

УДК 621.878.23

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО БУЛЬДОЗЕРА З ТРИСЕКЦІЙНИМ ВІДВАЛОМ З НАХИЛЕНИМИ ОСЯМИ ШАРНІРІВ З'ЄДНАННЯ БОКОВИХ СЕКЦІЙ

ХМАРА Л. А.¹, *д.т.н., проф.*,
КРЕКНІН К. А.², *інженер.*

¹ Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (067) 585-26-59, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID ID 0000-0003-3050-9302.

² Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (063) 653-25-99, e-mail: kirmeh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1812-7400.

Анотація. Постановка проблеми. Представлено конструктивне рішення бульдозерного обладнання підвищеної ефективності, оснащене двома бічними секціями шарнірно встановленими під кутом відносно до центральної вертикальної вісі симетрії, розроблено на основі експериментально-теоретичних досліджень, виконаних на кафедрі будівельних та дорожніх машин Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Вказані області раціонального використання запропонованої конструкції бульдозерного агрегату і обґрунтована їх перевага перед відомими технічними рішеннями.

Ключові слова: бульдозер, трисекційний відвал, підвищення ефективності, експериментальні дослідження

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО БУЛЬДОЗЕРА С ТРЕХСЕКЦИОННЫМ ОТВАЛОМ С НАКЛОННЫМИ ОСЯМИ ШАРНИРОВ СОЕДИНЕНИЯ БОКОВЫХ СЕКЦИЙ

ХМАРА Л. А.¹, *д. т. н., проф.*,
КРЕКНИН К. А.², *инженер.*

¹ Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (067) 585-26-59, E-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302

² Кафедра строительных и дорожных машин, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепр, Украина, тел. +38 (063) 653-25-99, e-mail: kirmeh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1812-7400.

Аннотация. Постановка проблемы. Представлено конструктивное решение бульдозерного оборудования повышенной эффективности, оснащенное двумя боковыми секциями шарнирно соединенными под углом относительно к центральной вертикальной оси симметрии разработанное на основе экспериментально-теоретических исследований, выполненных на кафедре строительных и дорожных машин Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. Указаны области рационального использования предложенной конструкции бульдозерного агрегата и обосновано их преимущество перед известными техническими решениями.

Ключевые слова: бульдозер, трехсекционный отвал, повышение эффективности, экспериментальные исследования

EXPERIMENTAL RESEARCH INNOVATION BULLDOZER BY A TRIPLEX BLADE, WITH INCLINATIONED AXES HINGES OF SIDE SECTIONS

КНМАРА Л. А.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
КРЕКНИН К. А.², *engineer.*

¹ Department of Building and Travelling of machines (BTM), State Higher Educational Establishment (SHEE) "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", st. Chernyshevsky, 24-A, 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (067) 585-26-59,

e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302

² Department of Building and Travelling of machines (BTM), State Higher Educational Establishment (SHEE) "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", st. Chernyshevsky, 24-A, 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (063) 653-25-99, e-mail: kirmeh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1812-7400.

Summary. Raising of problem. Conventional designs of bulldozer equipment of increased efficiency equipped with two lateral sections hingely installed with the angle according to the central vertical symmetry axis worked out on the basis of experimental and theoretical studies accomplished at Construction and Road Machinery Department of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture (PSACEA) have been presented in this work. The study specifies the fields of sustainable use of bulldozer aggregate constructions and the scientifically grounded advantages to well-known technical solutions.

Key words: bulldozer, three sectional breasts, efficiency, experimental studies

Постановка проблеми. Масове використання бульдозерних агрегатів в різних галузях будівництва потребує постійного удосконалення їх конструкції та технологічних показників. Найбільш важливим елементом цих машин є робоче обладнання, досконалість якого визначає ефективність цих агрегатів. Одним із перспективних напрямів удосконалення робочого обладнання бульдозерів є застосування трисекційних шарнірно – з’єднаних відвалів. Особливо це відноситься до трисекційних відвалів з нахиленими в поперечній площині осями шарнірів, що потребує більш детального аналізу форми та об’єму ґрунту в накопичувальному режимі роботи.

