

## УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ СКРЕПЕРІВ

Володимир Волянчук, Євгеній Горбатюк, Дмитро Міщук

Київський національний університет будівництва та архітектури,  
03680, Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна

### IMPROVEMENT OF THE EQUIPMENT SCRAPER

Volodymyr Volianiuk, Ievgenii Gorbatiuk, Dmitry Mishchuk

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
03680, Povitroflotsky Prospekt 31, Kyiv, Ukraine

**АНОТАЦІЯ.** В статті розглянуто удосконалення робочого обладнання скреперів шляхом впровадження його нових конструктивних схем. Це дозволить збільшити продуктивність скреперів і знизити собівартість робіт. Зниження собівартості робіт буде здійснюватися за рахунок використання на тягачах скреперів двигунів меншої потужності. Наведені нетрадиційні конструктивні схеми робочого обладнання скреперів, опис їх робочого процесу і залежності для розрахунку основних параметрів.

**Ключові слова:** скрепер, робоче обладнання, ківш, ґрунт.

**АННОТАЦИЯ.** В статье рассмотрено усовершенствование рабочего оборудования скреперов путем внедрения его новых конструктивных схем. Это позволит увеличить производительность скреперов и снизить себестоимость работ. Снижение себестоимости работ будет осуществляться за счет использования на тягачах скреперов двигателей меньшей мощности. Приведены нетрадиционные конструктивные схемы рабочего оборудования скреперов, описание их рабочего процесса и зависимости для расчета основных параметров.

**Ключевые слова:** скрепер, рабочее оборудование, ковш, грунт.

**ABSTRACT. Purpose.** Increased productivity and cost reduction scrapers work of these machines. **Methodology/approach.** Analysis unconventional designs scrapers working equipment. **Findings.** Brought innovative design schemes of work equipment scrapers, description of the workflow and key analytical dependences for calculation of basic settings. **Research limitations/implications.** The introduction of non-traditional design schemes of work equipment scrapers will increase their productivity and reduce the cost of operations. **Originality/value.** Materials of the article can be used by the scientific and pedagogical staff and students in the educational process and used for further research.

**Key words:** scraper, working equipment, bucket, soil.

## ВСТУП

Частка земляних робіт в будівництві становить до 30% від загального обсягу робіт. Тому підвищення продуктивності і зниження собівартості цих робіт для машин, що залучаються для їх виконання, є актуальним завданням. До таких машин відноситься скрепер, призначений для шарової розробки, переміщення і відсіпання ґрунту шаром заданої товщини. Одним з напрямків удосконалення робочого обладнання скреперів є впровадження для нього нових конструктивних схем [4...7].

## МЕТА РОБОТИ

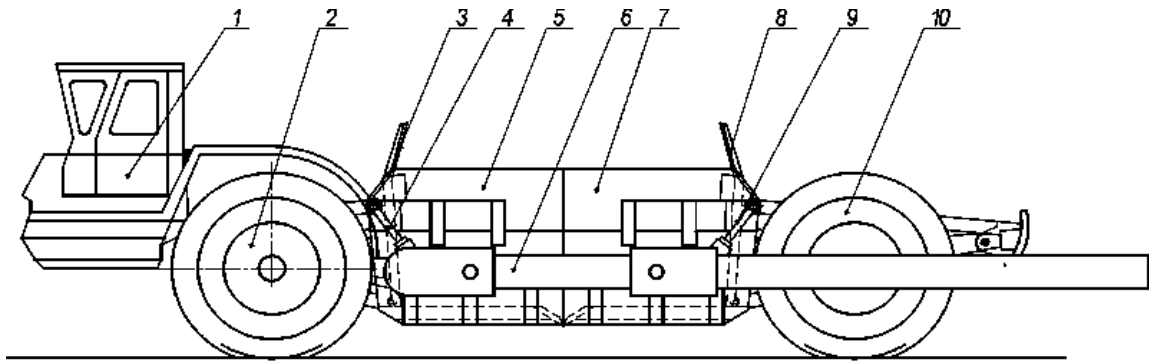
Мета роботи полягає у розробці рекомендацій з підвищення продуктивності

скреперів і зниження собівартості розробки ґрунтів цими машинами шляхом впровадження нетрадиційних конструктивних схем їх робочого обладнання.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Однією з можливих конструкцій для досягнення поставленої мети може бути скрепер бінарного дії, в якому при здійсненні робочого процесу не використовується ходове обладнання.

В сучасних самохідних скреперах робочий процес відбувається за рахунок тяги двигуна скрепера, для повного завантаження ковша необхідний додатковий штовхач або тягач.



