

УДК 621.878.6

РАЦИОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ КОВША СКРЕПЕРА З НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ

ХМАРА Л. А.¹, д.т.н., проф.СПІЛЬНИК М. А.^{2*}, к.т.н., ас.

¹ Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, +38067-585-26-59, E-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302

^{2*} Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, Дніпропетровськ, 49005, Україна, +38093-718-15-38, E-mail: mikespl777@gmail.com, ORCID 0000-0001-6990-1382

Анотація. *Постановка проблеми* Робочий процес скрепера включає в себе набір ґрунта, транспортування його до місця відсіпки та розвантаження. Збільшення кількості ґрунта, який завантажується у ківш скрепера за рахунок його ущільнення, призводить до суттєвого підвищення опору наповненню ковша, а так, до необхідності підвищення тягового класу трактора-штовхача. Збільшення об'єму ковша за рахунок його подовження або збільшення висоти в умовах обмеження ширини також не дає позитивного результату, оскільки це призводить до утворення порожнин в задній частині ковша і різкому підвищенню опору наповненню. Аналізуючи конструкційні особливості вдосконалення ковша скрепера, слід відзначити тенденцію, спрямовану на підвищення ефективності заповнення ковша. При цьому не розглядається проблема розвантаження ґрунту з ковша скрепера, яка також вимагає додаткових енерговитрат. Підвищення ефективності процесу розвантаження може бути досягнуто за рахунок вдосконалення форми елементів ковша, конструкції. Необхідно знайти раціональну конструкцію ковша скрепера, а у відповідності до цього його геометричні розміри. Тому пошук нових конструктивних рішень в даному напрямку є актуальною задачею. *Аналіз публікацій.* На характер заповнення ковша ґрунтом впливають властивості і стан ґрунту, товщина стружки, форма і установка ножа та параметри, які визначають геометричну форму ковша, а саме: ширина ковша, співвідношення між шириною різання і шириною ковша, висота ковша, довжина і поздовжній профіль ковша, форма днища та задньої стінки та т.п. *Мета статті.* Визначення раціональних параметрів ковша скрепера з напівкруглим днищем та задньою стінкою маятникового типу на основі показників енергоємності процесу копання та розвантаження ґрунту. *Висновки:* Проведено аналіз процесу розвантаження ковша скрепера з напівкруглим днищем, який обладнано $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн}} \text{ нпд}$, м, $R_{2,2} = (0,8 \dots 0,9) H_{\text{зс}}$, м; і відповідною системою привода, результати якого дозволяють розрахувати залежність зміни маси ґрунту від положення ЗС ковша щодо довжини днища скрепера, а також значення зусиль, необхідних для його розвантаження, які зменшуються у порівнянні з традиційною конструкцією на 30...40%.

Ключові слова: заповнення, розвантаження, скрепер, підвищення ефективності, раціональні параметри.

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОВША СКРЕПЕРЫ С ПОЛУКРУГЛЫМ ДНИЩЕМ

ХМАРА Л. А.¹, д.т.н., проф.СПИЛЬНИК М. А.^{2*}, к.т.н., асс.

¹ Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепропетровск, 49005, Украина, +38067-585-26-59, E-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID 0000-0003-3050-9302

^{2*} Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепропетровск, 49005, Украина, +38093-718-15-38, E-mail: mikespl777@gmail.com, ORCID 0000-0001-6990-1382

Анотация. *Постановка проблемы* Рабочий процесс скрепера включает в себя набор ґрунта, транспортировки его к месту отсыпки и разгрузки. Увеличение количества ґрунта, который загружается в ковш скрепера за счет его уплотнения, приводит к существенному повышению сопротивления наполнению ковша, а так, к необходимости повышения тягового класса трактора-толкача. Увеличение объема ковша за счет его продления или увеличения высоты в условиях ограничения ширины также не дает положительного результата, поскольку это приводит к образованию пустот в задней части ковша и резко повышает сопротивление наполнению. Анализируя конструкционные особенности совершенствования ковша скрепера, следует отметить тенденцию, направленную на повышение эффективности заполнения ковша. При этом не рассматривается проблема разгрузки ґрунта из ковша скрепера, которая также требует дополнительных энергозатрат. Повышение эффективности процесса разгрузки может быть достигнуто за счет совершенствования формы элементов ковша, конструкции. Необходимо найти рациональную конструкцию ковша скрепера, а в соответствии с этим его геометрические размеры. Поэтому поиск новых конструктивных решений в данном направлении является актуальной задачей. *Анализ публикаций.* На характер заполнения ковша ґрунтом влияют свойства и состояние почвы, толщина стружки, форма и установка ножа и параметры, которые определяют геометрическую форму ковша, а именно: ширина ковша, соотношение между шириной резки и шириной ковша, высота ковша, длина и продольный профиль ковша, форма днища и задней стенки и т.п. *Цель статьи.* Определение рациональных параметров ковша скрепера с полукруглым днищем и задней стенкой маятникового типа на основе показателей энергоёмности процесса копания и разгрузки почвы. *Выводы:*

Проведен анализ процесса разгрузки ковша скрепера с полукруглым днищем, оборудованный $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, м, $R_{2,2} = (0,8...0,9) H_{\text{зс}}$, м; и соответствующей системой привода, результаты которого позволяют рассчитать зависимость изменения массы почвы от положения ЗС ковша относительно длины днища скрепера, а также значение усилий, необходимых для его разгрузки, которые уменьшаются по сравнению с традиционной конструкцией на 30 ... 40%.

