

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗВАНТАЖЕННЯ ҐРУНТУ З КОВША СКРЕПЕРА З НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ

Леонід Хмара, Михайло Спільник

Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»
49000, вул. Чернишевського 24а, м. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, MikeSp20-86@yandex.ru

STUDIES OF UNLOADING PROCESS OF THE GROUND BY SCRAPER WITH A ROUNDED BOTTOM

Leonid Khmara, Michael Spilnik

State university «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture»
49000, Chernishevskogo 24a st., Dnipropetrovsk, Ukraine,
e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, MikeSp20-86@yandex.ru

АНОТАЦІЯ. У статті розглядаються дослідження з розвантаження ґрунту з традиційного ковша скрепера і з ковша скрепера з напівкруглим днищем і розвантаженням маятникового типу. Проведено дослідження розвантаження із застосуванням кольорових шарів ґрунту. Встановлено, що використання напівкруглого днища в ковші скрепера дозволяє знизити силові та енергетичні витрати при розвантаженні.

Ключові слова: напівкругле днище, розвантаження, кольорові шари.

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются исследования по выгрузке ґрунта из традиционного ковша скрепера и из ковша скрепера с полукруглым днищем и разгрузкой маятникового типа. Проведены исследования выгрузки с применением цветных слоев ґрунта. Установлено, что использование полукруглого днища в ковше скрепера позволяет снизить силовые и энергетические затраты при выгрузке.

Ключевые слова: полукруглое днище, выгрузка, цветные слои.

ABSTRACT. Purpose: Improving the efficiency of workflow scraper provided by a semicircular bottom, in terms of filling two-stage through the development of scientific basis of rational choice and definition of parameters and the physical nature of this type of models scrapers. **Methodology:** create physical models scraper traditional type, with semi-circular bottom; to conduct experimental research unloading scraper and find out the nature of the interaction of the rear walls of the environment; determine the effect of shape back wall scraper to replace the power and energy parameters of the discharge; get recommendations on rational choice back wall scraper. **Research implications:** Experimental studies rear walls scraper with discharge showed differences in the nature of the ground motion in the cavity of the bucket: traditional bucket - soil stress is distributed evenly over the entire height of the back wall, the amount of soil unloading bucket is shaped like a prism, which creates more energy during discharge; bucket with a semicircular bottom - most compaction occurs in the lower part of the back wall. The top creates a vacuum that takes up 2/3 of the height of which is increased according to the movement of the walls landings. Unloading volume of soil from the bucket is shaped sector that can reduce energy consumption landings.

Progress of unloading of the soil is reduced by 20-28%. Unloading of soil from the bucket with a semicircular bottom is more intense (20-25%) than with the traditional bucket type. Heaps form the back wall scraper unloading reduces the effort for 7-20%, and their maximum values (15-20%).

Scraper bucket with a semicircular bottom should be considered more effective than traditional.

Key words: semi-circular bottom, unloading, color layers.

ВСТУП

Сучасні темпи будівництва вимагають нових машин з широкими технологічними можливостями і низькими показниками енергоемності при виконанні різних робіт.

ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Самохідний скрепер із завантаженням за рахунок сили тяги і розвантаженням при мусовим способом є найбільш простою і надійною в роботі землерийно-транспортною машиною. Аналіз досліджень [1 - 7]. показав, що до цього часу основана увага

приділялася процесу заповнення ковша. При цьому не розглядалась проблема з розвантаження ґрунту з ковша скрепера, що також вимагає додаткових енерговитрат. Підвищення ефективності процесу розвантаження може бути досягнуто за рахунок вдосконалення конструкції ковшів [8 - 12].

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження - підвищення ефективності робочого процесу скрепера з ковшем з напівкруглим днищем в умовах двостадійного заповнення за рахунок розробки наукових основ вибору і визначення раціональних параметрів ковша.

