УДК 621.878.23-182.38

Мобіло Л. В., к.т.н., доцент, Серілко Д. Л., к.т.н., асистент
(Національний університет водного господарства та природокористування м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРЕБІНЧАСТОГО НОЖА ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження роботи гребінчастого ножа. Отримані графічні залежності опору руху бульдозера дозволяють підтвердити переваги запропонованого технічного рішення. Запропонована нова конструкція ріжучого ножа гребінчастого типу.
Ключові слова: **ґрунт, опір руху, гребінчастий ніж, бульдозер.**

В будь-якій області будівельного виробництва земляні роботи є першочерговими та найбільш енергоємними. В будівельній практиці і при видобутку корисних копалин значний об'єм робіт виконується бульдозерами. У зв'язку з цим підвищення технічного рівня і конструктивної досконалості бульдозерів, збільшення енергонасиченості і зниження собівартості виконуваних ними робіт є важливою народногосподарською задачею.

Головною сучасною тенденцією світового бульдозеробудування є розширення типорозмірного ряду в області виготовлення машин підвищеної одиничної потужності і продуктивності. Обґрунтування такої тенденції полягає в тому, що застосування машин підвищеної одиничної потужності забезпечує істотне зниження собівартості робіт, виконуваних бульдозерами, а агрегатування їх з розпушувачами розширює область застосування бульдозерів за рахунок можливості безпосередньої розробки мерзлих та скельних ґрунтів. Також велика увага приділяється якості виготовлення обладнання, збільшенню ефективності його застосування.

Аналіз результатів досліджень різних типів робочих органів бульдозерів показав, що існуючі конструкції повною мірою задовольняють вимогам, які висуваються до їх енергетичних та експлуатаційних показників.

Основним недоліком розглянутих вище технічних рішень [1-7] є складність конструкцій і неможливість досягнення процесу вільного різання ножем, а також складність і дороговизна обслуговування.

Існуючі конструкції ножів землерийних машин створюють при

різанні ґрунту значний опір, що виникає в результаті блокованого різання. Це призводить до необхідності застосування базових машин великої потужності (150 і більше кВт). При цьому продуктивність землерийної техніки є досить низькою – до 100 м^3/год. Для подолання цих недоліків на кафедрі будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання НУВГП запропонована конструкція гребінчастого ножа, що дає можливість частину поверхні різання (до 40%) різати по схемі блокованого різання, а решту проводити за рахунок сколювання. Така технологія робочого процесу дає значне зменшення тягового опору землерийних машин і підвищує їх продуктивність [8].

Цьому процесу найбільш повно відповідає запропонована конструкція ножа відвала бульдозера рис. 1. Відвал бульдозера включає лобовий лист 1, до якого в нижній частині за допомогою болтів кріпляться два бокових 2 і середній 3 гребінчасті ножі [9].

З метою визначення раціональних параметрів гребінчастого ножа були проведені експериментальні дослідження для визначення опору руху відвала бульдозера.

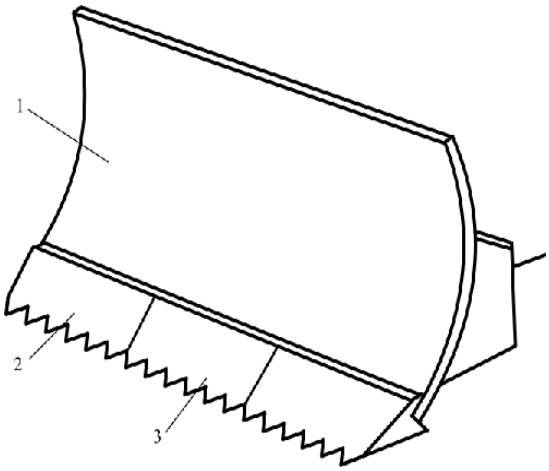

Рис. 1. Схема відвала бульдозера з гребінчастим ножем:
1 – лобовий лист; 2 – боковий ніж; 3 – середній ніж

Досліди проводили в лабораторних умовах на фізичній моделі відвалу бульдозера ДЗ -110, виконаному в масштабі 1:4, на спеціальній експериментальній установці, яка забезпечувала різні режими роботи і дозволяла максимально приблизити процес різання ґрунту моделлю бульдозера до режиму роботи натурального бульдозера. Модель ґрунту готували за рекомендаціям [10].