Ключевые слова: заполнение, разгрузка, скрепер, повышение эффективности, рациональные параметры.

RATIONAL PARAMETERS OF SCRAPER BUCKET WITH ROUND BOTTOM

KHMARA L. A.¹, *Doctor of Technical Sciences, Professor.*

SPILNIK M. A.^{2*}, *Ph.D. asst.*

¹ Department of Building and road machines. State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (093) 267-03-86, e-mail: leonidkharma@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302.

^{2*} Department of Building and road machines. State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", str. Chernishevskogo, 24-a, Dnepropetrovsk, 49005, Ukraine, +38093-718-15-38, E-mail: mikespl777@gmail.com, ORCID 0000-0001-6990-1382

Abstract. Problem. The scraper workflow includes a set of soil, transporting to the place of stacking and unloading. Increasing the number of soil that is loaded into the bucket scraper by compaction leads to a significant increase in resistance to filling the bucket, and so need to increase traction class tractor-pusher. Increasing the volume of the bucket due to its extension or increasing in height in terms of width restriction also does not give a positive result because it leads to the formation of cavities in the back of the bucket and a sharp increasing resistance to filling. Analyzing the design features of improving scraper bucket should be noted trend toward increasing the efficiency of filling the bucket. The problem in unloading process of soil is not scraper which also requires additional energy. Improving the efficiency of unloading can be achieved by improving the shape elements bucket design. Need to find a rational construction scraper, and according to this its geometric dimensions. Therefore, the search for new design solutions in this area is an urgent task. **Analysis publications.** The nature of the filling of the bucket soil affect the properties and condition of the soil, the thickness of the chip, shape and setting of the knife and the parameters that define the geometric shape of the bucket, namely, the width of the bucket, the ratio between the width of the cutting and the width of the bucket, the height of the bucket, the length and longitudinal profile bucket form the bottom and the back wall, etc. **The purpose of the article.** Determination of rational parameters scraper with a semicircular bottom and rear wall pendulum-type on the basis of energy intensity and unloading process of digging the soil. **Conclusions:** The analysis of the process of unloading scraper with a semicircular head, equipped $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн нпд}}$, м, $R_{2,2} = (0,8...0,9) H_{\text{зс}}$, м; and that of the drive, the results of which allows to calculate the dependence of the weight of the soil on the position of the armed forces of the length of the bottom of the bucket scraper and value the efforts necessary for its trucks, which are reduced in comparison with traditional design 30 ... 40%.

Keywords: filling, discharging, scraper, efficiency, rational parameters.

Постановка проблеми. Робочий процес скрепера включає в себе набір ґрунта, транспортування його до місця відсіпки та розвантаження. Збільшення кількості ґрунта, який завантажується у ківш скрепера за рахунок його ущільнення, призводить до суттєвого підвищення опору наповненню ковша, а так, до необхідності підвищення тягового класу трактора-штовхача [2, 6]. Збільшення об'єму ковша за рахунок його подовження або збільшення висоти в умовах обмеження ширини також не дає позитивного результату, оскільки це призводить до утворення порожнин в задній частині ковша і різкому підвищенню опору наповненню.

Аналізуючи конструкційні особливості вдосконалення ковша скрепера, слід відзначити тенденцію, спрямовану на підвищення ефективності заповнення

ковша. При цьому не розглядається проблема розвантаження ґрунту з ковша скрепера, яка також вимагає додаткових енерговитрат. Підвищення ефективності процесу розвантаження може бути досягнуто за рахунок вдосконалення форми елементів ковша, конструкції.

Необхідно знайти раціональну конструкцію ковша скрепера, а у відповідності до цього його геометричні розміри. Тому пошук нових конструктивних рішень в даному напрямку є актуальною задачею [7].

Аналіз публікацій. На характер заповнення ковша ґрунтом впливають властивості і стан ґрунту, товщина стружки, форма і установка ножа та параметри, які визначають геометричну форму ковша, а саме: ширина ковша, співвідношення між шириною різання і шириною ковша, висота

ковша, довжина і поздовжній профіль ковша, форма днища та задньої стінки та т.п.[1, 3, 5, 18].

Мета статті. Визначення раціональних параметрів ковша скрепера з напівкруглим днищем та задньою стінкою маятникового типу на основі показників енергоємності процесу копання та розвантаження ґрунту.

Основний матеріал. Експериментальні дослідження процесу копання і розвантаження скрепера, обладнаного напівкруглим днищем і задньою стінкою маятникового типу, проводилися на стенді для фізичного моделювання робочих процесів землерийно-транспортних машин кафедри БДМ ДВНЗ ПДАБА [8].

Виходячи з геометричних розмірів моделі обрані: одне днище традиційного типу і три напівкруглі днища рівні $R_{1,3} = L_{\text{дн}} / 2$, мм, $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн}} / \text{нпд}$, мм, $R_{1,1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн}} / \text{нпд}$, мм, які відповідали технологічними параметрами скрепера [10]. При копанні

ковшем скрепера, глибина копання h , шлях копання L_k , вологість ґрунту, швидкість руху ковша і температура навколишнього середовища залишалися постійними. При дослідженнях копання і розвантаження скреперів з традиційним і напівкруглими типами днищ, вивчалася і маса ґрунту, яка набирається в ківш [10].