Для досягнення поставленої мети було необхідно вирішити наступні завдання:

- створити фізичні моделі ковшів традиційного типу і з напівкруглим днищем;
- провести експериментальні дослідження процесу розвантаження ковшів і з'ясувати характер взаємодії задніх стінок ковшів з середовищем;
- встановити вплив форми задньої стінки ковша на зміну силових і енергетичних параметрів процесу розвантаження;
- розробити рекомендації з раціонального вибору конструкції задньої стінки ковша.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Експериментальні дослідження процесу розвантаження ковшів проводилися на стенді для фізичного моделювання робочих процесів землерийно-транспортних машин кафедри БДМ ПДАБА (рис.1).

Для дослідження за основу була взята фізична модель самохідного скрепера Д - 357, виконана в масштабі 1:10. Були виготовлені моделі ковшів традиційного типу з плоским днищем і ковша з напівкруглим днищем. Одна з бокових стінок моделі ковша виконана прозорою, що забезпечує можливість візуального спостереження за процесом взаємодії робочого органа з середовищем і фотографувати процес (рис.2, 3) [13].

Контроль і вимірювання силових і енергетичних параметрів процесу здійснювався електричною вимірювальною системою стенда.

У комплект цієї системи входять універсальні тензорезистори, аналогово-цифровий перетворювач, персональний комп'ютер.

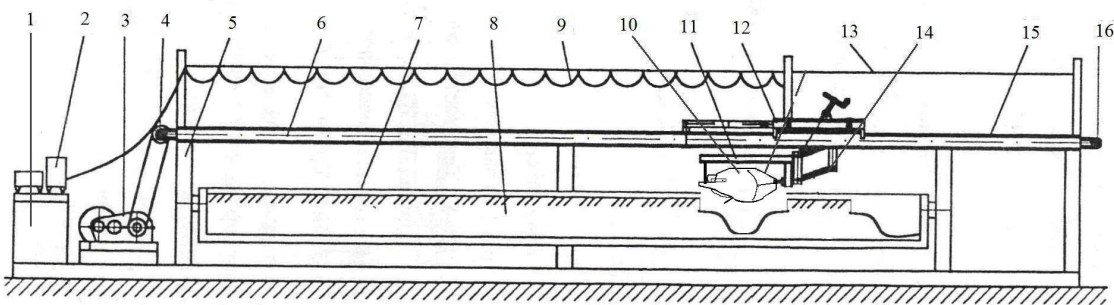


Рис.1. Схема стенда для фізичного моделювання робочих процесів ЗТМ:

1 - пульт керування; 2 - прилади; 3 - привід; 4 - привідний вал; 5 - рама; 6 - напрямні балки; 7 - ґрунтовий контейнер; 8 - ґрунт; 9 - кабель; 10 - модель ковша скрепера; 11 - Г-подібний кронштейн; 12 - тензометричний візок; 13 - струна; 14 - паралелограмний механізм; 15 - привідний канат; 16 - ведений вал

Fig. 1. Scheme of stand for physical modeling workflows ZTM:

1 - remote control; 2 - devices; 3 - drive; 4 - key shaft; 5 - frame; 6 - directing the beam; 7 - drum container; 8 - soil; 9 - cable; 10 - model scraper; 11 - Г-shaped bracket; 12 - strain gauge trolley; 13 - string; 14 - parallelogram mechanism; 15 - drive rope; 16 - slave shaft

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗВАНТАЖЕННЯ ҐРУНТУ З КОВША СКРЕПЕРА
З НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ

