

Аналіз графічних залежностей вказує про суттєвий вплив на питомий опір різання глибини розсташування ножа, при цьому останній, для реальних кутів різання, змінюється в межах 2 – 2,5 разів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кравець С.В. Вплив гідростатичного тиску на критичну глибину при комбінованому поярусному різанні ґрунту / С.В. Кравець, О.Л. Романовський, В.Д. Кирикович, І.М. Музичук // Вісник НУВГП – Рівне: 2007. – Вип. 3 (39) ч. 2 - С. 236-243.
2. Баладинский В.Л., Пузырев Ю.В., Смирнов В.Н., Кисленко А.А. Производительность и долговечность землеройных мелиоративных машин. – К.: Урожай, 1988. 152с.
3. Станевский В.П. Совершенствование рабочего процесса землеройных машин. – К.: Вища школа. Изд-во при КГУ, 1984. – 128с.
4. Баладинский В.Л., Баранников В.Ф., Ошпакаев Т.А. Механика рабочих процессов строительных машин. – Алма-Ата: ЛАФЦЧИПКС, 1982. – 160 с.
5. Томин Е.Д. Бестраншейное строительство закрытого дренажа. – М.: Колос, 1981. – 240с.
6. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1975. – 424с.
7. Кравець С.В., Романовський О.Л., Нікітін В.Г., Кирикович В.Д. Робочий орган землерійної машини для добування корисних копалин. Деклараційний патент №62709 А. Офіційний бюлетень по справах винаходів і відкриттів, 2003 р., №12.
8. Романовський О.Л., Кирикович В.Д. Дослідження флотаційних властивостей бурштину. “Вісник” Український державний університет водного господарства та природокористування. Зб.наук. пр., випуск 2 (26). Рівне 2004, С. 323-328.

**УДК 621.878.2::167.23**

**М.Е. ХОЖИЛО, аспірант.**

*Державний вищий навчальний заклад  
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ РІЗАЛЬНО-МЕТАЛЬНОГО РОБОЧОГО ОРГАНА З ҐРУНТОМ**

**Актуальність проблеми.** Підвищити ефективність виконання земляних робіт дозволяють землерійно-транспортні машини безперервної дії, наприклад у вигляді грейдер-елеваторів, стругів-кидачів, а також багатоковшеві екскаватори. У серійних конструкціях

таких машин руйнування ґрунта та переміщення його на зовнішній транспортуючий пристрій здійснюється за рахунок тягового зусилля базової машини. У зв'язку з цим ефективність робочого процесу залежить від коефіцієнта зчеплення ходового обладнання з ґрунтовою поверхнею та ваги базової машини. Тому, для збільшення площі поперечного перерізу зрізаємого ґрунта і відповідно продуктивності потрібно збільшувати вагу базової машини та її потужність, яка переважно не використовується стовідсотково на копання ґрунта з-за буксування ходового обладнання [1, 2, 3].

**Аналіз публікацій.** Більшість публікацій про дослідження робочих процесів землерийно-транспортних машин безперервної дії (ЗТМБД) стосується машин статичної дії, зокрема вдосконаленню та визначенню раціональних параметрів ріжучих систем [1, 2, 3].

Конструктивні рішення робочих органів активної дії переважно наведені в патентах на корисну модель [4, 5, 6].

Слід зазначити, що опрацьовані джерела наукової літератури та дисертаційних досліджень останніх років містять лише поодинокі публікації вітчизняних дослідників, щодо розробки та створення принципово нових активних робочих органів землерийно-транспортних машин безперервної дії.

**Мета.** Метою експериментальних досліджень є вивчення фізичної суті різально-метального робочого органа (РМО) в період копання ґрунта, а також отримання характеру зміни силових, енергетичних та технологічних показників робочого процесу від його геометричних і кінематичних параметрів, а також умов взаємодії з ґрунтом.