Процес заповнення ковшів скреперів супроводжується втратами ґрунту в призму волочіння і в бічні валики. Кількісні втрати ґрунту в призмі волочіння в порівнянні з ковшем традиційного типу, знижуються на 9-20%, в бічних валиках на 5-12%.

Графіки зусилля копання представлені на рисунку 1, в яких площа являє виконану роботу.

З отриманих графіків рисунку 2, в яких площа являє виконану роботу, побудовані гістограми, де взято показники роботи розвантаження та загальні показники (копання та розвантаження) [4].

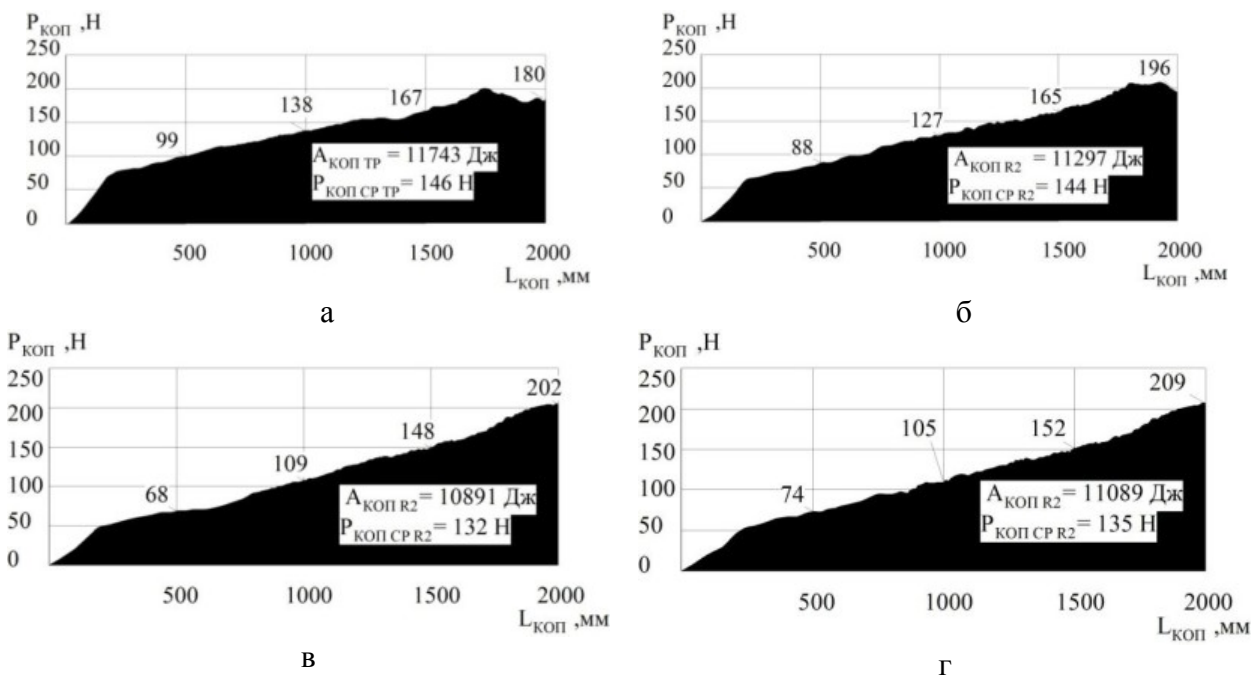


Рис. 1. Графік зміни зусилля копання $P_{\text{коп}}$ по шляху копання $L_{\text{коп}}$:

а - традиційний ківш, $L_{\text{коп}}$; *б* - ківш з НПД, $L_{\text{коп}}$ при $R_{1,3} = L_{\text{дн}} / \text{нпд} / 2$, м; *в* - ківш з НПД $L_{\text{коп}}$ при $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{\text{дн}} / \text{нпд}$, м; *г* - ківш з НПД, $L_{\text{коп}}$ при $R_{1,1} = 0,3 \cdot L_{\text{дн}} / \text{нпд}$, м.