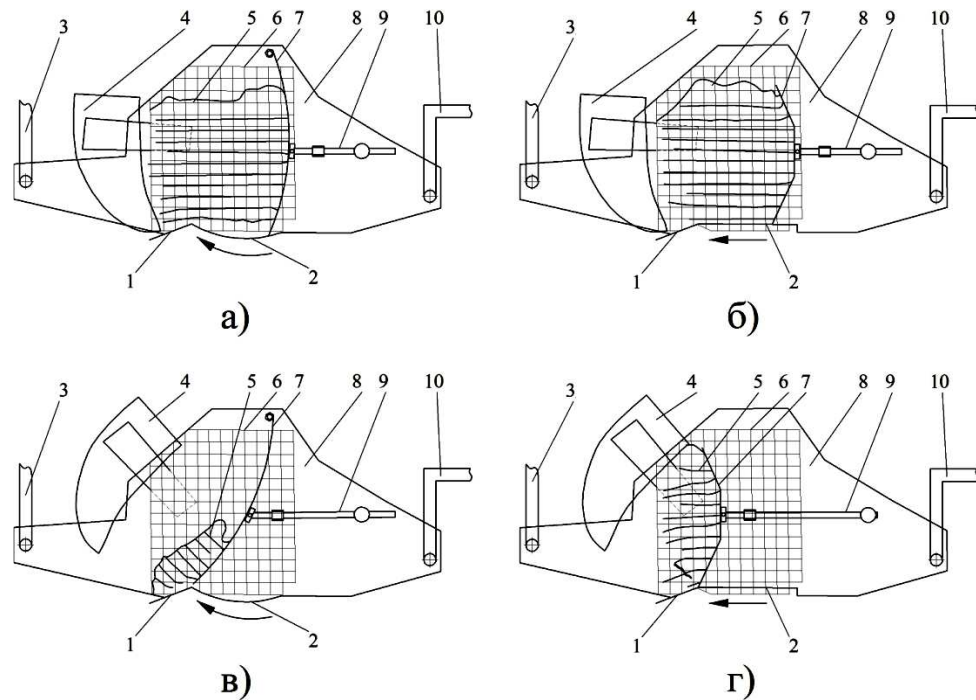


Рис.2. Моделі ковшів скрепера:

a - транспортне положення ковша з напівкруглим днищем; *б* - транспортне положення ковша традиційного типу; *в* - заключний етап розвантаження ґрунту з ковша з напівкруглим днищем; *г* - заключний етап розвантаження ґрунту з ковша традиційного типу; 1 - ніж; 2 - днище; 3 - передній кронштейн; 4 - передня заслінка; 5 - ґрунт; 6 - прозора стінка; 7 - задня стінка; 8 - бокова стінка; 9 - привід; 10 - Г-подібний кронштейн

Fig. 2. Scraper models:

a - the transport position of the bucket with a semicircular bottom; *b* - the transport position bucket traditional type; *c* - the final stage of unloading soil from the bucket with a semicircular bottom; *d* - the final stage of unloading bucket of soil from the traditional type; 1 - knife; 2 - bottom; 3 - front bracket; 4 - front flap; 5 - soil; 6 - transparent wall; 7 - back wall; 8 - siding; 9 - drive; 10 - Г-shaped bracket

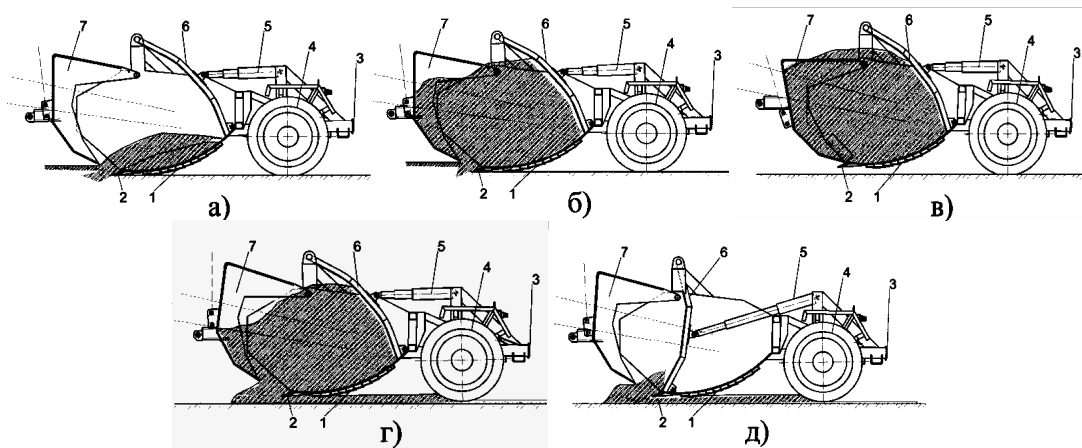


Рис.3. Робочий цикл моделі ковша скрепера:

a - початок набору ґрунту у ківш; *б* - кінець набору ґрунту у ківш; *в* - транспортне положення; *г* - початок розвантаження ґрунту з ковша; *д* - кінець розвантаження ґрунту з ковша