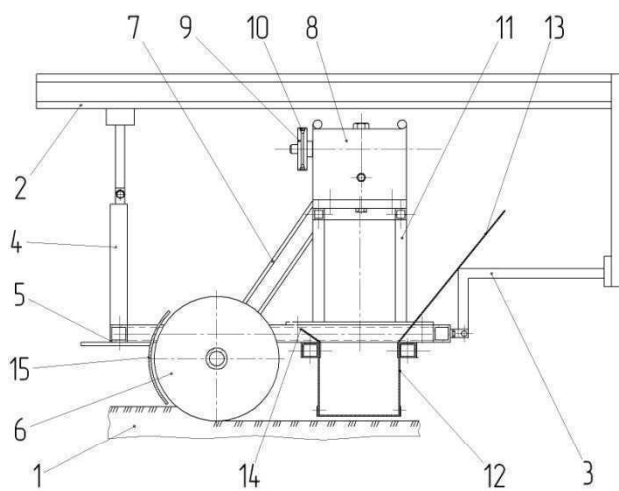
**Основна частина.** Для визначення параметрів РМО ЗТМБД різних типорозмірів необхідно встановити основні закономірності процесу взаємодії їх з ґрунтом. Для вирішення цього питання було використано експериментальний метод дослідження, що базується на фізичному моделюванні робочих процесів землерийних машин. Вказаний метод дає змогу отримати високу точність результатів у межах справедливості критеріїв подібності, зберігає фізичну природу процесу та має підвищену продуктивність отримання інформації.

Експериментальні дослідження проводились у лабораторних умовах кафедри будівельних та дорожніх машин Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». Дослідження виконувались на стенді для фізичного моделювання робочих процесів землерийно-транспортних машин (рис.1, а).

В якості масиву змодельований ґрунт II категорії. Необхідні фізико-механічні властивості масиву ґрунта досягались його зволоженням та ущільненням. Об'єктом дослідження була прийнята фізична модель, виконана у масштабі 1:4 (рис.1, б).



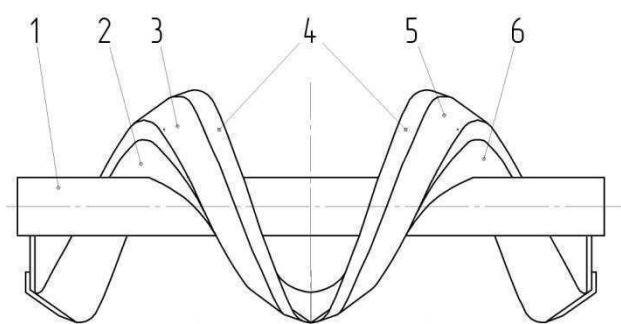
а



б



в



г



д



е

Рис. 1. Экспериментальне обладнання: а - стенд; б - схема робочого обладнання; в - РМРО  $\alpha_{тр}=35^\circ$ ; г - схема РМРО; д - РМРО  $\alpha_{тр}=15^\circ$ ; е - загальний вигляд РМРО.

Стендове обладнання складається з ґрунтового контейнера 1, підвісної балки 2, тензоланок 3, підвіса 4, рами 5 та 11, РМРО 6, клинового ремня 7 та 10, редуктора 8, шківів 9, контейнера накопичувального 12, задньої стінки 13, передньої стінки 14, кожуха 15.

Різально-метальний робочий орган (рис. 1 в, г) складається з приводного вала 1, гвинтових поверхонь лівого 2 та правого 6 напрямку навивки до яких закріплені транспортуючі поверхні 3 та 5 відповідно з ріжучими ножами 4.

При обертально-поступальному русі РМРО ріжучі ножі 4 зрізають ґрунт, який після виходу із зони різання отримує осьову та радіальну швидкості. За рахунок осьового переміщення частина зрізаного ґрунта накопичується в порожнині, що утворюється в місці сходження гвинтових поверхонь 2, 6 та транспортуючих поверхонь 3, 5. Розвантаження РМРО відбувається за рахунок кидання в момент, коли радіальна складова сили тяжіння дорівнює відцентровій силі, яка діє на ґрунт.