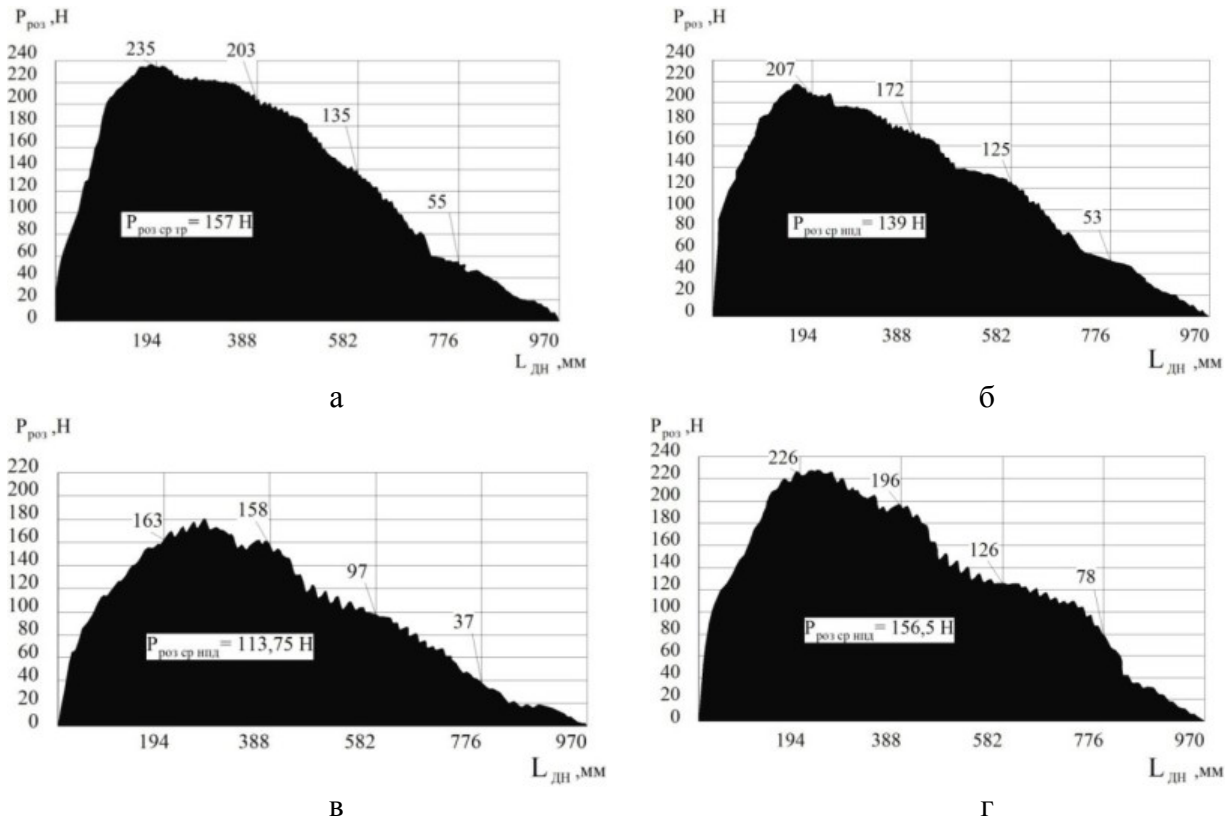
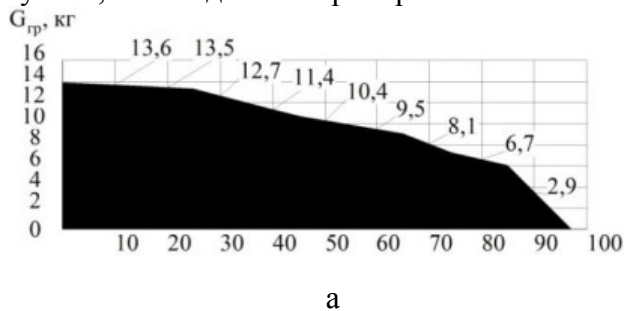


Рис. 2. Графік зміни зусилля розвантаження ґрунту, $P_{роз}$ від довжини днища скрепера, $L_{дн}$:

а - традиційний ківш; б - ківш з напівкруглим днищем, $L_{дн}$ при $R_{1,3} = L_{дн нпд}/2$, мм; в - ківш з напівкруглим днищем, $L_{дн}$ при $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{дн нпд}$, мм; г - ківш з напівкруглим днищем, $L_{дн}$ при $R_{1,1} = 0,3 \cdot L_{дн нпд}$, мм.

При розвантаженні ґрунту з ковша скрепера з традиційним днищем і днищами з $R_{1,3} = L_{дн нпд}/2$, мм, $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{дн нпд}$, мм, $R_{1,1} = 0,3 \cdot L_{дн нпд}$, мм, вивчався характер опору розвантаження ($P_{роз}$) і маса ґрунту ($G_{тр}$), набраного у ківш. Дослідження характеру опору розвантаження $P_{роз}$, $P_{роз 2}$ ст по довжині днища $L_{дн тр}$, $L_{дн нпд}$ показує зниження зусиль у ковшах з напівкруглим днищем на 7...20%. Зменшується не тільки виконана робота, а й максимальні значення зусиль, які діють при розвантаженні.



Найбільше зниження зусилля розвантаження і виконаної роботи відбувається при використанні днища $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{дн нпд}$, мм [4].

Проведено аналіз процесу розвантаження ґрунту і побудовано відповідні графіки (рис. 3).

У ході експериментальних досліджень вимірювався опір розвантаженню ґрунту ($P_{роз тр}$, $P_{роз нпд}$) в умовах зміни місця докладання зусиль гідроциліндра по висоті задньої стінки ($H_1 - H_4$).

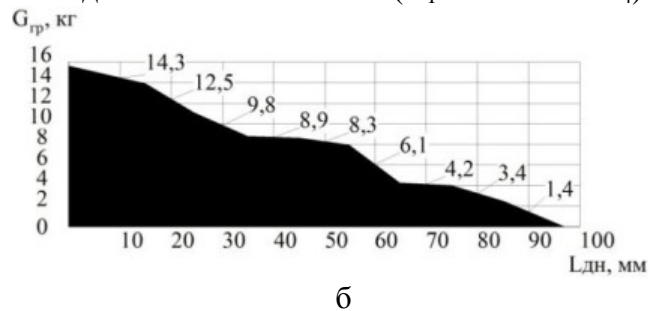


Рис. 3. Графіки зміни маси ґрунту в процесі розвантаження ковша від пересування задньої стінки вздовж днища: а - ківш традиційного типу; б - ківш з напівкруглим днищем.