Fig. 3. Workflow models scraper:

a - the beginning of earth in the bucket; *b* - end of earth in the bucket; *c* - transport position; *d* - start unloading soil from the bucket; *e* - the end of unloading soil from bucket

Одним з етапів досліджень було встановлення якісної картини процесу взаємодії задніх стінок ковша з ґрунтом. Для цього всередину моделі ковша завантажилась пошарово піщано-глиниста суміш і товчена крейда. Це дозволило створити ґрунт з пошарово пофарбованою структурою [14]. При взаємодії задньої стінки ковша з пошарово пофарбованим ґрунтом забезпечується спостереження за зонами ущільнення ґрунту, характером руху ґрунту в ковші і областями поширення напруженого стану ґрунту в залежності від переміщення стінки при розвантаженні.

Дослідження здійснювалися таким чином (рис. 2, 3). Передня заслінка ковша закрита, ківш знаходиться в транспортному положенні. Контролюється чергування і кількість шарів, щільність і вологість набраного в ківш ґрунту. Далі передня заслінка ковша відкривається і за допомогою приводу проводиться розвантаження ґрунту. Рівномірність процесу розвантаження контролюється за допомогою сітки, нанесеної на прозору стінку ковша.

В результаті досліджень отримані фотографії процесу розвантаження ковшів як традиційного виконання, так і з напівкруглим днищем і задньою стінкою маятникового типу. Дослідження показали відмінності в характері руху ґрунту при розвантаженні в порожнині ковша, а також в розпо-

ділі зон ущільнення по висоті задньої стінки.

Для ковша традиційного типу встановлено, що в міру висування задньої стінки ковша напруження в ґрунті розподіляються рівномірно по всій висоті, про що свідчать не викривлені кольорові смуги, а також відсутність порожнин у ґрунті. Також встановлено, що розвантажений ґрунту має форму призми, що створює додаткові енерговитрати при вивантаженні.

Характер розвантаження ґрунту з ковша з напівкруглим днищем і задньою стінкою маятникового типу інакший [15, 16]. При відкриванні передньої заслінки частина ґрунту осипається, створюючи порожнину між ґрунтом і задньою стінкою. В міру висування задньої стінки ковша напруження ґрунті розподіляється нерівномірно по її висоті. Найбільше ущільнення ґрунту відбувається в нижній частині. У верхній створюється порожнина на висоті 2/3 стінки, яка збільшується в залежності від переміщення стінки при розвантаженні. На підставі отриманих фотографій побудовані циклограми процесу розвантаження ковшів. Зроблено кількісний аналіз процесу розвантаження ґрунту і побудовані відповідні графіки (рис.4).

При розвантаженні ґрунту з ковшів вивчався характер опору розвантаженню $R_{роз}$ по довжині днища $L_{дн}$ (рис.5).

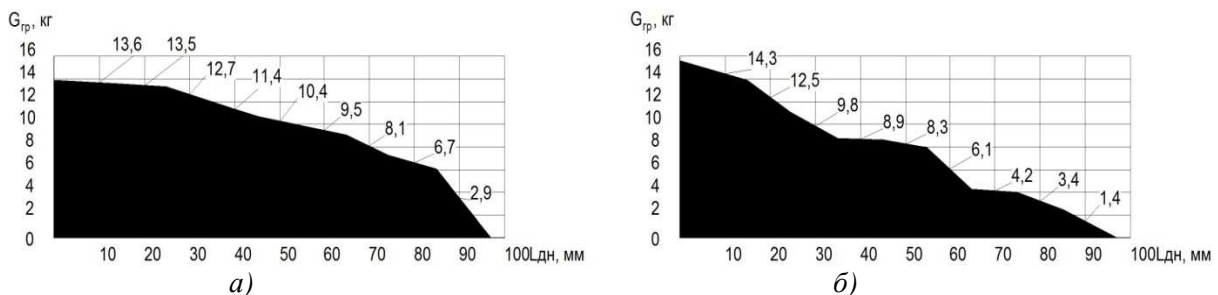


Рис.4. Графіки зміни маси ґрунту в процесі розвантаження ковша від пересування задньої стінки вздовж днища: *a* - ківш традиційного типу; *б* - ківш з напівкруглим днищем