Предметом дослідження в даній роботі є вивчення якісних та кількісних показників процесу взаємодії відвального робочого орга-

ну з ґрунтом протягом всієї стадії його копання.

Відомо, що процес копання ґрунтів відвальними робочими органами супроводжується безперервною зміною величини протидії просуванню їх в забої [8]. Величина та закономірність вказаної протидії залежить від багатьох факторів, серед яких найбільш значними є фізико-механічні властивості ґрунтів, що роздробляються, геометричні характеристики робочого органу, та режими копання, що визначаються товщиною відокремлюваного від забою ґрунту *h* та швидкістю просування відвала в забої V_K. Найбільш поширена схема взаємодії відвалу бульдозера з ґрунтом [8], що показана на рис. 2.

Загальний опір копанню ґрунту відвалом бульдозера розглядається як сума наступних складових: опору ґрунту різанню ножовою системою відвала W_P, опору переміщення накопиченої перед відвалом призми ґрунту поверхнею забою $W_{П.В.}$, сили тертя ґрунту по лобовій поверхні відвалу F_T та сили тертя леза ножа по ґрунту $W_Л$.

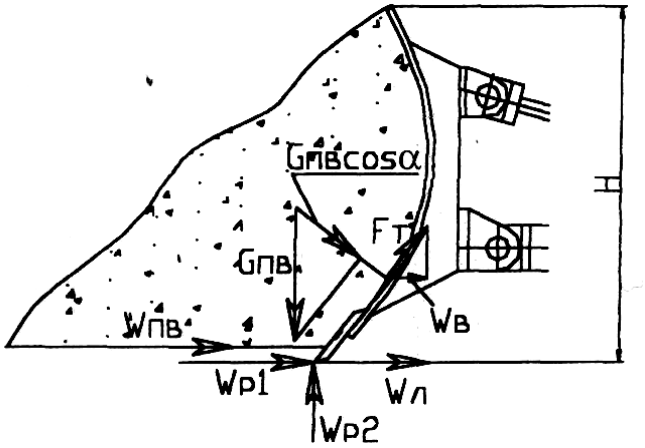

Рис. 2. Схема процесу взаємодії відвала бульдозера з ґрунтом в період копання

Дотична складова загального опору ґрунту копанню дорівнює сумі дотичних складових вказаних сил:

$$W_K = W_{P1} + W_{П.В.} + W_B + W_Л , \quad (1)$$

де W_{P1} – дотична складова опору різанню ґрунту; W_B – дотична складова сили тертя ґрунту по лобовій поверхні відвалу.

Дотична складова опору різанню ножовою системою відвалу визначається за формулою [8]

$$W_{P1} = \kappa_1 Bh , \quad (2)$$

де κ_1 – коефіцієнт питомого опору ґрунту різанню, значення якого табульоване [8] і залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, B – довжина відвалу, h – товщина шару ґрунту, що відокремлюється

від забою.

Опір переміщенню призми волочіння залежить від ваги ґрунту, який накопичений у визначений момент процесу копання, та величини коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту. Його буде рівна:

$$W_{П.В.} = q\gamma_p \mu_1 g \ , \tag{3}$$

де q – об'єм призми волочіння, м^3, γ_p – щільність розпушеного ґрунту, кг/м, μ_1 – коефіцієнт тертя призми по ґрунту, g – прискорення вільного падіння, м/с^2.

Враховуючи складність зовнішньої форми призми волочіння, її величину визначають як об'єм тригранної призми, параметри якої наведені на рис. 3.