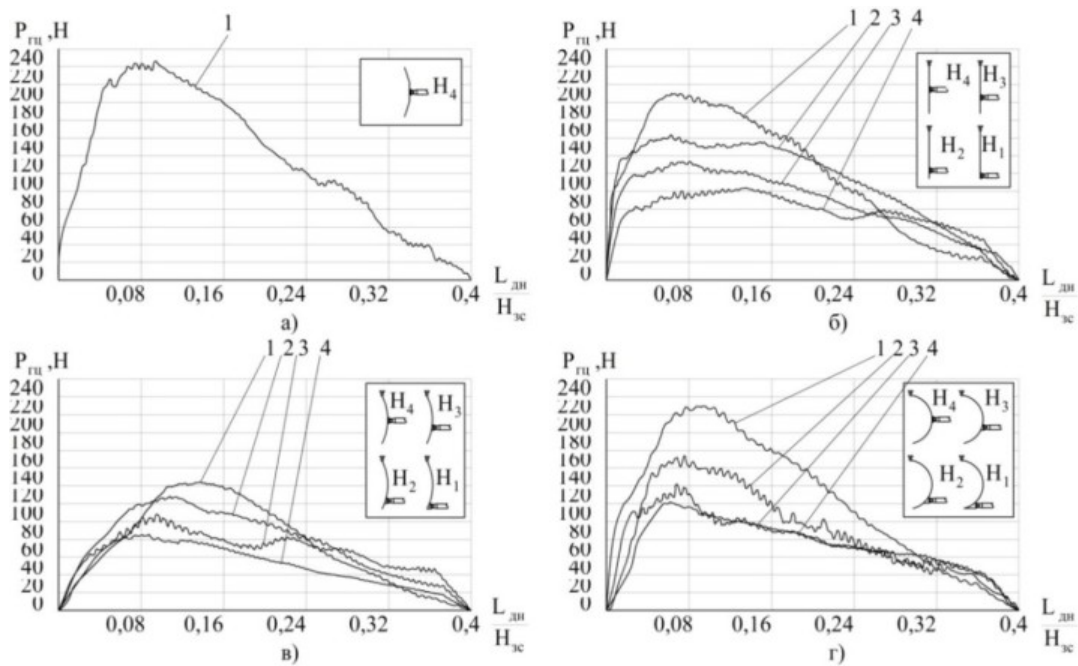


Рис. 4. Осцилограми зміни зусилля вивантаження, від довжини днища скрепера, $L_{дн}$:

а) - традиційний ківш; б), в), г) ковші з напівкруглим днищем і задніми стінками маятникового типу $R_1 = 0$ мм, $R_2 = (0,8 \dots 0,9) H_{зс}$ мм, $R_3 = 0,7 H_{зс}$ мм. Розташування гідроциліндра на задній стінці ковша скрепера: 1 - $\frac{H_4}{H_{зс}} = 0,5$; 2 - $\frac{H_3}{H_{зс}} = 0,35$; 3 - $\frac{H_2}{H_{зс}} = 0,2$; 4 - $\frac{H_1}{H_{зс}} = 0,06$.

Також досліджувалися залежності зміни довжини висування гідроциліндра (L) від місця прикладання зусиль гідроциліндра по висоті задньої стінки і роботи ($A_{роз}$) [12].

Дослідження показали, що задня стінка з радіусом рівним $R_{зс} = (0,8 \dots 0,9) H_{зс}$ є найбільш раціональною при вивантаженні ґрунту з ковша скрепера. Зміна місця кріплення гідроциліндра від H_1 до H_4 знижує показники максимального зусилля $P_{роз}$ та роботи, але збільшує хід штока гідроциліндра.

Проведені дослідження показали, що використання ковша скрепера з напівкруглим днищем і задньою стінкою маятникового типу з радіусом рівним $R_{зс} = (0,8 \dots 0,9) H_{зс}$ найбільш ефективно, при цьому розташування гідроциліндра найбільш доцільно при $H_1 / H_{зс}$.

При виборі раціональних параметрів ковша ставиться завдання забезпечення високої продуктивності при мінімальній енергоємності та собівартості робіт. Для ковша скрепера обладнаного напівкруглим днищем і задньою стінкою маятникового типу головним параметром є ємність ковша, а основними параметрами, похідними від

ємності ковша: - його довжина, ширина, висота, геометричні параметри задньої стінки.

Визначення раціональних конструктивних параметрів робочого обладнання ковша скрепера обладнаного напівкруглим днищем базується на результатах виконаних теоретичних та експериментальних досліджень [8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17].

Залежно від типу ґрунту і конструкції ковша, у скреперах з напівкруглим днищем і задньою стінкою маятникового типу досягається: - зниження сил опору ґрунту копанню на 10...15%; - зниження зусилля опору розвантаженню на 30...40%.

На підставі запропонованих залежностей були визначені раціональні параметри ковша скрепера з напівкруглим днищем: донна частина ковша, кривизна задньої стінки, кріплення приводу задньої стінки ковша скрепера по її висоті. Конструктивна схема ковша із зазначенням основних розмірів наведена на рис. 5.

Для визначення раціональних параметрів приймаємо рівні з традиційною

конструкцією (скрепер Д-357) геометричні показники ковша:

- $\alpha_{р\ тр} = \alpha_p$ – кут різання $\alpha_p = 38^\circ \dots 42^\circ$;
- $H_{к\ тр} = H_{к\ нпд}$ – висота ковша $H_k = 1200$ мм;
- $L_{дн\ тр} = L_{дн\ нпд}$ – довжина днища $L_{дн} = 970$ мм;
- $B_{тр} = B_{нпд}$ – ширина ковша $B = 2720$ мм.