Fig. 4. Charts soil mass change during unloading bucket of movement along the back wall of the bottom: *a* - the traditional bucket type; *b* - bucket with a semicircular bottom

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗВАНТАЖЕННЯ ҐРУНТУ З КОВША СКРЕПЕРА
З НАПІВКРУГЛИМ ДНИЩЕМ

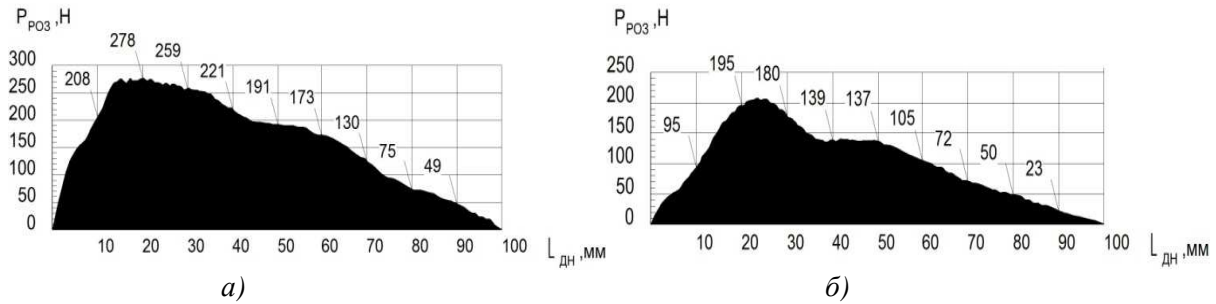


Рис.5. Графіки зміни зусилля вивантаження від пересування задньої стінки:
а - традиційний ківш; б - ківш з напівкруглим днищем

Fig. 5. Schedules change efforts unloading the length of the bottom scraper, $L_{ДН}$:
а - a traditional ladle; б - bucket with a semicircular bottom

Зусилля в ковшах з напівкруглим днищем на 7 ... 20% менші в порівнянні з ковшами традиційного типу. Зменшуються також робота розвантаження (на 20 ... 28%) і максимальні значення зусиль (на 15...20%), які діють при розвантаженні.

Інтенсивність розвантаження ковшів (відношення маси ґрунту, який залишився в ковші, до початкової маси ґрунту) уздовж днища наведена на рис.6.

З графіків видно, що розвантаження

ґрунту з ковша з напівкруглим днищем і задньою стінкою маятникового типу відбувається інтенсивніше на 20 ... 25% ніж з ковша традиційного типу.

Також досліджувалась зміна відношення зусилля розвантаження ґрунту до довжини днища $P_{ВГ}/L_{ДН}$ від відношення $L_{ДН i}/L_{ДН}$, де $L_{ДН i}$ - проміжне значення положення задньої стінки, $L_{ДН}$ - загальна довжина днища скрепера (рис. 7). Графіки показують зниження як пікових значень, так і за-

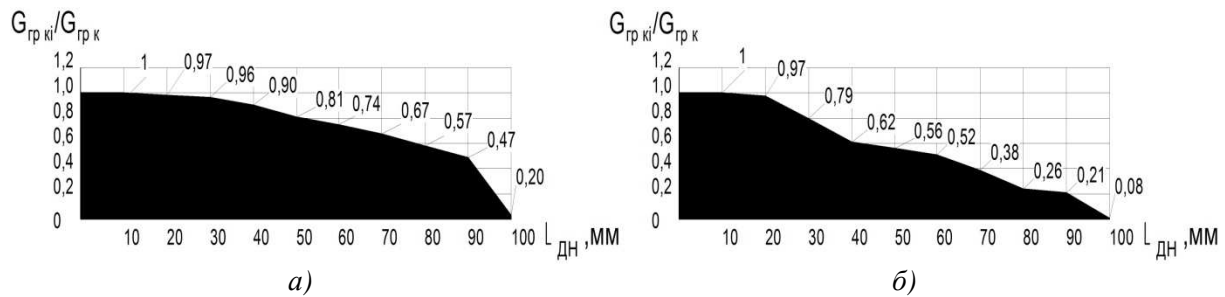


Рис.6. Графіки відношення маси ґрунту, який залишився в ковші до початкової маси ґрунту уздовж днища :
а - ківш традиційного типу; б - ківш з напівкруглим днищем