При проведенні випробувань по взаємодії РМРО з ґрунтовим масивом, встановлювався характер руху ґрунта при виході ріжучих ножів з зони руйнування ґрунта при різних умовах (рис. 2 – 8).



Рис. 2. Копання ґрунта без захисного кожуха.

Процес копання ґрунта РМРО складається з декількох етапів. На першому етапі процесу копання горизонтальної ґрунтової поверхні відбувається зрізання ґрунта та накопичення його у просторі між гвинтовими поверхнями лівого та правого напрямку навивки. Другий етап - транспортування ґрунта у напрямі протилежному поступальному руху різально-метального робочого органа здійснюється за допомогою радіального переміщення всього зрізаного об'єму ґрунта. Третій етап - розвантаження робочого органа відбувається за рахунок кидання в момент, коли радіальна складова сили тяжіння дорівнює відцентровій силі, яка діє на ґрунт.



Рис. 3. Копання ґрунта з захисним кожухом.

Проведені попередні експериментальні дослідження вказали на наступні особливості протікання робочого процесу:

1. Вагоме значення на фізичну картину процесу різання та транспортування ґрунта має режим роботи різально-метального робочого органа, що визначається його частотою обертання. Умовно частоту обертання вала робочого органа можна поділити на три режими: докритичний, критичний та закритичний.

Під час проведення дослідів на докритичному режимі було відмічено, що зрізаний ґрунт не транспортується під дією відцентрових сил, а безперечно зсипається з робочої поверхні під дією сил тяжіння у осьовому напрямі. Після накопичування ґрунта на гвинтових поверхнях здійснюється його підйом і вільне зсипання після перетину вертикальної вісі робочого органа. У цьому випадку ґрунт не транспортується за межі контуру робочого органа і тому не можливе його ефективне завантаження на зовнішній транспортуючий пристрій.

При досягненні критичного режиму роботи починається відрив ґрунту від робочого органа за рахунок збільшення дії відцентрових сил. Відрив ґрунта здійснюється до вертикальної вісі робочого органа і тому його подальше транспортування здійснюється за рахунок кидання, як тіла, що кинуте під кутом до горизонту. У цьому випадку ґрунт транспортується по параболічній траєкторії за межі контуру робочого органа (рис. 3).

При збільшенні частоти обертання вище критичної характер транспортування ґрунта у режимі кидання не змінюється, але змінюється траєкторія кидання, кут відриву ґрунта від робочої поверхні і відповідно збільшується відстань вільного транспортування ґрунта.

2. Наявність осьової швидкості руху ґрунта у зустрічних напрямках з гвинтових витків протилежних напрямів і накопичення його у місці сходження, а також виникнення відцентрових сил при обертанні робочого органа призводить до утворення призми перед робочим органом. Це збільшує енергоємність процесу різання тому, що відбувається повторне захоплення зрізаного ґрунта з призми (рис. 2).

3. Ґрунт, що зрізується при виході на денну поверхню, має абсолютну швидкість, яка складається з осьової та радіальної складових. Завдяки такій умові відбувається сковзання ґрунта вздовж робочої поверхні. Підтвердженням того, що відбувається сковзання ґрунта відносно робочої поверхні є його накопичення у місці сходження гвинтових робочих поверхонь з лівим та правим напрямками навивки. Також про вказану особливість свідчить те, що після транспортування в режимі кидання ґрунт укладається на горизонтальну поверхню у вигляді безперервного масиву з поперечним перерізом у вигляді трикутника (рис. 3).