Аналіз науково – технічної інформації показав, що в останніх розробках визначилася тенденція вдосконалення бульдозерів за рахунок оснащення їх відвалів різними додатковими пристроями, сприяючими збільшенню продуктивності і розширенню технологічних можливостей. Одним із перспективних напрямів удосконалення робочого обладнання бульдозерів є застосування трисекційних шарнірно – з’єднаних відвалів.

Незважаючи на очевидні переваги трисекційних відвалів бульдозерів, широке застосування такого

обладнання стримується відсутністю досліджень і практичних рекомендацій по визначенню раціональних конструктивних параметрів і режимів роботи в процесі експлуатації.

Мета статті полягає в експериментальній оцінці впливу деяких факторів на режим роботи і геометричні параметри шарнірно – з’єднаних бокових секцій, які забезпечують зменшення втрат ґрунту в бокові валки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: вибрати метод дослідження; розробити методику експериментальних досліджень; розробити і виготовити необхідне обладнання; виконати експериментальні дослідження залежності маси втрат ґрунту в бокові валки і дотичної складової опору ґрунту копанню від геометричних параметрів шарнірно – з’єднаних бокових секцій і режимів копання ґрунту; обробити та проаналізувати результати дослідження і дати практичні рекомендації.

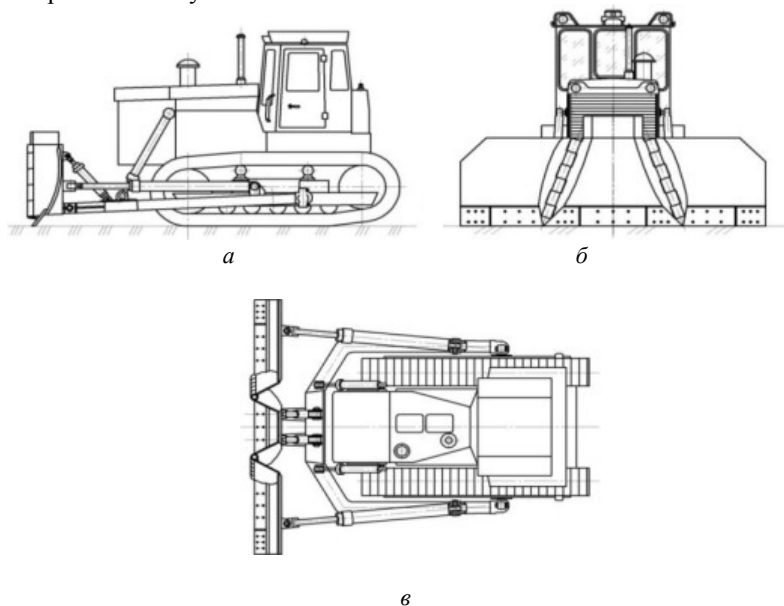


Рис. 1. Конструкція бульдозера с трисекційним шарнірно – з’єднаним відвалом з нахиленими осями шарнірів повороту бокових секцій: а - фронтальна проекція; б - профільна проекція; в - горизонтальна проекція

Основний матеріал. Трисекційний відвал з нахиленими осями бокових секцій, конструкція якого показана на рис. 1, є спеціалізованим бульдозерним обладнанням, що дозволяє ефективно здійснювати деякі профілювальні операції при виконанні земляних робіт, зберігаючи можливість реалізації традиційного, накопичувального, шляхопрокладального та грейдерного режимів роботи.

При проектуванні таких відвалів необхідно враховувати конструктивні та кінематичні особливості складових частин, які визначають форму лобової (внутрішньої) частини та максимальну кількість ґрунту, що може накопичуватись перед ними. Особливість кінематики шарнірно – з’єднаних

відвалів з нахиленими осями полягає в тому, що при повороті бокових секцій вперед, леза їхніх ножів нахилиються відносно леза середньої секції вниз під кутом β , як показано на рис. 2, а лобові частини нахилиються вперед, суттєво впливаючи на фронтальну проекцію робочого органу. Основними конструктивними параметрами робочого органу в відповідності до схеми є: довжина нижньої частини центральної секції a , довжина нижньої частини бокових секцій l , висота робочого органу H , кут повороту бокових секцій β , бокові секції розташовані відносно вертикалі під кутом α .

