

УДК 621.872:69.0025

ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТЕЙ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ ҐРУНТУ БУЛЬДОЗЕРОМ НОЖАМИ РІЗНОЇ ФОРМИ

В. С. Петрунін

студент 6 курсу, група МБпм-61, навчально-науковий механічний інститут

Науковий керівник – доцент М. П. Скоблюк

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

Представлені: аналітичні залежності порівняльної характеристики сумарного опору різання ґрунту і енергоємності бульдозера, оснащеного робочим органом з традиційними ножами і з ножами трапецеїдальної форми.

Ключові слова: сили опору, робочий орган, трапецеїдальний ніж, енергоємність процесу різання ґрунту.

Представлены: аналитические зависимости сравнительной характеристики суммарного сопротивления резанию грунта и энергоёмкости бульдозера, оснащенного рабочим органом с традиционными ножами и с ножом трапецеидальной формы.

Ключевые слова: сила сопротивления, рабочий орган, трапецеидальный нож, энергоёмкость процесса резания грунта.

Presented: analytical dependence of the comparative characteristics of the total resistance of soil cutting and bulldozer equipped working body with traditional knives and trapezoidal shape knives.

Keywords: resistance forces, working organ, trapezoidal knife, energy intensity of the soil cutting process.

Нині широкого розвитку набуло дослідження конструкцій відвальних робочих органів бульдозерів з метою зниження сумарної сили різання при копанні відвалами, оснащеними ножами різної форми.

Останні теоретичні і експериментальні дослідження, які присвячувались вирішенню задачі зниження сумарної сили різання при копанні ґрунту відвальними робочими органами бульдозера з використанням різних типів ножів недостатньо обґрунтовують їх конструктивні і технологічні параметри, а також їх переваги перед іншими типами ріжучих елементів [1].

Методика досліджень. Невирішеною частиною загальної проблеми зниження сумарної сили різання при копанні ґрунту відвальними робочими органами бульдозерів залишаються питання аналітичного визначення сумарної сили різання при застосуванні виступаючого середнього ножа трапецеїдальної форми.

Завдання статті полягає у проведенні теоретичних досліджень для визначення сумарного опору різання ґрунту відвалами бульдозера з традиційними ножами і з виступаючим ножом трапецеїдальної форми.

Для аналізу ефективності використання трапецеїдальних ножів проведемо порівняльну характеристику сумарного опору різання і енергоємності бульдозера оснащеного робочим органом з традиційними ножами і з ножами трапецеїдальної форми.

Виникаюча наприкінці копання результуюча сил опору P складається із сил $P_{\text{коп}}$ опору

копанню й $R_{пер}$ переміщенню машини (рисунок, д) [2; 3]:

$$P = P_{кон} + R_{пер}, \quad (1)$$

Сила опору копанню ґрунту бульдозером:

$$P_{кон} = P_{різ} + P_{np} + P_{mp1} + P_{mp2} \quad (2)$$

Сила опору ґрунту різанню (рисунок а, б)

$$P_{різ} = k_{ppз} \cdot B_{від} \cdot h, \quad (3)$$

де $k_{ppз}$ – питомий опір різанню, кН/м².