4. На характер транспортування ґрунта, величини осьової та радіальної складових швидкості транспортування при закритичному режимі роботи різально-метального робочого органа впливає кут нахилу  $\alpha_{\text{тр}}$  транспортуючої поверхні до гвинтової. У випадку коли  $\alpha_{\text{тр}} \leq \delta$  відбувається тільки сковзання ґрунта вздовж гвинтової та транспортуючої поверхонь і відсутнє переміщення його по транспортуючій поверхні у поперечному напрямі. При цьому абсолютна кутова швидкість радіального транспортування зменшується



Рис. 4. Копання ґрунта при  $\alpha_{\text{кож}}=30^\circ$ .



Рис. 5. Копання ґрунта при  $\alpha_{\text{кож}}=45^\circ$ .



Рис. 6. Копання ґрунта при  $\alpha_{\text{кож}}=60^\circ$ .

порівняно з кутовою швидкістю обертання приводного вала  $\omega_0$ . Якщо виконується умова  $\alpha_{\text{тр}} \geq \delta$ , то відбувається одночасно із сковзанням вздовж по гвинтовій і транспортуючій поверхням переміщення ґрунта у поперечному напрямі транспортуючій поверхні під кутом до осі обертання, яке призводить до збільшення осьової швидкості транспортування ґрунта.



Рис. 7. Копання ґрунта при  $\alpha_{\text{кож}}=75^\circ$ .



Рис. 8. Копання ґрунта при  $\alpha_{\text{кож}}=90^\circ$ .

5. При куті  $\alpha_{\text{тр}} \leq \delta$  існують особливості робочого процесу транспортування ґрунта, які виникають при збільшенні величини швидкості поступового переміщення робочого органа (базової машини)  $V_M$  і постійних значеннях глибини копання  $h_k$  та кутової швидкості обертання різально-метального робочого органа  $\omega_0$ , або при збільшенні  $h_k$  при постійних значеннях  $V_M$ ,  $\omega_0$ . У вказаних випадках збільшується об'єм ґрунта, який зрізується і підлягає транспортуванню за один оберт робочого органа. Після досягання величини об'єму певного рівня під час транспортування починається його поділ на дві частини. Одна з них залишається у кутовому просторі між транспортуючою та робочою поверхнями, а друга – зсувається під дією відцентрових сил і транспортується у радіальному напрямі.

6. Збільшення кутової швидкості різально-метального робочого органа на закритичному режимі роботи при умові  $\alpha_{\text{тр}} \geq \delta$  при постійних значеннях інших параметрів призводить до зниження швидкості сколизування ґрунта вздовж транспортуючої та гвинтової поверхонь. Вказане явище відбувається за рахунок зростання відцентрової сили, яка притискує ґрунт до цих поверхонь і відповідно збільшує силу тертя, яка перешкоджає руху ґрунта.



При копанні ґрунта робочим органом з  $\alpha_{\text{тр}}=15^\circ$  відмічалось налипання ґрунта у просторі між гвинтовими поверхнями 2 та 6 і транспортуючими поверхнями 3 та 5 відповідно. Також, слід зазначити, низьку транспортуючу здатність при копанні вказаним робочим органом. Це можна пояснити тим, що зрізаний ґрунт не встигає зійти з транспортуючої поверхні під дією відцентрових сил. Подальші дослідження виконувались на РМРО з  $\alpha_{\text{тр}}=35^\circ$ .

З рис. 2. можна зробити висновок, що при копанні ґрунта РМРО відбувається його неконтрольоване розвантаження у напрямі поступального руху тензометричного візка, що потребує додаткові витрати енергії на повторне захоплення ґрунту, а також подолання сил тертя ґрунта по ґрунту.

Встановлення захисного кожуха попереду різально-метального робочого органа (рис. 3) дає змогу уникнути накопичення ґрунта, тим самим збільшити об'єм ґрунта, який накопичується позаду робочого органа.

З встановленням захисного кожуха під кутом  $\alpha_{\text{кож}}=30^\circ$  збільшувався кут розсіювання зрізаного ґрунта у напрямі накопичувального контейнера. Процес копання ґрунта протікав рівномірно з утворенням у накопичувальному контейнері характерної призми трикутної форми (рис. 4).

