

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СКРЕБКОВОГО ГРУНТОПРИБИРАЧА ТРАНШЕЙНИХ БЕЗКІВШОВИХ ЕКСКАВАТОРІВ

Євген Горбатюк, Світлана Комоцька

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, e-mail: gek_gor@mail333.com

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF CONSTRUCTIONS OF WORKING ORGANS OF SCRAPER OF TRENCH POWER-SHOVELS IS WORKED OUT

Evgeniy Gorbatiuk, Svetlana Komotska

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Povitroflotsky Prospect 31, Kyiv, Ukraine

АНОТАЦІЯ. У статті наведено основні етапи програми експериментальних досліджень конструкцій робочих органів скребкового ґрунтоприбирача траншейних безківшових екскаваторів. Детально описано конструкцію стенда для дослідження процесу різання ґрунту та приведена модель скребкового ґрунтоприбирача. Крім того, за залежностями з класичної теорії математичної статистики визначено мінімально необхідне число повторювань дослідів.

Ключові слова: експериментальні дослідження, робочий орган, скребковий ґрунтоприбирач, ґрунт, траншея.

АННОТАЦИЯ. В статье приведены основные этапы программы экспериментальных исследований конструкций рабочих органов скребкового ґрунтоприбирача траншейных безковшовых экскаваторов. Детально описана конструкция стенда для исследования процесса резания ґрунта и приведена модель скребкового ґрунтоприбирача. Кроме этого, по зависимостям классической теории математической статистики определено минимально необходимое число повторений опытов.

Ключевые слова: экспериментальные исследования, рабочий орган, скребковый ґрунтоприбирач, ґрунт, траншея.

SUMMARY. Purpose. In connection with the above, research aimed at improving the means and methods of isolation destroyed by the executive body of the soil, are important and need further improvement. **Methodology/approach.** The method of research - experimental and analytical method turns physical materiality process of destruction of the soil. **Research limitations/implications.** Experimental study of various geometric dimensions scrapers will determine the relationship scraper hruntoprybyracha modes with different geometrical dimensions of its working body – scraper. **Originality/value.** To ensure the minimum energy consumption of cutting soil, the best working body is a chain with scrapers. Recommended scrapers segment forms with the ratio of height to width from 0.25 to 0.5.

Key words: experimental researches, working organs, scraper janitor, soil, trench.

Подано 10.04.2013; прийнято 18.04.2013

ВСТУП

На сьогоднішній день в Україні спостерігається зростання об'ємів будівництва, освоєння природних ресурсів з облаштуванням нафтових, газових та інших родовищ корисних копалин, які потребують нового рівня технічної оснащеності землерийних машин поліпшення якості робіт на об'єктах, що споруджуються.

Капітальне будівництво потребує прокладення різних комунікацій з проведенням робіт за нульовим циклом, пов'язаних з розробкою ґрунту та розкриттям асфальтових покриттів. Разом із зведенням нових споруд необхідно здійснювати значну реконструкцію промислових і цивільних об'єктів в найрізноманітніших умовах: в зонах скельних і важких ґрунтів; в обмеже-

них міських умовах; проводити розбирання міцних покриттів, у тому числі і в аварійних ситуаціях і таке інше.

Іноді терміни "введення об'єктів будівництва в експлуатацію" пов'язані з удорожчанням робіт і необхідністю проведення їх у зимовий період.

Для ведення вищезазначених робіт створені і використовуються різні технічні засоби, у тому числі машини з ланцюговими різальними органами. Так, наприклад, при здобичі блоків із каменю використовуються переважно вузькощілинорізальні машини на рейковому ході [1], а для розробки мерзлого ґрунту – машини з широкими ланцюговими різальними органами [2]. Швидкість екскавації матеріалу із траншеї за допомогою траншеєкопача може бути у 6 разів вище за швидкість, яку забезпечує од-

ноківшевий екскаватор.