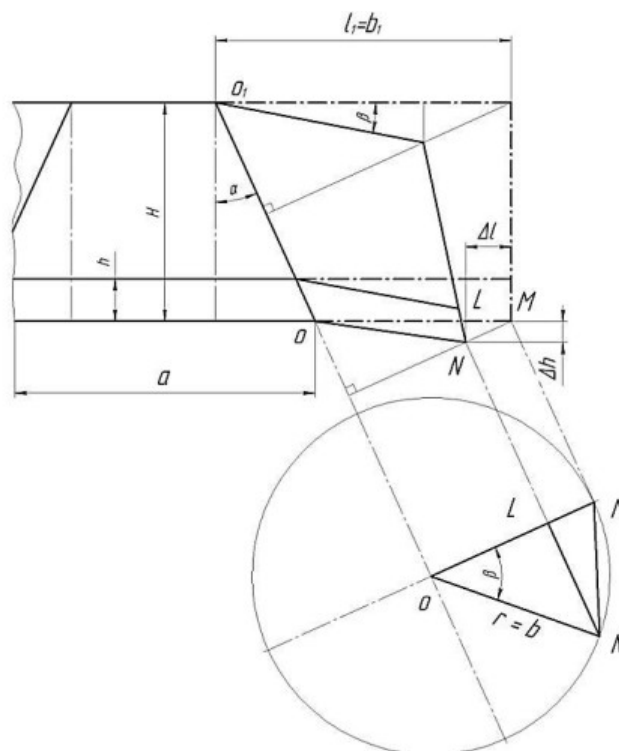


Рис. 2. Схема фронтальної проекції трисекційного відвала з нахиленими осями шарнірів бокових секцій

Експериментальні дослідження втрат ґрунту в бокові валки і дотичної складової опору ґрунту копання трисекційного відвала були проведені в лабораторних умовах кафедри будівельних та дорожніх машин ПДАБА методами фізичного моделювання. Об’єктом дослідження були прийняті фізичні моделі трисекційного робочого обладнання бульдозера, виконані в масштабі $K_1 = 10$ і оснащенні шарнірно – з’єднаними боковими секціями. Дослідження проводилися на стенді для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ з використанням методики раціонального планування експерименту. В якості ґрунтового середовища були прийняті ґрунти II – III категорії, які моделювалися пісочно - глинистою сумішшю, яка складається з кварцового піску на 85% і лісовидного суглинку. Необхідні фізико – механічні властивості модельованого

ґрунтового середовища досягалися її зволоженням і ущільненням.

Показниками поверхні відгук прийняті маса втрат ґрунту в бокові валки m_n і дотична складова опору ґрунту копання P_{01} , а впливаючими факторами - кут шарніра відносно вертикалі $\alpha_{ш}$, поворот секцій відносно шарнірів β_c , товщина стружки $h_{стр}$ і щільність ґрунту, яка вимірюється числом ударів моделі ударника ДорНІ Суд. Рівні варіювання перерахованих факторів приведені в табл. 1.

Для дослідження процесу копання трисекційного відвала бульдозера пропонується використовувати рототабельний центральний композиційний план другого порядку для 4 – х факторів з довірчою ймовірністю 0.95, що складається з 31-ї точки N : шістнадцяти точок ядра - n_n ; восьми «зіркових» точок та семи точок в центрі плану (табл.2). Ядро плану

складається зміною факторів на двох рівнях, а «зіркові» точки будуються на осях координат, визначаючи величину «зіркового» плеча α (відстань від нульової точки до «зіркової» по осі координат) за формулою $\alpha = 2^{k/4}$ та дорівнює 2,00.