Аналізуючи процес копання ґрунта при  $\alpha_{\text{кож}}=45^\circ$  (рис. 5.) можна зробити висновок, що ґрунт який транспортується має більш прицільний кут кидання, але разом з тим збільшується дальність кидання порцій ґрунта. Збільшення кута встановлення захисного кожуху до  $\alpha_{\text{кож}}=60^\circ$  (рис. 6) призводить до накопичення ґрунта на задній стінці контейнера. При цьому режимі майже виключалось повторне захоплення ґрунта.

Після встановлення  $\alpha_{\text{кож}}=75^\circ$  (рис. 7) можна побачити, що накопичення ґрунту відбувається в центрі контейнера. Також процес характеризується сталим значенням об'єму накопичуваного ґрунта. При встановленні кута захисного кожуха на відмітці  $\alpha_{\text{кож}}=90^\circ$  (рис. 8) необхідно відмітити, що ґрунт попри малий кут розсіювання ґрунта, відбувалось також порційне кидання ґрунту з накопиченням його у центрі контейнера.

### **Висновки.**

1. На підставі критеріїв подібності була виготовлена фізична модель різально-метального робочого органа.
2. Експериментальні дослідження виявили вплив кута нахилу транспортувальної поверхні  $\alpha_{\text{тр}}$  на переміщення ґрунта із зони різання до накопичувального контейнера.
3. Встановлення захисного кожуха попереду різально-метального робочого органа дає змогу контролювати напрям розвантаження ґрунта.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Машины для земляных работ : Навч. посіб. / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. В. Ничке та ін./ – Під заг. ред. проф. Л. А. Хмари та проф. С. В. Кравця. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
2. Гарбузов З. Е. Землеройные машины непрерывного действия. Конструкции и расчеты. Под ред. Подборского Л. Е. М.—Л., «Машиностроение», 1965. – 275 с.
3. Бородачев И.П. Справочник конструктора дорожных машин / И.П. Бородачев, С.А. Варганов, М.Р. Гарбер и др. Под общ. Ред. И.П. Бородачева. -М.: Машиностроение, 1965. 724 с.
4. Патент на корисну модель №59935 Україна, МПК E02F 5/00. Різально-кидальний робочий орган/ Голубченко О.І., Хожило М.Е./ Власник ДВНЗ «ПДАБА», заявл.19.10.10; опубл.10.06.11, Бюл.№11.
5. Патент на корисну модель №48487 Україна, МПК E02F 5/00. Робочий орган землерийної машини безперервної дії/ Хмара Л.А., Голубченко О.І., Хожило М.Е./ Власник ДВНЗ «ПДАБА», заявл.03.08.09; опубл.25.03.10, Бюл.№6.
6. Патент на корисну модель №61081 Україна, МПК E02F 5/00. Робочий орган землерийної машини безперервної дії / Голубченко О.І., Хожило М.Е., Обух А.І./ Власники Голубченко О.І., Хожило М.Е., Обух А.І., заявл.06.12.10; опубл. 11.07.11, Бюл.№13.

**УДК 621.878.2::167.23**

**О. І. ГОЛУБЧЕНКО, канд. техн. наук., М. Е. ХОЖИЛО, аспірант.**

*Державний вищий навчальний заклад  
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

### **БАГАТОФАКТОРНІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ ҐРУНТА РІЗАЛЬНО-МЕТАЛЬНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ**

**Актуальність проблеми.** Робоче обладнання активної дії дозволяє скоротити кількість послідовних проходів, збільшити ширину копання ґрунта, зменшити величину перекриття та підвищити точність робіт. Робочий процес при використанні цього обладнання може здійснюватися машинами, які мають більшу енергонасиченість при меншій вазі [1]. При впровадженні активного робочого обладнання землерийно-транспортних машин безперервної дії виникає ряд питань по забезпеченню високої транспортуючої