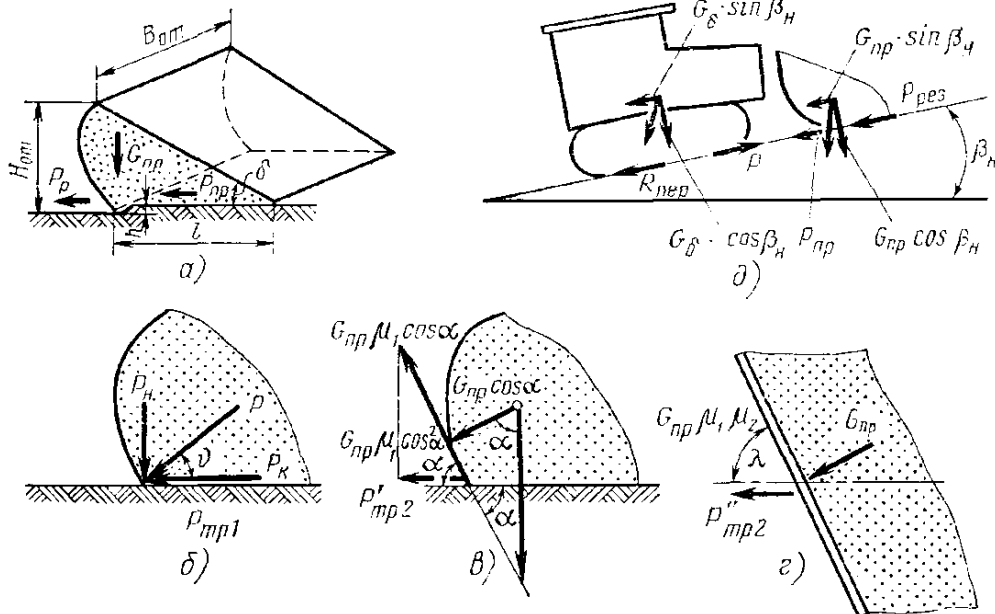


Рисунок. Схема до визначення сили опору копанню ґрунту бульдозером

Сила опору від переміщення призми волочіння (рисунок, д):

$$P_{np} = G_{np} \cdot \mu_2 = q_{np} \cdot g \cdot \rho_z \cdot (\mu_2 \cdot \cos \beta_n + \sin \beta_n), \quad (4)$$

де μ_2 – коефіцієнт тертя ґрунту об ґрунт.

Об'єм ґрунту в призмі волочіння q_n , який залежить від геометричних розмірів відвала й властивостей ґрунту, визначають відповідно до рисунку а:

$$q_{np} = F_{np} \cdot B_{від} / k_{np}, \quad (5)$$

де k_p – коефіцієнт розпушення; F_{np} – площа поперечного перерізу призми, дорівнює

$$F_{np} = \frac{(H_{від} - h) \cdot l}{2} = \frac{(H_{від} - h)^2}{2 \tan \delta}, \quad (6)$$

де $H_{від}$ – висота відвала; δ – кут природного відкоса ґрунту, градус.

Тоді

$$q_{np} = \frac{(H_{від} - h)^2 B_{від}}{2 \tan \delta \cdot k_p} = \frac{(H_{від} - h)^2 B_{від}}{2 \cdot k_{np}}; \quad (7)$$

$$k_{np} = 2 \tan \delta \cdot k_p \quad (8)$$

Сила опору від тертя ножа по ґрунті P_{mp1} (рисунок, б) дорівнює

$$P_{mp1} = (G_o + P_n) \cdot \mu_1 = (G_o + P_k \cdot \operatorname{tg} \nu) \cdot \mu_1, \quad (9)$$

де μ_1 – коефіцієнт тертя відвала об ґрунт; ν – кут нахилу результуючої сили опору.

Сила опору від тертя ґрунту при русі його вгору по відвалу (рисунок, в)

$$P_{mp2} = G_{np} \cdot \mu_1 \cdot \cos^2 \alpha \quad (10)$$

Питома енергоємність процесу різання ґрунту бульдозером в кінцевому вигляді записується наступним чином:

$$P_{\Sigma} = \left(k_{piz} \cdot B_{eid} \cdot h + \frac{(H_{eid} - h)^2 B_{eid}}{2 \operatorname{tg} \delta \cdot k_p} \cdot g \cdot \rho_z \cdot \mu_2 + \right. \\ \left. + (m_0 \cdot g + P_k \cdot \operatorname{tg} \nu) \cdot \mu_1 + \frac{(H_{eid} - h)^2 B_{eid}}{2 \operatorname{tg} \delta \cdot k_p} \cdot g \cdot \rho_z \cdot \mu_1 \cdot \cos^2 \alpha \right) \quad (11)$$

З урахуванням трапецеїдального ножа, встановленого в середній секції відвала, сумарний опір різанню ґрунту набере наступного вигляду:

$$P_{\Sigma} = \left(k_{piz} \cdot (B_{eid} - b_2) \cdot h + \gamma \cdot m_{ce} (b_1 + h \cdot \operatorname{ctg} \phi_1) \cdot h + \frac{(H_{eid} - h)^2 B_{eid}}{2 \operatorname{tg} \delta \cdot k_p} \cdot g \cdot \rho_z \cdot \mu_2 + \right. \\ \left. + (m_0 \cdot g + P_k \cdot \operatorname{tg} \nu) \cdot \mu_1 + \frac{(H_{eid} - h)^2 B_{eid}}{2 \operatorname{tg} \delta \cdot k_p} \cdot g \cdot \rho_z \cdot \mu_1 \cdot \cos^2 \alpha + \right. \\ \left. + \frac{(H_{eid} - h)^2 \cdot (B_{eid} - b_2)}{2 \operatorname{tg} \delta \cdot k_p} \cdot g \cdot \rho_z \cdot \mu_1 \cdot \cos^2 \alpha_2 \right) \quad (12)$$