Застосування безквішових ланцюгових траншеєкопачів дозволяє знизити енергозатрати на розробку твердого та мерзлого ґрунтів, отримати технологічно підготовану траншею для укладання у проектне положення інженерних комунікацій як в літній, так і в зимовий періоди.

МЕТА СТАТТІ

Відмінністю безквішового ланцюгового траншеєкопача є те, що виконавчий орган разом з руйнуванням мерзлого чи твердого ґрунтів виконує функцію органа, який транспортує ґрунт із траншеї. Піднятий з траншеї ґрунт накопичується на поверхні незруйнованого масиву перед виконавчим органом.

Вилучений на поверхню ґрунт осипається у зазори між виконавчим органом і боковими стінками траншеї, зтягується до неї холостою гілкою ріжучого ланцюга і накопичується у нижній частині виконавчого органа між ріжуче-транспортуючими елементами. Ущільнюючись, він ускладнює доступ різців до вибою, при цьому збільшується як зусилля подачі, так і зусилля протягування ріжучого ланцюга.

У зв'язку з викладеним, дослідження, спрямовані на вдосконалення засобів та методів відокремлення зруйнованого ґрунту від виконавчого органа, є актуальними та потребують подальшого вдосконалення.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ

Вищезазначені експериментальні дослідження конструкцій робочих органів скребкового ґрунтоприбирача траншейних безквішових екскаваторів

Метод дослідження – експериментально-аналітичний. Ці закономірності первісно визначаються дослідним шляхом. Після цього, з метою їх обґрунтування аналітичними засобами, з'ясовується фізична суттєвість процесу руйнування ґрунту. Після цього проводиться опис отриманих закономірностей, що дозволить застосувати результати досліджень при рішенні практичних задач.

Виходячи з вище наведеного, програма експериментальних досліджень включає

наступні основні етапи:

- розробку методики дослідження робочих органів скребкового ґрунтоприбирача;
- випробування натурної моделі робочого органа на стенді для дослідження процесу різання;
- підготовку вимірювальної та реєструючої апаратури та її тарування;
- створення моделі суглинистого ґрунту з заданими фізико-механічними характеристиками;
- проведення дослідів;
- обробку результатів дослідів та оцінювання їхньої точності;
- визначення області раціональних значень конструктивно-технологічних параметрів робочого органа.

Для проведення експериментальних досліджень можна застосовувати різні види стендів для дослідження процесу різання ґрунту під час роботи скребкового ґрунтоприбирача.

Відомий стенд (рис. 1), що складається з опор *1*, на яких встановлені в підшипниках вісі *2* стояк *3*, жорстко зв'язаних з напрямними *4*, до яких жорстко приєднано контейнер *5* для середовища, що руйнується. Також в напрямних *4* встановлено тензометричний візок *6* з ріжучим елементом *7*, який має привід *8*. До правого стояка *3* приєднано гідроциліндр *9*, а до лівого – привід повороту *10* [3].

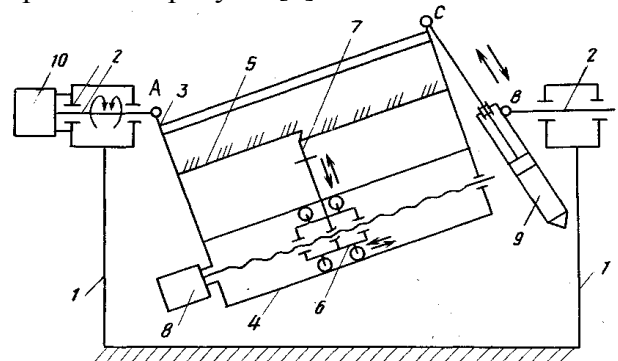


Рис. 1. Стенд для дослідження процесу різання: *1* – опори; *2* – вісі; *3* – стояк; *4* – напрямні; *5* – контейнер; *6* – візок; *7* – ріжучий елемент; *8* – привід; *9* – гідроциліндр; *10* – привід повороту