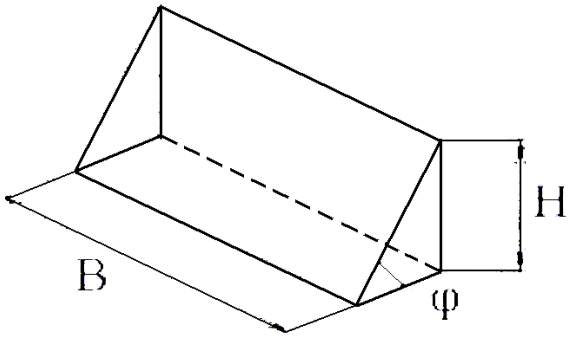

Рис. 3. Розрахункова схема форми призми волочіння для визначення її об'єму

Тоді

$$W_B = \frac{\gamma_p g B H^2 \cos^2 \alpha\mu}{2tg\varphi_0}, \tag{4}$$

де α – кут різання ґрунту; μ – коефіцієнт тертя ґрунту по сталі.

Величину сили тертя леза ножа визначають за емпіричною формулою

$$W_Л = 0{,}3W_{p1}. \tag{5}$$

З врахуванням значень складових загальний опір копання ґрунту відвалом бульдозера на кінцевій стадії визначається за формулою

$$W_B = 1{,}3\kappa_1 Bh + \frac{\gamma_p g B H^2}{2tg\varphi_0}\left(\mu_1 + \cos^2 \alpha\mu\right). \tag{6}$$

Аналіз даної формули показує, що вона не відображає динаміки процесу копання протягом часу формування призми волочіння, а тільки дозволяє визначити орієнтовне значення дотичної складової W_K, коли кількість ґрунту, що вирізається із поверхні забою дорівнює величині втрат ґрунту із призми в бокові валки.

Тому для визначення фактичного значення W_K, динаміки його зміни на протязі всього процесу копання, а також оцінки аналітичних моделей, що використовуються для початкового орієнтовного прогнозу величини навантажень на бульдозерне обладнання, проведені експериментальні дослідження, які дають об'єктивну відповідь на зазначенні питання.

Експериментальні дослідження по визначенню опору руху моделі бульдозера ДЗ-110 проводилися з трьома ножами: 1 – гребінчастий ніж з кутом загострення 20°, 2 – гребінчастий ніж з кутом загострення 45°, 3 – традиційний плоский ніж.

Результати експериментальних досліджень моделі робочого органу наведені на рис. 4, рис. 5, рис. 6, рис. 7, рис. 8, рис. 9.

На рис. 4. наведені графіки залежності опору руху моделі відвала бульдозера від часу руху тензометричного візка для різних ножів при глибині різання h=0,02 м, на рис. 5 – h=0,03 м, на рис. 6 – h=0,04 м.

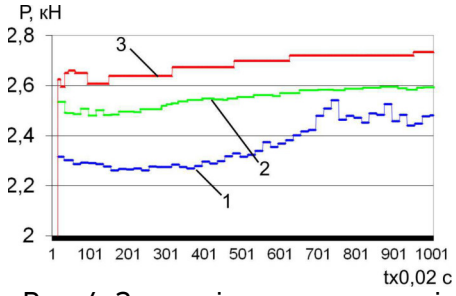

Рис. 4. Залежність опору руху відвала бульдозера від часу роботи (h=0,02 м):
1 – гребінчастий ніж № 1;
2 – гребінчастий ніж № 2;
3 – плоский ніж

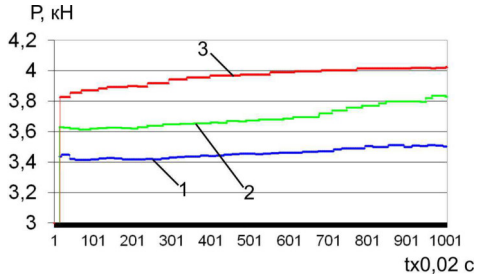

Рис. 5. Залежність опору руху відвала бульдозера від часу роботи (h=0,03м):
1 – гребінчастий ніж № 1;
2 – гребінчастий ніж № 2;
3 – плоский ніж