**Рис. 1.** Схема скрепера з двома ковшами: 1 - тягач; 2 - ведучі колеса; 3 - висувна стінка переднього ковша; 4 - гідроциліндри підйому переднього ковша; 5 - передній ківш; 6 - гвинтова передача; 7 - задній ківш; 8 - висувна стінка заднього ковша; 9 - гідроциліндри підйому заднього ковша; 10 - ведені колеса

**Fig. 1.** Scheme scraper with two buckets: 1 - tractor; 2 - wheel drive; 3 - retractable front wall of the bucket; 4 - Hydraulic lifting front bucket; 5 - Front bucket; 6 - screw transmission; 7 - rear bucket; 8 - sliding rear wall of the bucket; 9 - lifting cylinders rear bucket; 10 - led wheels

У скреперів бінарного дії робочий орган складається з двох ковшів: переднього 5 і заднього 7 (рис. 1). Наповнення ковшів відбувається за рахунок їх взаємного зустрічного переміщення з використанням гвинтової передачі 6 з приводом від гідромоторів, за допомогою якої можна розвинути велике зусилля.

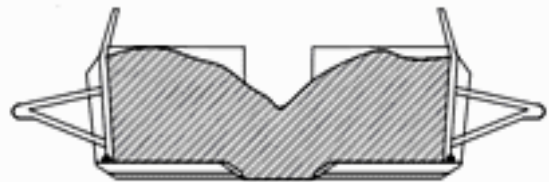
Скрепер підїжджає до місця завантаження, розсовує ковші з використанням гвинтової передачі і за допомогою гідроциліндрів 4, 9 виставляє кут для початку завантаження ковшів (рис. 2).



**Рис. 2.** Схема врізання ковшів

**Fig. 2.** Scheme of embedding buckets

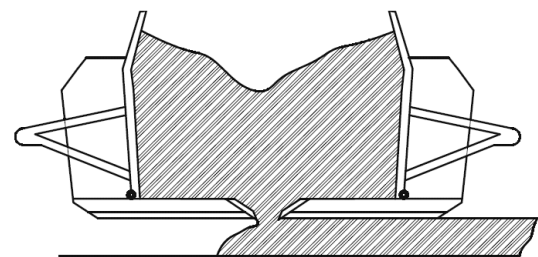
Далі ковші починає стягувати гвинтова передача, за допомогою гідроциліндрів ковші лягають на місце розрізу і рухаються назустріч один одному по прямій, набираючи ґрунт (рис. 3).



**Рис. 3.** Схема завантаження ковшів

**Fig. 3.** Scheme of loading buckets

Після заповнення ковшів вони піднімаються у транспортне положення і скрепер пересувається до місця розвантаження. На місці розвантаження з використанням гвинтової передачі ковші відсуваються один від одного і між ними робиться невелика щілина, за допомогою висувних стінок з застосуванням гідроциліндрів здійснюється відсіпання ґрунту (рис. 4).



**Рис. 4.** Схема розвантаження ковшів

**Fig. 4.** Scheme unloading buckets

При такій конструкції робота скрепера не залежить від сили тяги машини і сили зчеплення коліс з ґрунтом. За допомогою

гвинтової передачі можна розвинути велике зусилля, тому з'явиться можливість розробки більш важких ґрунтів. При застосуванні двох ковшів в процесі різання ґрунту немає необхідності у великій тяговому зусиллі ходової частини і тим більше в додатковому тягачі або штовхачі. Ходова частина використовується тільки для транспортування ґрунту. Двигун скрепера в ході робочого процесу використовується тільки для подачі потужності на гідросистему.

Переваги цієї конструкції: відпадає необхідність у використанні додаткових тягачів або скреперних поїздів; можлива розробка міцних ґрунтів; застосування двигуна меншої потужності і відсутність загальної рами роблять даний скрепер дешевше інших. Двигун на такий скрепер потрібен потужністю на 30% меншою, ніж у традиційних скреперів з таким же об'ємом ковша.