Цей план найбільш повно описує процес взаємодії трисекційного відвала бульдозера з модельованим середовищем.

Значення факторів задавалися налаштуванням моделі трисекційного відвала бульдозера, а також відповідною обробкою ґрунтового середовища.

В залежності від товщини вирізаємої стружки вибираємо довжину шляху копання: при $h_{стр1} = 0,5 \text{ см}$ - $L_{k1} = 200 \text{ см}$; $h_{стр2} = 1 \text{ см}$ - $L_{k2} = 100 \text{ см}$; $h_{стр3} = 1,5 \text{ см}$ - $L_{k3} = 57,28 \text{ см}$; $h_{стр4} = 2 \text{ см}$ - $L_{k4} = 50 \text{ см}$; $h_{стр5} = 2,5 \text{ см}$ - $L_{k5} = 34,37 \text{ см}$

Таблиця 1

Рівні варіювання факторів

Фактори	Код. знач.	Рівні варіації					Інтервал варіювання
		-2	-1	0	+1	+2	
α – кут шарніра відносно вертикалі, град.	X_1	0	10	20	30	40	10
β – поворот секцій відносно шарнірів, град.	X_2	0	10	20	30	40	10
Суд – щільність ґрунта	X_3	1	3	5	7	9	2
$h_{стр}$ – товщина стружки, см	X_4	0,5	1	1,5	2	2,5	0,5

Таблиця 2

Матриця планування чотирифакторного рототабельного центрального композиційного плану експерименту

Номер	X_1	X_2	X_3	X_4
1	2	3	4	5
1	-	-	-	-
2	+	-	-	-
3	-	+	-	-
4	+	+	-	-
5	-	-	+	-
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	-
9	-	-	-	+
10	+	-	-	+
11	-	+	-	+
12	+	+	-	+
13	-	-	+	+
14	+	-	+	+
15	-	+	+	+
16	+	+	+	+
17	-2,00	0	0	0
18	+2,00	0	0	0
19	0	-2,00	0	0
20	0	+2,00	0	0
21	0	0	-2,00	0
22	0	0	+2,00	0
23	0	0	0	-2,00
24	0	0	0	+2,00
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0



а



г



б



д



в



е

Рис 3. Фізична модель трисекційного шарнірно – з'єднаного відвала на стенді для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ: а – вид спереду, бокові секції повернуті вперед під кутом 30°; б – вид спереду, відвал в традиційному режимі; в – процес копання ґрунту, вид зверху, бокові секції повернуті вперед під кутом 30°; г, д - процес копання ґрунту, вид збоку, бокові секції повернуті вперед під кутом 30°; е – тензометричний ресстратор Tenzo - M8

Висновки. Виконаний аналіз форми та об'єму ґрунту, що накопичується перед відвалом на заключній фазі копання дозволяє, на стадії

проектування, прогнозувати ефективність технічних рішень в залежності від зміни тих чи інших параметрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Машины для земляных работ: Пѣдручник / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, М. П. Скоблюк та ін.; за заг. ред. д.т.н., проф. Л. А. Хмари та д.т.н., проф. С. В. Кравця. – Х.: ХНАДУ, 2014. – 548 с.
2. Машины для земляных работ: Навчальний посѣбник / Хмара Л. А., Кравець С. В., Нічке В. В., Назаров Л. В., Скоблюк М. П., Нікітін В. Г. Пѣд загальною редакцією проф. Хмари Л. А. та проф. Кравця С. В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
3. Хмара Л.А. Исследование процесса копания и повышение эффективности рабочих процессов отвалов бульдозеров / Л.А. Хмара, В.Б. Коротких // Повышение эффективности землеройных машин. Материалы респ. конф. - Воронеж, - 1992. – С. 11.
4. Хмара Л.А. Определение производительности бульдозеров с учетом времени на операцию заглѣбления отвала / Л.А. Хмара, В.Б. Коротких // Научные основы строительства. Сборник научных трудов. - Киев, -1993 –с. 207.
5. Хмара Л.А. Научные основы формирования многокомпонентных рабочих органов землеройных машин. Интенсификация рабочих процессов строительных машин: Сб. Науч. трудов. Вып. 4. Машины для земляных работ. – Дн-вск: ПГАСА, 1998. – С. 14 – 21.
6. Хмара Л.А., Деревянчук М.І., Крекнін К.А. Аналітичне визначення об'єму призми волочиння трисекційних бульдозерних відвалів в накопичувальному режимі роботи // Сб. науч. тр. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: подъемно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. Выпуск 63, 2011. – С. 36 – 42.
7. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 263с.
8. Хмара Л.А. Теоретичні дослідження форми і об'єму призми волочиння трисекційних відвалів в накопичувальному режимі роботи / Л.А. Хмара, М.І. Деревянчук, М.В. Кульчицький // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Вып. 46. – Дн-ск: ПГАСА, 2008. – С. 39 – 49.