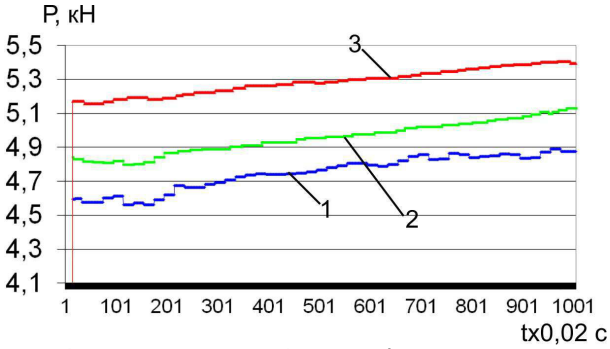

Рис. 6. Залежність опору руху відвала бульдозера від часу роботи (h=0,04 м): 1 – гребінчастий ніж № 1; 2 – гребінчастий ніж № 2; 3 – плоский ніж

Як видно з наведених графіків найменший опір руху моделі робочого органа буде для відвала оснащеного гребінчастим ножем № 1, а найбільший для відвала оснащеного плоским ножем. Особливо різниця помітна на початковому етапі руху, коли сила різання відіграє домінуючу роль в загальному опорі руху бульдозерного обладнання.

На рис. 7...9 наведені графіки залежності опору руху відвала бульдозера від товщини стружки в момент заглиблення у ґрунт, при встановленому різанні ґрунту, та в кінці процесу різання і переміщення ґрунту.

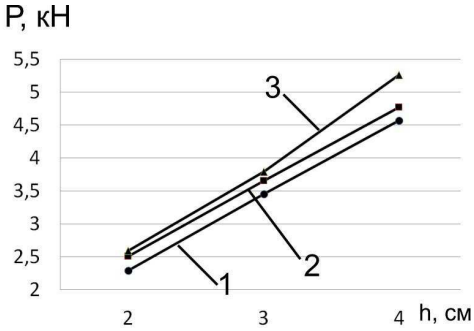

Рис. 7. Графік залежності опору руху відвала бульдозера від товщини стружки в момент заглиблення у ґрунт:
1 – гребінчастий ніж № 1;
2 – гребінчастий ніж № 2;
3 – плоский ніж

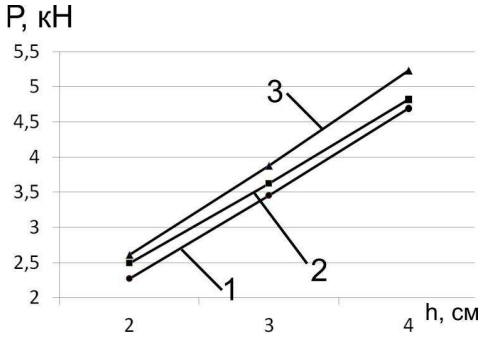

Рис. 8. Графік залежності опору руху відвала бульдозера від товщини стружки при встановленому різання ґрунту:
1 – гребінчастий ніж № 1;
2 – гребінчастий ніж № 2;
3 – плоский ніж

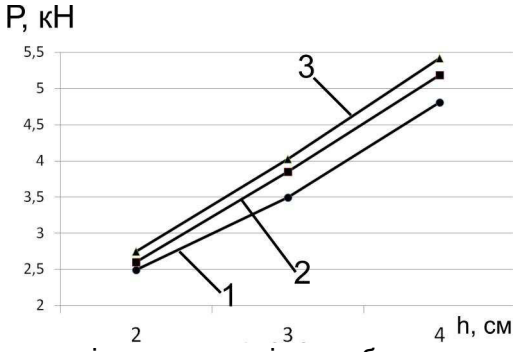

Рис. 9. Графік залежності опору руху відвала бульдозера від товщини стружки в кінці процесу різання і переміщення ґрунту:
1 – гребінчастий ніж № 1; 2 – гребінчастий ніж № 2; 3 – плоский ніж

Як видно з цих графіків, сила опору гребінчастого ножа № 2 в порівнянні із плоским ножем в середньому менша на 7% а гребінчастого ножа № 1 в порівнянні із плоским ножем в середньому на 12%.