Для скреперів бінарної дії основними розрахунковими параметрами є:

- 1) опір різанню ґрунту ковшами, кН

$$W_1 = 2Bhk \cdot 10^3,$$

де  $B$  – ширина ковша скрепера, м;  $h$  – товщина шару ґрунту, що зрізується (у даному випадку приймається рівною товщині стінки ковша), м;  $k$  – питомий опір різанню ґрунту, МПа;

- 2) опір переміщенню ґрунту по стінці ковша, кН

$$W_2 = 2Bh^2 \mu_2 g \cos^2 \alpha,$$

де  $\mu_2$  – коефіцієнт тертя ґрунту по поверхні стінки ковша;  $\alpha$  – кут різання, град;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

- 3) опір тертя ґрунту при його підйомі, кН

$$W_3 = 2BH^2 g \gamma \mu \frac{1}{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi},$$

де  $H$  – висота наповнення ковша, м;  $\mu$  – коефіцієнт тертя ґрунту по ґрунту;  $\varphi$  – кут природного укосу ґрунту, град;  $\gamma$  – щільність ґрунту, кг/м<sup>3</sup>;

- 4) опір переміщенню призми волочіння, кН

$$W_4 = 1,2BH^2 \gamma \mu g;$$

- 5) загальний опір переміщенню ковшів, кН

$$W_s = W_1 + W_2 + W_3 + W_4;$$

- 6) внутрішній діаметр зтягувального гвинта орієнтовно визначають із розрахунку сил на подолання опорів переміщенню ковшів скрепера по заниженому (приблизно на 30%) допустимому напруженню стискання матеріалу гвинта

$$d_1 = \sqrt{\frac{W_s}{0,7[\sigma_{\text{ст}}]}},$$

де  $d_1$  – внутрішній діаметр зтягувального гвинта, м;  $\sigma_{\text{ст}}$  – допустиме напруження стискання матеріалу гвинта, м;

- 7) крутний момент, необхідний для повертання гайок зтягувального гвинта з урахуванням використання 2-х гідромоторів, кН·м

$$M_{\text{кр}} = \frac{W_s d_2}{4} \operatorname{tg}(\beta + \rho),$$

де  $d_2$  – середній діаметр зтягувального гвинта, м;  $\beta$  – кут підйому гвинтової лінії, град.;  $\rho$  – кут тертя (залежить від коефіцієнту тертя в різі  $f$ ,  $\rho = \operatorname{arctg} f$ ), град.

За крутним номінальним моментом  $M_{\text{кр}}$  і необхідною частотою обертання з використанням довідкових таблиць підбираються тип і марка гідромоторів;

- 8) необхідний діаметр поршня привідних гідроциліндрів, м

$$D = \sqrt{2W'_s / P_{\text{max}} \pi},$$

де  $W'_s = (W_1 + W_2) / 2$ ;  $P_{\text{max}}$  – максимальний тиск в напірній лінії гідроциліндра, МПа;

- 9) необхідний діаметр штока привідних гідроциліндрів, м

$$d = D \sqrt{1 - V_1 / V_2},$$

де  $V_1, V_2$  – максимальні швидкості прямого та зворотного ходу, м/с.

Основним недоліком цієї конструкції скрепера є неможливість розробки мерзлих ґрунтів.

Іншим варіантом удосконалення робочого обладнання скреперів є застосування фрезерного робочого органа (ФРО), що розміщується позаду ковша.

Ця конструкція (рис. 5) містить тягач 1, з'єднаний з ковшем 3 за допомогою арки-хобота 2. Рама ковша скрепера ззаду спирається на задні колеса 4. До ковша 3 на двох осях 5 кріпиться ФРО 6. За допомогою коромисла 7 і гідроциліндра 8 ФРО переміщується вгору - донизу на задану

відцентрових сил закидається в ківш до його заповнення. Після цього здійснюється підйом ФРО в транспортне положення і припинення його обертального руху. Заповнений ґрунтом ківш транспортується до встановленого місця розвантаження і розвантажується шляхом нахилу ковша з використанням гідроциліндрів. При необхідності ґрунт з ковша може розвантажуватися рухомою передньою стінкою, що переміщується з використанням гідроциліндрів.

В цій конструкції поєднуються функції скрепера, дорожньої фрези і металника ґрунту, що дозволяє розробляти міцні ґру-