Fig. 1. Stand to study the cutting process: *1* - support *2* - axis *3* - risers, *4* - the guides, *5* - container, *6* - trolley, *7* - cutting element, *8* - the drive *9* - hydraulic cylinder, *10* - the drive rotation

Під час роботи станда ріжучий елемент 7 виставляють на потрібну глибину різання. За допомогою приводу 10 відбувається поворот осей 2 стояків 3, а разом з ними системи, яка складається з системи жорстко з'єднаних напрямних 4, контейнера 5, тензометричного візка 6 з приводом 8 і гідроциліндра 9, у вертикальній площині на потрібний кут. Потім, за допомогою гідроциліндра 9, відбувається обертання тієї ж системи у взаємо перпендикулярній площині. Шляхом повороту системи приводом 10, що дозволяє здійснити повний оберт на 360° , можна отримати положення, за яких ріжучий елемент 7 зрізує ґрунт, що знаходиться над ним, під ним та збоку від нього. Шляхом руху штока гідроциліндра можна отримати різні положення контейнера 5.

Для проведення експериментальних досліджень роботи скребоквих ґрунтоприбирачів пропонується дослідний пристрій, який складається з трьох основних частин: модель ґрунтоприбирача, пульт керування, реєструюча апаратура.

Модель скребоквого ґрунтоприбирача складається з рами, на яку жорстко кріпиться його основа (рис. 2). На основу кріпиться кронштейн з електродвигуном постійного струму 2П-90, якій за допомогою муфти з'єднується з валом веденої зірочки скребоквого ланцюга. Електродвигун оснащено регулятором СД-75. Скребоквий ланцюг підтримується за допомогою зірочок, одна з яких є ведучою, інші є напрямні та ще слугують для натягу ланцюга.



Рис. 2. Загальний вигляд скребоквого ґрунтоприбирача

Fig. 2. General view scraper janitor

Реєструюча апаратура повинна відповідати наступним вимогам:

1. безінерційність для можливості точної фіксації різких змін;
2. висока чутливість, для можливої роботи в широкому діапазоні існуючих навантажень не великих за значенням;
3. сталість масштабу величин, які вимірюються, для полегшення обробки зафіксованих даних.

Робочим органом моделі скребоквого ґрунтоприбирача є ланцюг ПР-38, 1-12700 за ГОСТ 13568-97, на якому закріплені скребки (табл. 1) з кроком $t_{с,м} = 90$ мм.

Таблиця 1. Характеристика скребоквих, які повинні досліджуватися

Table 1. Characteristics of scrapers to be explored

Параметри скребка	Форма скребка			
	Прямі			
	1	2	3	4
Висота H , мм	120	100	84	84
Ширина B , мм	240	300	354	354
$K = H / B$	0,5	0,33	0,25	0,25
	Сегментні			
	5	6	7	8
	Висота H , мм	120	100	100
Ширина B , мм	240	300	300	354
$K = H / B$	0,5	0,33	0,33	0,25

Вузол, призначений для визначення опору робочому пересуванню робочих елементів, є тензометрична балка з датчиками, що з'єднані за перехресною схемою.

Відмінністю з'єднання датчиків за цією схемою є те, що різнозначні датчики, розташовані з двох боків балки, з'єднані перехресно та підключені у плечі тензометричного напівмосту (рис.3).

Це дозволяє вимірювати різницю моментів сил в перерізах I та II , яка залежить від величини сили та не залежить від точки її прикладання.