Fig. 6. Graphs of the ratio of soil remaining to the original amount of soil in buckets along the bottom:
а - the traditional bucket type; б - bucket with a semicircular bottom

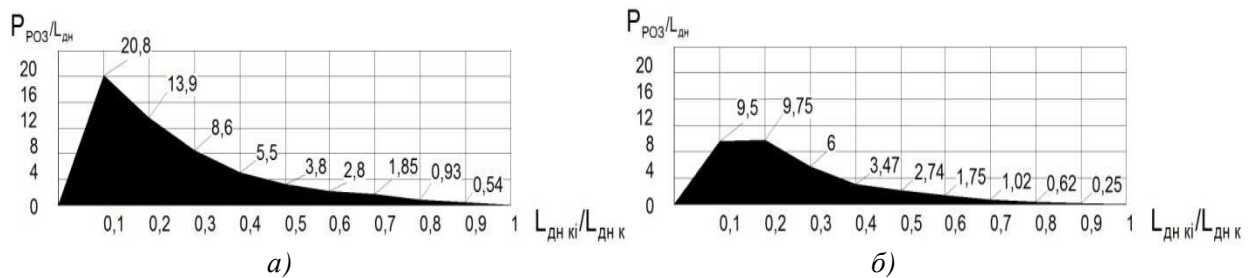


Рис.7. Графіки зміни відношення зусилля розвантаження ґрунту $P_{РОЗ}$ до довжини днища $L_{ДН}$:
а - ківш традиційного типу; б - ківш з напівкруглим днищем

Fig. 7. Charts attitude change efforts unloading soil $P_{РОЗ}$ to the length of the bottom $L_{ДН}$:
а - the traditional bucket type; б - bucket with a semicircular bottom

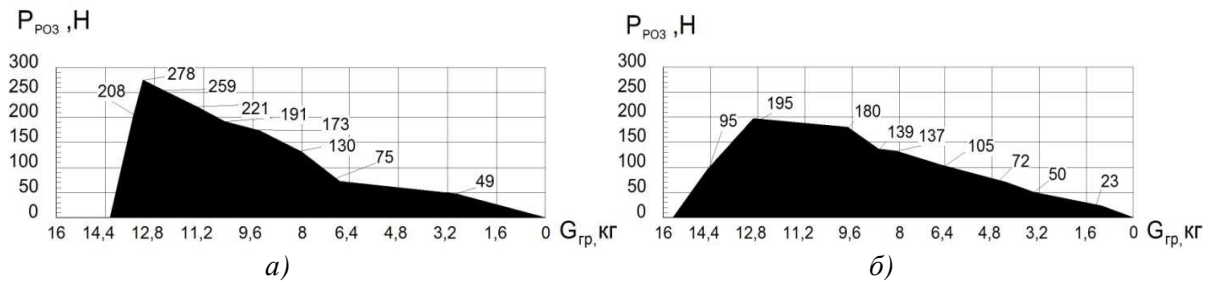


Рис.8. Графіки зміни зусилля розвантаження в залежності від маси ґрунту:
 а - ківш традиційного типу; б - ківш з напівкруглим днищем

Fig. 8. Charts attitude change efforts discharge to the mass of soil:
 a - the traditional bucket type; b - bucket with a semicircular bottom

гальних протягом розвантаження.

Максимальні зусилля розвантаження ґрунту із ковша з напівкруглим днищем менші в порівнянні з цим показником для ковша традиційної конструкції при максимальній кількості ґрунту в ковшах (рис. 8).

ВИСНОВКИ

1. Дослідження виявили відмінності в характері руху ґрунту в режимі розвантаження ковша в залежності від його конструкції:

а) традиційний ківш - напруження ґрунту розподіляється рівномірно по всій висоті задньої стінки, ґрунту в ковші має форму призми, що створює додаткові енерговитрати при розвантаженні;

б) ківш з напівкруглим днищем - найбільше ущільнення ґрунту відбувається в нижній частині задньої стінки. У верхній створюється порожнина на висоті 2/3 висоти стінки, яка збільшується в залежності від переміщення стінки. Ґрунт в ковші має форму сектора, що знижує енерговитрати при розвантаженні.