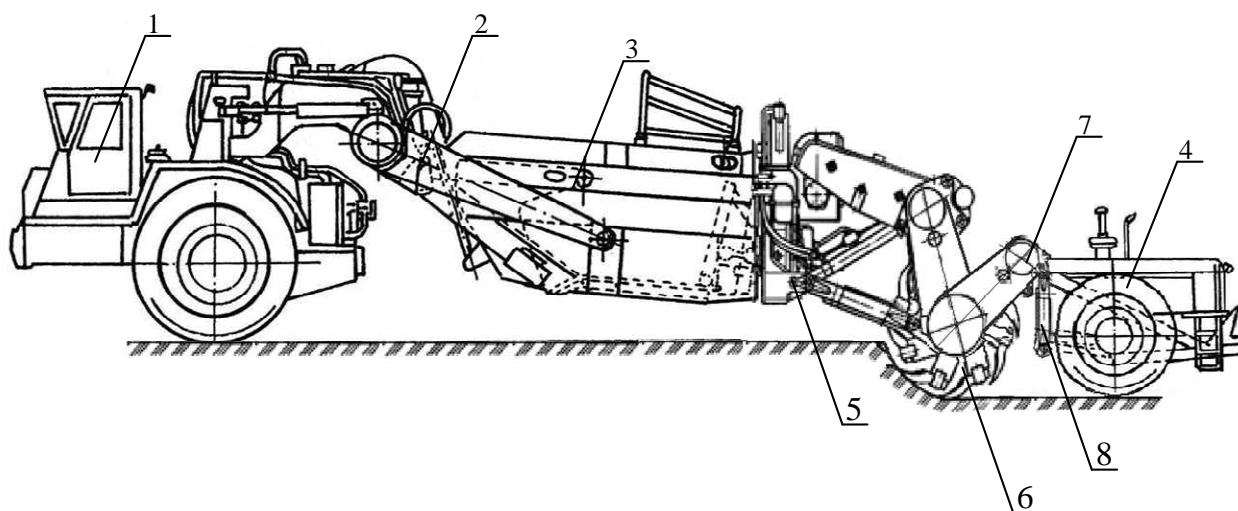


Рис. 5. Скрепер з фрезерним робочим органом

Fig. 5. Scraper with milling working body

відстань для розробки ґрунту і приводиться в обертання двома гідромоторами, розташованими всередині ФРО.

За допомогою шліцьового з'єднання валів гідромоторів з ФОР передається крутний момент на барабан. ФРО є товстостінною трубою певної довжини, що дорівнює розрахунковій ширині смуги зрізаного ґрунту; на зовнішній поверхні труби приварені кронштейни, на яких закріплені болтами різальні ножі-пластини.

Скрепер під'їжджає до місця завантаження. Далі з використанням гідромоторів приводиться в обертання барабан ФРО і заглиблюється в ґрунт на необхідну глибину за допомогою гідроциліндра 8. При цьому ґрунт зрізується ножами-пластинами, закріпленими на барабані, і під дією

Особливістю цієї конструкції є також відсутність опору наповнення ковша, що виникає при проштовхуванні стружки ґрунту через вже набраний в ківш ґрунт, так як зрізана ФРО стружка згори наповнює ківш. На цю складову в традиційних скреперах витрачається 60 ... 70% тягового зусилля, необхідного для наповнення ковша.

Конструкція скрепера з ФРО забезпечує мінімальну силу тяги для набору ґрунту в ківш, тому можна використовувати двигуни меншої потужності в порівнянні з традиційними скреперами.

Для скреперів з ФРО основними розрахунковими параметрами є:

1) потужність, яка підводиться до ФРО, кВт

$$N_{ob} = \frac{N_e - N_f - N_g}{1 - \left( \frac{3 \cdot K_d \cdot \cos(\beta) \cdot V_p}{8 \cdot \pi \cdot n \cdot R} \right)},$$

де  $N_e$  – потужність двигуна;  $N_g$  – потужність, що витрачається на гідравлічні втрати і привід допоміжних механізмів, кВт;  $K_d$  – коефіцієнт динамічності;  $\beta$  – кут нахилу сили опору різанню, град.;  $n$  – частота обертання ротора ФРО,  $c^{-1}$ ;  $R$  – радіус ротора ФРО, м;

2) потужність, що витрачається на перекочування скреперного агрегату  $N_f$  без врахування ефекту підштовхування, кВт

$$N_f = \mu \cdot (G_t + G_s + G_{gr}) \cdot V_p,$$

де  $\mu$  – коефіцієнт опору коченню скрепера;  $G_t$  – вага тягача, кН;  $G_s$  – вага скрепера, кН;  $G_{gr}$  – вага ґрунту в ковші, кН;  $V_p$  – швидкість скреперного агрегата, м/с;

3) потужність, що витрачається на гідравлічні втрати і привід допоміжних механізмів, кВт

$$N_g = 0,2 \cdot N_e;$$

4) частота обертання ротора ФРО,  $c^{-1}$

$$n = \sqrt{\frac{(Q + 1,2 \cdot K_n \cdot R^2 \cdot L_k) \cdot g}{4,8 \cdot K_n \cdot R^3 \cdot L_k \cdot K_{pr} \cdot \pi^2 \cdot \sin(2 \cdot \alpha)}},$$