Важливим обмеженням при створенні ковша скрепера розглянутого типу є розмір радіуса донної частини ковша R_1 . Розмір може бути визначений експериментально з урахуванням кута повороту ковша (висоти стружки, яка вирізається).

Розрахунок радіуса кривизни днища може бути визначений по залежності:

$$R_1 = 0,4 L_{дн\ нпд} \cdot \quad (1)$$

Виконання цієї умови є обов'язковим, тому призначення розміру радіуса донної частини R_1 більше зазначеного може

привести до ковзання днища по ґрунту, що не дозволить набирати ґрунт у ківш.

Визначення висоти підвісу задньої стінки ковша скрепера з напівкруглим днищем відбувається за допомогою центра радіуса R_1 . Нижня кромка задньої стінки повинна описувати кривизну лінії днища з технологічним проміжком для проходження її на деякій відстані від донної частини.

$$H_{зс} = 1,2 \dots 1,3 H_{нпд}, \quad (2)$$

де $H_{зс}$ – висота задньої стінки ковша скрепера з напівкруглим днищем.

Експериментальні дослідження показали, що процес розвантаження ґрунту з ковша скрепера з меншими енергетичними витратами відбувається за кривизни задньої стінки у співвідношенні:

$$R_2 = (0,8 \dots 0,9) H_{зс}. \quad (3)$$

Місце кріплення гідроциліндра раціональне при розташуванні:

$$H_{гц} = \frac{H_4}{H_{зс}} = 0,5. \quad (4)$$

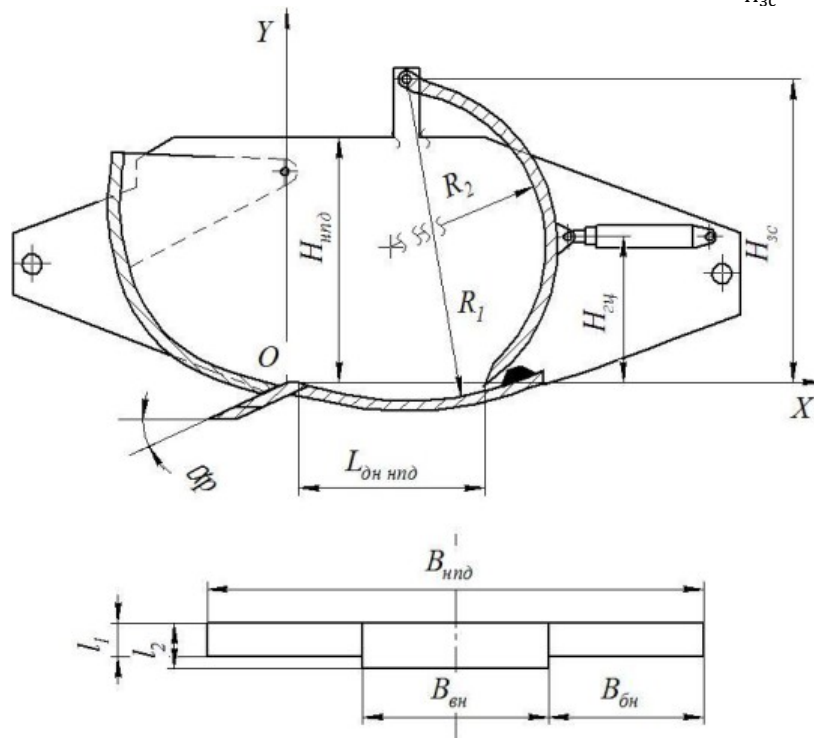


Рис. 5. Схема для визначення раціональних параметрів ковша скрепера, обладнаного напівкруглим днищем.

Таке розташування дозволяє скоротити час однієї з основних операцій скрепера - розвантаження ґрунту з ковша скрепера.

Формули для визначення параметрів ковша скрепера з напівкруглим днищем та задньої стінкою маятникового типу через

відповідні параметри стандартного ковша наведені у таблиці 1. Рекомендовані параметри забезпечують отримання максимального ефекту у ґрунтах середньої категорії.

Таблиця 1

Формули для визначення основних параметрів ковша скрепера з напівкруглим днищем та задньою стінкою маятникового типу

Параметри	Позначення	Од. вимір.	Параметри ковша скрепера з напівкруглим днищем
1	2	3	4
Висота ковша	$H_{к\text{нпд}}$	м	$H_{к\text{нпд}} = H_{к\text{тр}}$
Висота задньої стінки	$H_{зс}$	м	$H_{зс} = 1,2-1,3H_{к\text{нпд}}$
Висота підвісу гідроциліндра	$H_{гц}$	м	$H_{гц} = \frac{H_4}{H_{зс}} = 0,5;$
Довжина днища ковша	$L_{дн\text{нпд}}$	м	$L_{дн\text{нпд}} = L_{дн\text{тр}}$
Ширина ковша	$B_{нпд}$	м	$B_{нпд} = B_{тр}$
Кут різання	α_r	град.	$38^\circ-42^\circ$
Радіус кривизни днища	R_1	м	$R_1 = 0,4 L_{дн}$
Радіус кривизни задньої стінки	R_2	м	$R_2 = (0,8 \dots 0,9) H_{зс}$
Довжина бокових ножів	l_1	м	$l_1 = l_{тр}$
Довжина середнього ножа	l_2	м	$l_2 = l_{тр}$
Ширина бокового ножа	$B_{бн}$	м	$B_{бн} = B_{бн\text{тр}}$
Ширина виступаючого ножа	$B_{вн}$	м	$B_{вн} = B_{вн\text{тр}}$