2. Робота з розвантаження ґрунту з ковша з напівкруглим днищем на 20 ... 28% менша ніж з ковша традиційної конструкції. Розвантаження ґрунту з ковша з напівкруглим днищем відбувається інтенсивніше (на 20 ... 25%), ніж з ковша традиційного типу. Відвальна форма задньої стінки ковша знижує зусилля розвантаження на 7 ... 20%, а також максимальні їх значення (на 15 ... 20%).

3. Таким чином ківш з напівкруглим днищем більш ефективний у порівнянні з ковшем традиційної конструкції.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Артемьев К.А.* Скреперы (теория наполнения ковша скрепера грунтом) / К.А. Артемьев. – Новосибирск, 1977. - 111с.
2. *Станевский В.П.* О физической сущности влияния скорости на силу резания грунтов.//Горные, строительные и дорожные машины. Межведомственный республиканский научно-технический сборник №4. Киев, 1966. – 168 с.
3. *Зеленин А.Н.* Машины для земляных работ / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. - 421 с.
4. *Прокопчук В.В.* Описание процесса копания по динамическим характеристикам скреперов.// Горные, строительные и дорожные машины. Межведомственный республиканский научно-технический сборник №25. Киев, 1978. – 101 с.
5. *Хмара Л.А.* Теоретичне дослідження бульдозера зі шнековим інтенсифікатором / Л.А. Хмара, Р.М. Кроль // Всеукраїнський збірник наукових праць «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини», 2013. - №81. – 5-13 с.
6. *Ветров Ю.А.* Машины для земляных работ / Ю.А. Ветров. - К: Вища школа, 1981. - 382 с.
7. *Алексеева Т.В.* Машины для земляных работ / Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев, А.А. Бромберг и др. - М.: Машиностроение, 1964. - 467 с.
8. *Бакулин А.В.* Особенности процесса копания грунта скреперным ковшом с криволинейным днищем / А.В. Бакулин, Б.И. Харкун, В.И. Уткин // Строительные и дорожные машины. 1991. - №11. - С. 6-9.