де  $Q$  – місткість ковша,  $m^3$ ;  $R$  – радіус ротора ФРО, м;  $L_k$  – ширина ковша, м;  $K_n$  – коефіцієнт наповнення лопатки ротора;  $K_{pr}$  – коефіцієнт опору вітровому навантаженню скрепера;  $\alpha$  – кут повороту ротора ФРО, град.;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $m/c^2$ ;

5) сила опору ґрунту різанню, кН

$$R_n = \frac{3 \cdot K_d \cdot N_{ob}}{8 \cdot \pi \cdot n \cdot R};$$

6) можлива товщина стружки, що зрізується, м

$$h = \frac{R_n}{K \cdot B},$$

де  $K$  – питомий опір ґрунту різанню, Па;  $B$  – довжина барабана ФРО, м;

7) продуктивність ФРО,  $m^3/c$

$$P_1 = \frac{B \cdot h \cdot V_p \cdot K_{nr}}{K_r},$$

де  $K_{nr}$  – коефіцієнт наповнення лопатки ФРО;  $K_r$  – коефіцієнт розпушування.

## ВИСНОВКИ

Впровадження описаних конструкцій скреперів дозволить збільшити діапазон ґрунтів, що ними розробляються, в порівнянні з скреперами традиційних конструкцій, підвищити їх продуктивність і знизити собівартість земляних робіт шляхом застосування на них двигунів меншої потужності. Перспективними напрямками подальших досліджень є розробка і впровадження нових конструктивних схем робочого обладнання скреперів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Ветров Ю.А. и др.* Машины для земляных работ. Учебник. К.: ВШ, 1981. – 383 с.
2. *Федоров Д.И.* Рабочие органы землеройных машин. М.: «Машиностроение», 1990. – 368 с.
3. *Пелевін Л.Є., Рашківський В.П.* Курсове проектування з гідроприводу підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних та лісотехнічних машин. К.: «Фенікс», 2015. – 105 с.
4. *Корольков А.Е.* Скрепер бинарного действия. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Омск: СибФУ, 2001. – 18 с.
5. *Снигерев Д.С.* Обоснование параметров скрепера с фрезерным рабочим органом. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Омск: СибГАДА, 2001. – 18 с.
6. *Пелевін Л.* Аналіз процесу імпульсної подачі зуба розпушника / Л. Пелевін, А. Фомін, Б. Мельниченко // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ, 2015. – №85. – С. 90-94.
7. *Міщук Д.* Дослідження динамічної моделі гідравлічного циліндра об'ємного гідроприводу / Д. Міщук // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ, 2016. – №87. – С. 74-81.

## REFERENCES

1. *Vetrov YU.A., 1981.* Mashyny dlya zemlyanykh robot. [Earth moving]. Uchebnyk. Kiev VSH, – 383.
2. *Fedorov D.Y., 1990.* Rabochye orhany zemleroynykh mashyn. [The working parts of earthmoving machines]. Moscow «Mashynostroenye», 368.
3. *Pelevin L.YE., Rashkivskyy V.P., 2015.* Kursove proektuvannya z hidropriyvodu pidyomno-transportnykh, budivelnykh, dorozhnykh, melioratyvnykh ta lisotekhnichnykh mashyn. [Course design hydraulic lifting-transporting, building, road, reclamation machines and Forestry ]. Kiev «Feniks», 105.
4. *Korolkov A.E., 2001.* Skreper bynarnoho deystvyaya. [Scraper binary steps]. Avtoreferat dySSERTatsyy na soyskanye uchenoy stepeny kandydata tekhnicheskyykh nauk. Omsk: SybFU, – 18.
5. *Snyherev D.S., 2001.* Obosnovanye parametrov skrepera s frezernym rabochym orhanom. [Justification scraper parameters milling working body]. Avtoreferat dySSERTatsyy na soyskanye uchenoy stepeny kandydata tekhnicheskyykh nauk. Omsk: SybHADA – 18.
6. *Pelevin L., Fomin A., Melnichenko B., 2015.* Analiz procesu impul'snoi podachi zuba rozpushnika [The analysis process pulsed supply dental ripper]. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioration machines], No. 85, 90-94. – (in Ukrainian).
7. *Mischuk D., 2016.* Docladzeniya dinamichnoi modeli gidravlichnogo cilindra obemnogo gidroprivody [Hydraulic cylinder of the volumetric hydraulic drive research of the dynamic model]. Girnichi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini [Mining, construction, road and melioration machines], No. 87, 74-81. – (in Ukrainian).