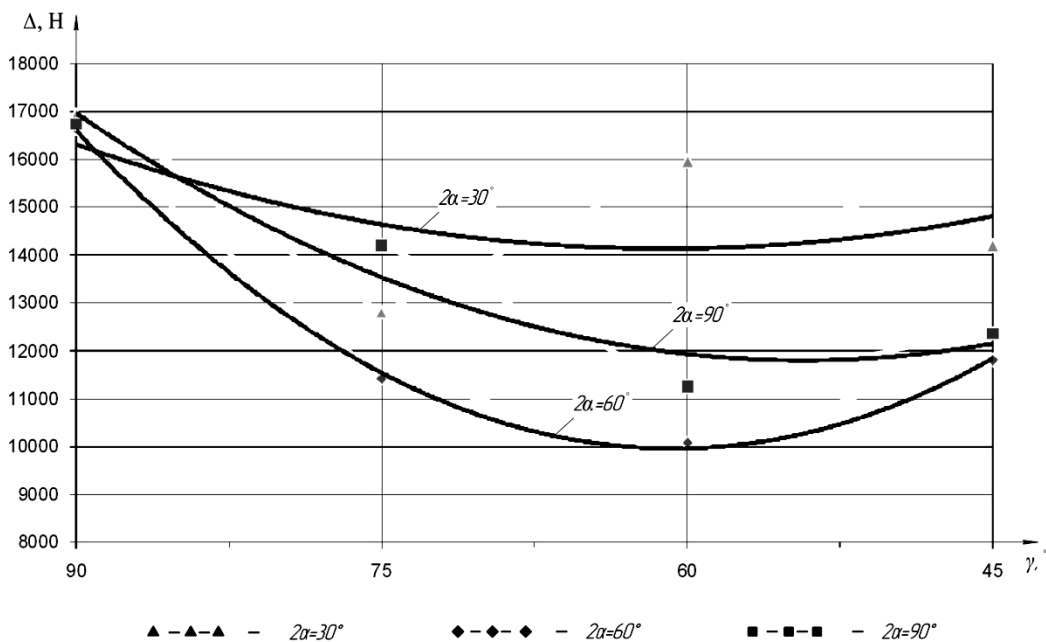


Рис. 7. Залежності різниці  $\Delta$  між тяговим опором та додатковою силою зчеплення тягача з ґрунтом від установочних кутів  $\gamma$  при змінних кутах загострення  $\alpha$ .

**Висновки.** 1. Експериментальними дослідженнями, підтверджені припущення про суттєву залежність зміни силових характеристик руйнування ґрунтового середовища від геометричних параметрів розрізних ножів, а саме кутів установки  $\gamma$  та кутів загострення  $\alpha$ . 2. Встановлено, що для різних умов роботи і реальних кутів загострення

раціональний кут установки розрізних ножів може змінюватися в межах  $50\div 80^\circ$ , а тяговий опір – в  $1,4\div 1,9$  рази. 3. Оптимізація кута установки розрізних ножів залежно від робочого середовища для конкретних машин дозволить максимально реалізувати технологічні параметри останніх.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кравець С.В. Грунтозахисні та енергозберігаючі машини: Монографія./ РДТУ. Рівне, 1999. – 277 с.
2. Казаков В. С. Бестраншейные дренажники. М.: Россельхозиздат, 1974. – 62с.
3. Романовський О.Л., Макарчук О.В., Васильчук О.Ю. Ножово – фрезерний бестраншейний укладач труб. Вісник Харківського національного автомобільно – дорожнього університету. – Харків, 2012. – Вип 57. – С. 203 – 206.
4. Пат. 99047 України, МПК А01В 13/08, Е02F 5/30. Землерийна машина / С.В. Кравець, О.Л. Романовський, О.Ю. Васильчук, О.В. Макарчук, Д.І. Процик (Україна). - №а 201103131; заявл. 17.03.2011; опубл. 10.07.2012, Бюл. №13, 2012 р.
5. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971.-258с.
6. Зеленін А.М. Лабораторний практикум по резанню ґрунтів. Учебное пособие для студентов инженерностроительных и автомобильнодорожных вузов.– М.: «Высшая школа». 1969. – 310 с.
7. Мер И.И. Мелиоративные машины. – М: Колос, 1980. – 351 с.
8. Турецкий Р.Л. Оптимизация угловых параметров ножевого рабочего органа дренажной машины. Механизация и электрификация сельского хозяйства. Респ.межвед.науч.-техн.сб.- Минск: Урожай, 1985. №3. - С.8-12.
9. Уродов В. І., Физические основы глубокого резания грунтов – Минск: Наука и техника, 1972. – 252 с.
10. Хайзерук Е. М. Кабелеукладчики – М.: Машиностроение, 1973 – 199 с.