Дослідження проводилися на природних та штучних ґрунтах. Останні характеризуються достатньо постійними властивостями, тому що вивчення окремих закономірностей і, особливо, фізичних явищ, що супроводжують процес, вимагало багатократного повторення дослідів за умови сталості властивостей взірців. Ґрунтовий матеріал готували за методикою професора В.І. Баловнева змішуванням помолотої спонділо-

вої глини (30%) та піску (58%) з наступним додаванням води (12%). Отриману ґрунтового суміш ущільнюють і вона за фізико-

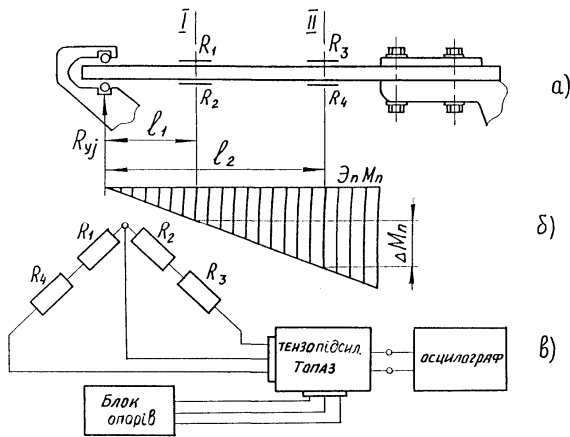


Рис. 3. Вузол вимірювання зусилля подачі робочого органа: а) - розміщення датчиків на тензобалочці; б) - епюра моментів; в) - схема підключення датчиків у напівміст

Fig. 3. Unit of measurement efforts to supply your body: а) - placing sensors on tensometric girder; б) - diagram points; в) - circuit connection of sensors in semi bridge

Щільність отриманої моделі ґрунту визначали за ГОСТ 22733-77 з застосуванням приладу ДОРНІ для стандартного ущільнення ґрунту, а вологість – за ГОСТ 5180-75. Зчеплення та кут внутрішнього тертя ґрунту встановлювали за результатом лабораторного визначення опору зрізу, виконаного за ГОСТ 12248-78. Контроль фізико-механічних властивостей натурної моделі ґрунту проводився систематично в ході проведення дослідів. Випробування ґрунту на зріз та визначення вологості виконували перед кожною серією дослідів.

Для визначення точності результатів експерименту або визначення числа повторювань дослідів застосовувалися залежності з класичної теорії математичної статистики [4, 5]:

$$\varepsilon = \frac{z_{CT} \cdot \delta_x}{\sqrt{n_{досл}}}; \quad (1)$$

$$N_{досл} = \frac{z_{CT}^2 \cdot \delta_x^2}{\varepsilon^2},$$

де ε – ексцес або максимальне розходження між виборчою та генеральною середньою; z_{CT} – число таблиці Стюдента, що зале-

жить від достовірної ймовірності $\Phi(z)=0,95$; δ_x – середньоквадратичне відхилення величини X_d при $n_{досл}$ повторювань дослідів; $n_{досл}$ – фактичне число повторювань дослідів; $N_{досл}$ – мінімальне число повторювань дослідів.

Згідно таблиць Стюдента ймовірності $\Phi(z)=0,95$ відповідає значення z_{CT} , що дорівнює 1,96.

В ході проведення експерименту було проведено n дослідів та одержані такі данні дальності викидання ґрунту:

Вибіркова середня результатів вимірювань:

n	1	2	3	4	5
X_d	3,73	3,6	4,05	3,81	3,87
n	6	7	8	9	10
X_d	3,76	3,75	3,88	3,96	3,59

Середньоквадратичне відхилення:

$$\bar{X} = \frac{1}{10} (3,73 + 3,6 + 4,05 + 3,81 + 3,87 + 3,76 + 3,75 + 3,88 + 3,96 + 3,59) = 3,8\text{м.}$$

$$\delta_x = \sqrt{\frac{1}{10} (3,73^2 + 3,6^2 + 4,05^2 + 3,81^2 + 3,87^2 + 3,76^2 + 3,75^2 + 3,88^2 + 3,96^2 + 3,59^2) - 3,8^2} = 0,13878$$