В результаті проведення теоретичних і експериментальних досліджень запропонована нова конструкція ріжучого елементу ножа гребінчастого типу з такими геометричними параметрами: кут загострення в межах 18-20°, довжина ріжучого елементу 120 мм, кут гребінки 118-120°. При цьому оптимальний кут різання, залишається незмінним по відношенню до інших (традиційних) конструкцій ножів і залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту.

Отримані техніко-економічні показники, а саме: зростання продуктивності до (12%), зниження до 11% собівартості виконуваних робіт, термін окупності (0,74 р.) і значний економічний ефект підтверджують переваги запропонованого технічного рішення, його актуальність і доцільність впровадження у виробництво.

1. А.С. СССР №1157174, кл. E02F3/76. Отвал бульдозера / А. М. Щемелев Опубліковано 23.05.85. Бюл. № 19. **2.** А.С СССР № 1507919 кл. E02F3/76. Рабочий орган бульдозера / Л. А. Хмара, В. И. Баловнев. Опубліковано 15.09.89. Бюл. № 34. **3.** А.С СССР № 968211 кл. E02F3/76. Бульдозерное оборудование / В. Н. Тарасов, В. В Квалдыков, С. И. Чемлаков. Опубліковано 23.10.82. Бюл. № 39. **4.** А.С СССР № 899772 кл. E02F3/76. Бульдозерное оборудование / А. Г. Дворчидов. Опубліковано 23.01.82. Бюл. № 3. **5.** А.С СССР № 1518458 кл. E02F3/76. Отвал бульдозера / А. И. Эбин, Г. С. Фурто. Опубліковано 30.10.89. Бюл. № 40. **6.** А.С СССР № 787573 кл. E02F3/76. Рабочий орган бульдозера / Л. А. Хмара, В. И. Баловнев. Опубліковано 15.12.80. Бюл. № 46. **7.** А.С СССР № 699144 кл. E02F3/76. Рабочее оборудование землеройной машины / В. П. Попов, А. М. Лукин, В. А. Кацин и др. Опубліковано 25.11.79. Бюл. № 43. **8.** Дьяков В. А., Смагер И. В. Расчет сил сопротивления грунтов резанию // Строительные и дорожные машины. – М., 1985. – № 612 – С. 21–23. **9**. А.С СССР № 1518458 кл. E02F3/76. Отвал бульдозера / А. И. Эбин, Г. С. Фурто. Опубліковано 30.10.89. Бюл. № 40. **10.** Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. – М. : Высшая школа, 1981. – 335 с.

Рецензент: д.т.н., професор Кравець С. В. (НУВГП)

Mobilo L. V., Candidate of Engineering, Associate Professor,
Serilko D. L., Candidate of Engineering, Assistant (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

INVESTIGATION AND ARGUMENTATION OF COMBLIKE BLADE PARAMETERS BELONGING TO EXCAVATING MACHINES

The theoretical and experimental trials of comblike blade performance were conducted. The graphical charts of bulldozer motion resistance allow to confirm the advantages of suggested engineering solution. The new construction of a cutting comblike blade was introduced.
Keywords: **soil, motion resistance, comblike blade, bulldozer.**

Мобило Л. В., к.т.н., доцент, Серилко Д. Л., к.т.н., ассистент
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГРЕБЕНЧАТОГО НОЖА ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Проведены теоретические и экспериментальные исследования работы гребенчатого ножа. Полученные графические зависимости сопротивления движению бульдозера позволяют подтвердить преимущества предложенного технического решения. Предложена новая конструкция режущего ножа гребенчатого типа.
Ключевые слова: **почва, сопротивление движению, гребенчатый нож, бульдозер.**