Висновки. Проведено аналіз процесу розвантаження ковша скрепера з напівкруглим днищем, який обладнано $R_{1,2} = 0,4 \cdot L_{дн\text{нпд}}$, м, $R_{2,2} = (0,8 \dots 0,9) H_{зс}$, м; і відповідною системою привода, результати якого дозволяють розрахувати

залежність зміни маси ґрунту від положення ЗС ковша щодо довжини днища скрепера, а також значення зусиль, необхідних для його розвантаження, які зменшуються у порівнянні з традиційною конструкцією на 30...40%.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеева Т.В., Артемьев К.А., Бромберг А.А. и др. Дорожные машины. Часть I. Машины для земляных работ. Изд. 3-е перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1972, 504 с.
2. Бакулин А. В. Особенности процесса копания ґрунта скреперным ковшом с криволинейным днищем / А. В. Бакулин, Б. И. Харкун, В. И. Уткин // Строительные и дорожные машины, 1991. – №11. – С. 6–9.
3. Бакулин А. В. Результаты экспериментального изучения скреперного ковша с криволинейным днищем / А. В. Бакулин, Б. И. Харкун, В. И. Уткин // Строительные и дорожные машины, 1993. – №7. – С. 4–7.
4. Карпушин С. А. Интенсификация разработки ґрунта скрепером путем усовершенствования рабочего органа и технологии заполнения : дис. канд. техн. наук: 05.05.04 / С. А. Карпушин. – Д., 2001. – 219 с.
5. Машины для земляных работ: 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.
6. Нова конструкція напівпричіпного скрепера./Л.А. Хмара, О.О. Дахно, М.А. Спільник//Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. Вып. 57 – Дн-ск: ПГАСА, 2010, С. 86-90.
7. Теоретичний аналіз процесу заповнення глибокої передньої заслінки ковша скрепера / Л. А. Хмара, М. І. Дерев'янчук, Ю. С. Пікуш, М. А. Спільник // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование – Д. : ПГАСА, 2010. – Вып. 57. – С. 76–80.
8. Хмара Л. А. Дослідження напружень в конструкції задньої стінки скрепера / Л. А. Хмара, М. А. Спільник // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури – Д. : ПДАБА, 2014. – № 2. – С. 4–12.
9. Хмара Л. А. Експериментальні дослідження двохстадійного процесу заповнення ковша скрепера з напівкруглим днищем та задньою стінкою маятникового типу / Хмара Л. А., Спільник М. А. // 36 статей і тез міжнар. наук.–прак. конф. «Проблеми розвитку дорожньо-транспортного і будівельного комплексів», 03-05 жовтня 2013 р. – Кіровоград, ПП «Ексклюзив Систем», 2013. – С. 141–144.
10. Хмара Л. А. Исследование рабочего процесса ковша скрепера (копание и выгрузка ґрунта). / Л. А. Хмара, М. А. Спільник // Науковий вісник будівництва. – Х. : ХНУБА, 2013. – Вып. 73. – С. 296–306.

11. Хмара Л. А. Исследование процесса выгрузки грунта из ковша скрепера задней стенкой маятникового типа / Л. А. Хмара, М. А. Спильник // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2012. – Вып. 66.– С. 61–67.
12. Хмара Л. А. Экспериментальные исследования процесса копания грунта скрепером с полукруглым днищем и задней стенкой маятникового типа / Л. А. Хмара, М. И. Деревьянчук, М. А. Спильник //Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. Вып. 66 – Дн-ск: ПГАСА, 2012, С. 86-90.
13. Хмара Л. А. Математична модель процесу розвантаження ґрунту з традиційного ковша скрепера / Л. А. Хмара, М. А. Спільник // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2013. – Вып. 72. – С. 101–108.
14. Хмара Л. А. Математична модель процесу розвантаження ґрунту з ковша скрепера з напівкруглим днищем / Л. А. Хмара, С. В. Басв, М. А. Спільник // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури – Д. : ПДАБА, 2014. – № 1. – С. 8–13.
15. Хмара Л. А. Повышение эффективности рабочего процесса ковша скрепера (копание и выгрузка грунта) / Л. А. Хмара, М. А. Спильник // Транспорт Транспортные и технологические машины. – О. : Вестник СибАДИ, 2013. – Вып. 5 (33), – С. 30–39.
16. Хмара Л. А. Процесс выгрузки грунта из ковша скрепера / Л. А. Хмара, М. А. Спильник // Сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф. «Интерстроймех – 2013». – С. 204–206.
17. Хмара Л. А. Порівняльний аналіз ефективності використання напівкруглого днища у ковшах скреперів / Л. А. Хмара, М. А. Спільник, А. Ю. Тимошпольский // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Д. : ПГАСА, 2014. – Вып. 79. – С. 71–79.