9. Горбатюк Є.В. Методика моделювання роботи скребкового ґрунтоприбирача / Є.В. Горбатюк, С.Ю. Комоцька // Всеукраїнський збірник наукових праць «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини», 2011. - №77. – 82-85 с.
10. 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.
11. Хмара Л.А., Деревянчук М.І., Спільник М.А. Патент України на корисну модель «Скреперний ківш» № 48873 МПК E02F 3/64 Бюл №7, 2010.
12. Хмара Л.А., Деревянчук М.І., Спільник М.А. Патент України на корисну модель «Скреперний ковш» № 48872 МПК E02F 3/64 Бюл №7, 2010.
13. Шлойдо Г.А. Исследовательский комплекс для испытаний рабочих органов землеройных машин / Г.А. Шлойдо, А.В. Бакулин, А.С. Селиванов // Строительные и дорожные машины - 1984. - №12. - С.7-8.
14. Хмара Л.А. Исследование процессов взаимодействия с грунтом клиновидных рабочих органов с боковыми уступами / Л.А. Хмара // «Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин - Серия: Подъемно - транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование». - Сб. научн. тр., 2011. - №63. – 14 с.
15. Смирнов В.Н. Закономерности резания грунта пространственно ориентированным ножом.// Горные, строительные и дорожные машины. Межведомственный республиканский научно-технический сборник №27. Киев, 1979. – 105 с.
16. Машины для земляных работ: Учебное пособие / [Хмара Л.А., Кравец С.В., Ничке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Никитин В.Г.] - Под общей редакцией проф. Хмари Л.А. и проф. Кравца С.В. - Ровно – Днепропетровск-Харьков, 2010. - 557 с.
- Gornye, stroitel'nye i dorozhnye mashyny [Mining, constructional and road machines], No.4, 168.
3. Zelenin A.N., Balovnev V.I., Kerov I.P., 1975. Mashinyi dlya zemlyanyih rabot [Earth moving machines], Moscow, Mashinostroenie, 421
4. Prokopchuk V.V., 1978. Opysanye protsessa kopanyya po dynamycheskym kharakterystykam skreperov. [Description of the process of digging on dynamic characteristics scrapers]. Hornye, stroitel'nye y dorozhnye mashyny. Mezhhvedomstvenny respublykanskyy nauchnotekhnicheskyi sbornik, No. 25, 101.
5. Khmara L.A., Krol' R.M., 2013. Teoretychne doslidzhennya bul'dozera zi shnekovym intensyfikatorom [Theoretical investigation of the bulldozer screw intensifiers]. Girnich, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny, No.81, 5-13.
6. Vetrov Yu.A., 1981. Mashinyi dlya zemlyanyih rabot [Earth moving machines]. Kyiv, Vischa shkola Publ., 382.
7. Alekseeva T.V., Artemev K.A., Bromberg A.A., 1964. Mashinyi dlya zemlyanyih rabot [Earth moving machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 467.
8. Bakulin A.V., Harkun B.I., Utkin V.I., 1991. Osobennosti protsessa kopaniya grunta skrepernym kovshom s krivolineynym dnishchem [Features of digging soil scraper bucket with a curved bottom]. Stroitelnyie i dorozhnyie mashyny, No. 11, 6-9.
9. Horbatyuk Ye.V., Komots'ka S.Yu., 2011. Metodyka modelyuvannya roboty skrebkovoho hruntoprybyracha [Methods of simulation of the scraper soil cleaning]. Girnich, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny, No. 77, 82-85.
10. Bakulin A.V., Harkun B.I., Utkin V.I., 1993. Rezultaty eksperimentalnogo izucheniya skrepernogo kovsha s krivolineynym dnishchem [Results of experimental studies scraper bucket with a curved bottom]. Stroitelnyie i dorozhnyie mashyny, No.7, 4-7.
11. Khmara L.A., Derevyanchuk M.I., Spilnik M.A., 2010. Scraper bucket. Patent of Ukraine, No. 48873 MPK E02F 3/64 Byul. No. 7.
12. Khmara L.A., Derevyanchuk M.I., Spilnik M.A., 2010. Scraper bucket. Patent of Ukraine, No. 48872 MPK E02F 3/64 Byul. No. 7.
13. Shloydo G.A., Bakulin A.V., Selivanov A.S., 1984. Issledovatel'skiy kompleks dlya ispytaniy rabochih organov zemleroynyih mashin [Research facility for testing the working bodies of earth-moving machinery]. Stroitelnyie i dorozhnyie mashyny, No.12, 7-8.

REFERENCES

1. Artemev K.A., 1977. Skreperyi (teoriya napolneniya kovsha skrepera gruntom) [Scrapers (theory filling scraper ground)]. Novosibirsk, 111.
2. Stanevskyy V.P., 1966. O fizycheskoy sushchnosti vlyuyanyu skorosty na sylu rezanyu hruntov. [The physical nature of the influence of speed on the cutting force of soils].

14. *Khmara L.A., 2011. Issledovanie protsessov vzaimodeystviya s gruntom klinovidnyih rabochih organov s bokovymi ustupami* [Investigation of the processes of interaction with the soil wedge working bodies with side ledges]. *Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Intensifikatsiya rabochih protsessov stroitelnyih i dorozhnyih mashin - Seriya: Pod'emno-transportnyie, stroitelnyie i dorozhnyie mashiny i oborudovanie, Sb. nauchn. tr., No.63, 14.*
15. *Smyrnov V.N., 1979. Zakonomernosty rezaniya hrunta prostranstvenno oryentirovannim nozhom.* [Laws of digging space by dimensionally oriented knife]. *Gornye, stroytel'nye i dorozhnye mashyny. [Mining, construction and road machines], No.27, 105.*
16. *Khmara L.A., Kravets S.V., Nichke V.V., Nazarov L.V., Skoblyuk M.P., Nikitin V.G., 2010. Mashini dlya zemlyanyih rabot: Uchebnoe posobie* [Earth moving machinery: Textbook]. *Rovno–Dnepropetrovsk-Kharkov, 557.*