Вихідні дані для порівняльного розрахунку занесені в табл. 1. Відповідно до цих даних проводимо порівняльний розрахунок традиційного відвала бульдозера важкого класу тяги і відвала оснащеного ножом трапецеїдальної форми в середній секції.

Таблиця 1

Вихідні дані

Параметри	Позначення	Числове значення
Питомий опір різанню, кН/м ²	k_{piz}	150
Ширина відвала, м	B_{eid}	5,6
Висота відвала, м	H_{eid}	2,3
Заглиблення відвала, м	h	0,2
Кут природного відкоса ґрунту, градус	δ	45
Коефіцієнт розпушення	k_p	1,4
Прискорення вільного падіння, Н/м·с ²	g	9,81
Щільність ґрунту, кг/м ³	ρ_z	1600
Коефіцієнт тертя ґрунту об ґрунт	μ_2	0,5
Маса робочого обладнання, т	m_0	14
Питомий опір від затуплення	P_k	1000
Кут нахилу результуючої сили опору, град	ν	35
Коефіцієнт тертя відвала об ґрунт	μ_1	0,5
Кут різання, град	α	55
Коефіцієнт збереження ґрунту	k_p	0,9

продовження табл. 1

Коефіцієнт урахування впливу схилу	k_p	1,6
Ширина ріжучої кромки ножа, м	b_1	1,5
Ширина ножа, м	b_2	0,5
Кут різання трапецеїдального ножа, град	α_2	60
Коефіцієнт, що враховує кут різання;	γ	0,9
Питома сила вільного різання при куті різання 45 град, МПа	$m_{св}$	0,175
Кут нахилу бокових граней ножа, град	φ_1	50

Отримані розрахунки питомої енергоємності процесу різання ґрунту на основі визначеного сумарного опору різання ґрунту по залежностях (11) і (12) зводимо в порівняльну таблицю 2.

Таблиця 2

Питома енергоємність процесу різання ґрунту

Показник	Традиційний відвал	Відвал з трапецеїдальним ножом	%
Енергоємність, кН	454,72	422,23	7,15

Аналізуючи дані, отримані теоретичним шляхом, можемо зробити висновок, що використання відвальних робочих органів з трапецеїдальним ножом, в середній секції, знижує енергоємність копання ґрунту на 7,15% при використанні їх на бульдозерах важкого класу тяги.

Досліджуючи вплив параметрів трапецеїдального ножа на сумарну силу різання ґрунту, виявлено, що найбільший вплив для ножів у яких $H_{нт} / H = 1$, має кут нахилу бокових граней, провівши оптимізацію залежності встановлено, що оптимальні значення цього кута знаходяться в межах 47-50 градусів.

Для ножів у яких $H_{нт} / H = 0,3 - 0,5$ найбільший вплив на сумарну силу різання має ширина ріжучої кромки, після оптимізації залежності сили різання від ширини ріжучої кромки було встановлено, що оптимальні значення ширини знаходяться в межах 0,2-0,5 м.

Отже, використовуючи бульдозерні ножі трапецеїдальної форми, варіюючи певними їх параметрами, а саме кутом нахилу бокових граней і шириною ріжучої кромки, в оптимальних межах ми можемо досягти значного зменшення сумарного опору різання ґрунту бульдозерним відвалом, підвищити ефективність використання бульдозерів та знизити енергоємність процесу копання ґрунту.

Список використаних джерел:

1. Баловнев В. И., Хмара Л. А. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве. М. : Транспорт, 1993. 383 с.
2. Ветров Ю. А. Резание грунтов землеройными машинами. М. : Машиностроение, 1971. 360 с.
3. Машины для земляных работ : учебник / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, М. П. Скоблюк та ін. ; за заг. ред. д.т.н., проф. Л. А. Хмари та С. В. Кравця. Х. : ХНАДУ, 2014. 548 с.