REFERENCES

1. Mashini dlya zemlyanih robot: Pidruchnik [Machines for earthmovings: Textbook]/ L. A. Khmara, S. V. Kravets, M. P. Skoblyuk ta in.; za zag. red. d.t.n., prof. L. A. Khmari ta d.t.n., prof. S. V. Kravtsya. - H.: HNADU, 2014. - 548 p.
2. Mashini dlya zemlyanih robot: Navchalnyi posibnik [Machines for earthmovings: train aid] / Khmara L. A., Kravets S. V., NIchke V. V., Nazarov L. V., Skoblyuk M. P., Nikitin V. G. Pid zagalnoyu redaktsieyu prof. Khmara L. A. ta prof. Kravtsya S. V. Rivne -Dnipropetrovsk - Kharkiv. 2010. - 557 p.
3. Khmara L. A. Issledovaniya prothesa kopaniya i povisheniya affektivnosti rabochih protsesov otvalov buldozerov [Research digging process and improve the efficiency of work processes dozer blade]/ L. A. Khmara, V.B. Korotkih // Povishenie ejjektivnosti zemlerojnih mashin. Materialu resp. konf., Voroneg, 1992. – 11 p.
4. Khmara L. A. Opredelenie proizvoditelnosti buldozerov s uchetom vremeny na operatsiyu zaglublennya otvala [Determination bulldozers performance, taking into account the time for the operation of penetration blade]/ L.A. Khmara, V.B. Korotkih // Nauchnie osnovu stroitelstva. Sb. nauch. tr. – Kiev, - 1993 – 207 p.
5. Khmara L. A. Nauchnie osnovi formirovaniya mnogokomponentnih rabochih organov zemlerojnih mashin. [Scientific bases of formation of the multicomponent working bodies of earth-moving machines.] Intensifikaciya rabochih processov stroitelnih mashin: . Sb. nauch. tr. Vip. 4. Mashini dlya zemljnih robot. - Dn-vsk: PGASA, 1998. – pp. 14 – 21.
6. Khmara L. A. *Analityichne vyznachennja obemu pryizmu volochinnja trusekcijnih buldozernyih vidvaliv v nakopyichuvalnomu reshyimi roboty* [Theoretical studies of volume of prisms three-section bulldozer drawing heaps in accumulation mode] / Khmara L. A., Derevjanchuk M. I., Kreknin K. A. // Sb. nauch. tr. Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Vyip. 63. – Dn-vsk: PGASA, 2011. – pp. 36 – 42.
7. Tihomirov V.B. Planirovanie i analiz eksperimenta [Planning and analysis of the experiment] – M.: Legkaya industriya, 1974. – 263 p.
8. Khmara L. A. *Teoretyichni doslidzhennja formy i obemu pryizmu volochinnja trusekcijnih vidvaliv v nakopyichuvalnomu reshyimi roboty* [Theoretical studies of shape and volume of prisms three-section drawing heaps in accumulation mode] / Khmara L. A., Derevjanchuk M. I., Kulchitskij M. V. // Sb. nauch. tr. Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Vyip. 33. – Dn-vsk: PGASA, 2008. – pp. 39 – 49.