REFERENCES

1. Alekseeva T.V., Artemev K.A., Bromberh A.A. y dr. Dorozhnye mashyny. Chast I. Mashyny dlia zemlianykh robot. Yzd. 3-e pererab. y dop. M., «Mashynostroeny», 1972, 504s.
2. Bakulyн A. V. Osobennosty protsessa kopaniya hrunta skrepnym kovshom s kryvolynейnym dnyshchem / A. V. Bakulyн, B. Y. Kharkun, V. Y. Utkyn // Stroytelnye i dorozhnye mashyny, 1991. – №11. – S. 6–9.
3. Bakulyн A. V. Rezultaty eksperymentalnoho izucheniya skrepnoho kovsha s kryvolynейnym dnyshchem / A. V. Bakulyн, B. Y. Kharkun, V. Y. Utkyn // Stroytelnye i dorozhnye mashyny, 1993. – №7. – S. 4–7.
4. Karpushyn S. A. Yntensyfykatsiya razrabotky hrunta skreperom putem usovershenstvovaniya rabocheho orhana y tekhnolohyy zapolneniya : dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.04 / S. A. Karpushyn. – D., 2001. – 219 s.
5. Mashyny dlia zemlianykh robot: Navchalnyi posibnyk / Khmara L.A., Kravets S.V., Nichke V.V., Nazarov L.V., Skobliuk M.P., Nikitin V.H. Pid zahalnoiу redaktsiiei prof. Khmary L.A. ta prof. Kravtsia S.V. Rivne –Dnipropetrovsk-Kharkiv. – 2010 -557 s.
6. Nova konstruktsiia napivprychipnoho skrepera./L.A. Khmara, O.O. Dakhno, M.A. Spilnik//Sb. nauch. tr.: Stroytelstvo. Materyalovedenye. Mashynostroeny. Seryia: Podemno-transportnye, stroytelnye y dorozhnye mashyny y oborudovanye. Vyp. 57 – Dn-sk: PHASA, 2010, S. 86-90.
7. Teoretychnyi analiz protsesa zapovneniia hlybokoi perednoi zaslinky kovsha skrepera / L. A. Khmara, M. I. Derev'ianchuk, Iu. S. Pikush, M. A. Spilnik // Sb. nauch. tr.: Stroytelstvo. Materyalovedenye. Mashynostroeny. Seryia: Podemno-transportnye, stroytelnye y dorozhnye mashyny y oborudovanye – D. : PHASA, 2010. – Vp. 57. – S. 76–80.
8. Khmara L. A. Doslidzhennia napruzhen v konstruktsii zadnoi stinky skrepera / L. A. Khmara, M. A. Spilnik // Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury – D. : PDABA, 2014. – № 2. – S. 4–12.
9. Khmara L. A. Eksperymentalni doslidzhennia dvokhstadiiного protsesu zapovneniia kovsha skrepera z napivkruglym dnyshchem ta zadnoiу stinkoiу maiatnykovoho typu / L. A. Khmara, M. A. Spilnik // Zb. statei i tez mizh ar. nauk.–prak. konf., 03-05 zhovtnia 2013 r. «Problemy rozvytku dorozhno-transportnoho i budivelnogo kompleksivsh skreperaiv» – K. : PP «Kivsh skrepera Ekliuzyv System», 2013. – S. 141–144.
10. Khmara L. A. Yssledovanye rabocheho protsessa kovsha skrepera (kopanye y vyhruzka hrunta). / L. A. Khmara, M. A. Spilnik // Naukovyi visnyk budivnytstva. – Kh. : KhNUBA, 2013. – Vp. 73. – S. 296–306.
11. Khmara L. A. Yssledovanye protsessa vyhruzky hrunta iz kovsha skrepera zadnei stenкой maiatnykovoho typu / L. A. Khmara, M. A. Spilnik // Stroytelstvo. Materyalovedenye. Mashynostroeny. – D. : PHASA, 2012. – Vp. 66.– S. 61–67.
12. Khmara L. A. Eksperymentalnye yssledovaniya protsessa kopaniya hrunta skreperom s polukruglym dnyshchem y zadnei stenкой maiatnykovoho typu / L. A. Khmara, M. Y. Derevianchuk, M. A. Spilnik //Sb. nauch. tr.: Stroytelstvo. Materyalovedenye. Mashynostroeny. Seryia: Podemno-transportnye, stroytelnye y dorozhnye mashyny y oborudovanye. Vp. 66 – Dn-sk: PHASA, 2012, S. 86-90.

13. Khmara L. A. Matematychna model protsesu rozvantazhennia gruntu z tradytsiinoho kovsha skrepera / L. A. Khmara, M. A. Spilnik // Stroytelstvo. Materyalovedenye. Mashynostroenye. – D. : PHASA, 2013. – Vp. 72. – S. 101–108.
14. Khmara L. A. Matematychna model protsesu rozvantazhennia gruntu z kovsha skrepera z napivkruhlym dnyshchem / L. A. Khmara, S. V. Baiev, M. A. Spilnik // Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury – D. : PDABA, 2014. – № 1. – S. 8–13.
15. Khmara L. A. Povyshenye efektyvnosti rabocheho protsesa kovsha skrepera (kopanye y vyhruzka hrunta) / L. A. Khmara, M. A. Spilnik // Transport Transportnye y tekhnolohycheskye mashyny. – O. : Vestnyk SybADY, 2013. – Vp. 5 (33), – S. 30–39.
16. Khmara L. A. Protsess vyhruzky hrunta iz kovsha skrepera / L. A. Khmara, M. A. Spilnik // Sb. materyalov Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Interstroimekh – 2013». – S. 204–206.
17. Khmara L. A. Porivnialnyi analiz efektyvnosti vykorystannia napivkruhloho dnyshcha u kovshakh skreperiv / L. A. Khmara, M. A. Spilnik, A. Iu. Tymoshpolskyi // Stroytelstvo. Materyalovedenye. Mashynostroenye. – D. : PHASA, 2014. – Vp. 79. – S. 71–79.