Максимальне розходження між виборковою та генеральною середньою:

$$\varepsilon = \frac{1,96 \cdot 0,13878}{\sqrt{10}} = 0,086.$$

Мінімально необхідне число повторювань дослідів $N_{досл}$:

$$N_{досл} = \frac{1,96^2 \cdot 0,13878^2}{0,086^2} \approx 10.$$

Проведені експериментальні дослідження за різних геометричних розмірах скребок дозволять визначити взаємозв'язок режимів роботи скребкового ґрунтоприбирача за різних геометричних розмірів його робочого органа – скребка.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень, експериментально визначено, що при роботі суглинистих ґрунтів для забезпечення

мінімальних енергозатрат процесу різання ґрунту, оптимальним робочим органом є ланцюг зі скребками. Скребки, в свою чергу, повинні мати сегментну форму і коефіцієнт відношення висоти до ширини від 0,25 до 0,5.

Висновки зроблені на основі представленого у статті статистичного аналізу, який враховує мінімальне число повторювань проведених дослідів.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Гарифов В.С.** Новое оборудование экспериментального завода/ В.С. Гарифов, А.Я. Гармс// Строительные и дорожные машины, 2004. - №6.-С. 43-46.
2. **Юдин В.Г.** Повышение качества модульных землерезных машин/ Юдин В.Г. // Строительные и дорожные машины, 2004. - № 6. - С. 2-4.
3. **Стенд для исследования процесса резания:** А.с. 1352004 СССР, МКИ4 Е 02 F 1/00. /Баладинский В.Л., Костенюк А.А., Пелевин Л.Е. /СССР/. – №4071675/29-03; Заявлено 28.05.86; Опубл. 15.11.87, Бюл. №42.
4. **Гласко М.С.** Исследование рабочего процесса роторного безлопастного метателя ґрунта землеройно-транспортной машины. Дис... канд.техн.наук, - М., 1978. – 178с.
5. **Румшицкий Л.З.** Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Изд-во Наука, 1971. – 192 с.
6. **Баловнев В.И.** Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин/ В.И. Баловнев. - М.: Машиностроение, 1974.-232с.
7. **Горбатюк Є.В.** Силові та енергетичні показники процесу транспортування ґрунту скребковим ґрунтоприбирачем // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукр. збірник наукових праць, - К.: КНУБА, 2009. - Вип. 74 - С. 78-82.

REFERENCES

1. **Garifov B.C., Garms A.J., 2004.** Novoe oborudovanie jeksperimental'nogo zavoda [The new equipment of the pilot plant]. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny [Construction and road machinery], no. 6, 43-46.
2. **Judin V.G., 2004.** Povyszenie kachestva modul'nyh zemlereznyh mashin [Improving the quality of modular earthmoving machinery]. Stroitel'nye i dorozhnye mashiny [Construction and Road machinery], no. 6, 2-4.
3. **Baladinskij V.L., Kostenjuk A.A., Pelevin L.E., 1986.** Stend dlja issledovanija processa rezanija [The stand for the study of the cutting process]. Patent USSR, no. 4071675/29-03.
4. **Glasko M.S., 1978.** Issledovanie rabocheho processa rotornogo bezlopastnogo metatelja ґрунту zemlerojno-transportnoj mashiny [The research workflow rotary bladeless thrower ground earth-moving machines], Moscow, Dis. kand.tehn.nauk, 178.
5. **Rumshiskij L.Z., 1971.** Matematicheskaja obrabotka rezul'tatov jeksperimenta [Mathematical processing of the experimental results], Moscow, Izd-vo Nauka, 192.
6. **Balovnev V.I., 1974.** Metody fizicheskogo modelirovanija rabochih processov dorozhno-stroitel'nyh mashin [Methods of physical modeling workflows road-building machines], Moscow, Mashinostroenie, 232.
7. **Gorbatjuk E.V., 2009.** Silovi ta energetichni pokazniki procesu transportuvannja ґрунту skrebkovim ґрунтоpribirachem [Power and energy characteristics of the process of transportation of soil the scraper soil cleaner]. Girn., bud., dor. ta meliorat. mashini, [Mining, constructional, road and melioration machines], no. 74, 78-82.