

## УДК 624.132.3

**Кирикович В. Д., к.т.н., доцент; Козяр В. О., к.т.н., доцент,  
Форсюк С. Л., асистент, Макарчук О. В., к.т.н., доцент**

(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКИ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ҐРУНТУ ФРЕЗЕРНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

**Наведені засоби дослідження та встановлена фізика процесу розробки ґрунту фрезерним робочим органом для розробки ґрунту у водному середовищі.**

***Ключові слова:* суспензування, ґрунторуйнівні елементи фрези, змішувальна поверхня, водне середовище.**

**Постановка проблеми.** Технологічні процеси прокладання комунікацій, будівництва стінок в ґрунті, добування корисних копалин вимагають дослідження процесу суспензування ґрунту фрезою при одночасному поєднанні процесів різання і змішування ґрунту до однорідного стану і потребують дослідження фізики процесів розробки ґрунту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Більшість публікацій дослідження робочих процесів фрезерних робочих органів стосуються незалежних процесів різання і змішування [1; 2; 3; 4].

Фізична суть процесу розробки ґрунту у водному середовищі стосовно розробки і суспендування ґрунту є мало дослідженими і висвітленими в науковій літературі.

Слід відмітити, що лише поодинокі публікації вітчизняних дослідників розглядають розробку ґрунту у водному середовищі як процес різання з одночасним змішуванням ґрунту, що здійснюється при поступальному русі фрези [5; 6].

**Мета роботи** – встановлення фізики процесу розробки ґрунту фрезерним робочим органом для розробки ґрунту у водному середовищі.

**Викладення основного матеріалу.** Для дослідження фізики процесу розробки ґрунту фрезерним робочим органом для розробки ґрунту у водному середовищі було проведено польові дослідження на дослідному полігоні Національного університету водного господарства та природокористування (Рівненська обл., Рівненський р-н., с. Любомирка).

В якості дослідного обладнання використовувався гусеничний трактор ДТ-75Д із навішеною на нього рамою 2, на якій закріплені гідромотор 3, черв'ячний редуктор 4, який з'єднаний з гідромотором муфтою 5, колонка 6 з фрезою 7 і гідрообладнанням 8. Загальний вигляд базової машини з навісним обладнанням зображено на (рис. 1).

У передній частині шасі трактора ДТ-75Д закріплено буксирний канат (рис. 2).



Рис. 1. Установка для виконання польових досліджень у робочому положенні (вид ззаду): 1 – гідромотор; 2 – тензоланка; 3 – гусеничний трактора ДТ -75Д; 4 – муфта; 5 – редуктор; 6 – рама; 7 – приводна колонка; 8 – фреза; 9 – гнучкі трубопроводи



Рис. 2. Засоби експериментальних досліджень шляхом прямої тяги: 1 – тягач ЕТР-162; 2 – буксирний канат; 3 – динамометр; 4 – трактор ДТ-75Д з фрезерним робочим органом

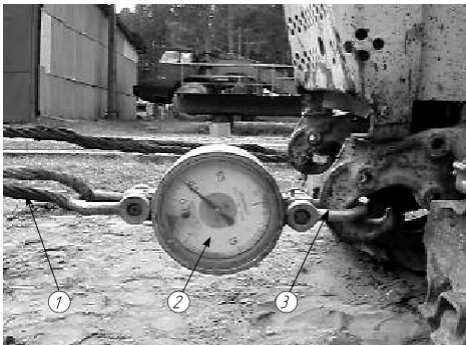


Рис. 3. Обладнання для вимірювання тягового опору: 1 – буксирний канат; 2 – динамометр; 3 – серга

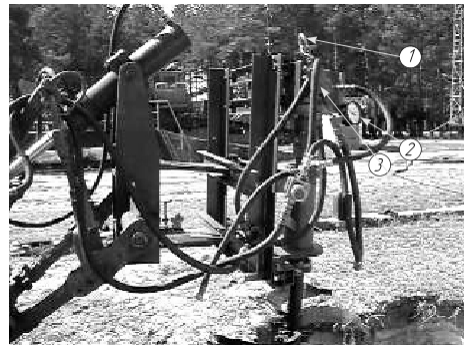


Рис. 4. Розташування тензоперетворювачів тиску та контрольно-вимірювальних приладів: 1 – трубка Бурдона з тензодатчиками; 2 – контрольний манометр; 3 – трійник

Для вимірювання і реєстрації тягового опору в режимі прямої тяги використаний динамометр ДПУ-50-2 ГОСТ-9409-60 (рис. 2, рис. 3), який кріпиться одним кінцем за сергу, а іншим до буксирного канату. При цьому тяга забезпечується трактором ЕТР-162.

У лінію гідросистеми робочого органа вмонтовані тензометричні перетворювачі у вигляді трубки Бурдона, на яку наклеєні датчики. Паралельно з тензоперетворювачами на трійнику встановлений манометр (рис. 4).

Тарування тензоперетворювачів гідросистеми і датчиків тиску виконувалось за допомогою ручного гідравлічного пресу.

Інші стандартні прилади, установки, обладнання та інструменти, які використовувалися при лабораторних та польових дослідженнях:

- динамічний щільномір (ударник ДорНДІ) згідно ГОСТ 19618-85 для визначення категорії ґрунту;
- індикатор годинникового типу ИЧ-10 (ГОСТ 577-68);
- рулетка вимірювальна металева довжиною 20 м згідно ГОСТ 7502-80 класу точності 3;
- лінійка вимірювальна металева довжиною 0,5 м за ГОСТ 427-86;
- комплект пристосувань для відбору, упакування, транспортування та зберігання зразків ґрунту, ГОСТ 12071-84;
- обладнання для лабораторного визначення фізичних характеристик ґрунту згідно ГОСТ 5180-84;
- вага ВЛКТ-2 кг-М; комплект ваг Г-4-1110, ГОСТ 7328-61;
- набір сит з отворами  $\varnothing 0,1-5$  мм для визначення гранулометричного складу, ГОСТ 12536-74.

Експериментальним дослідженням передували підготовчі роботи, до складу яких входили: виготовлення тензоланок, що включає наклеювання і сушіння тензодатчиків; підготовка тензометричної апаратури; тарування тензоланок; попередні дослідження ґрунтових умов дослідних полігонів.

Наклеювання і сушіння тензодатчиків проводилось за загальноприйнятою технологією [7; 8]. В якості тензодатчиків використовувались дротяні датчики опору, наклеювання і включення яких здійснено за відповідними схемами (рис. 5) [9].

Підготовка тензометричної апаратури до роботи полягала в її вмиканні, балансуванні підсилювальних каналів і попередньому налаштуванні. Далі виконувалось тарування тензометричних перетворювачів.

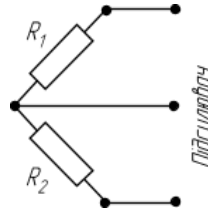


Рис. 5. Схема підключення тензометричних датчиків

Для тарування тензоперетворювачів тиску використано тензометричний стенд. При цьому тензоперетворювачі встановлювались на трійниках паралельно з манометром. Тиск створювався ручним насосом, величина тиску зчитувалась з манометра. При таруванні тензоперетворювача у вигляді трубки Бурдона тиск фіксувався з кроком 2,5 МПа до 25 МПа. При розвантаженні тиск фіксувався в зворотній послідовності.

Тарування кожного тензоперетворювача виконувалось з трикратним повторенням до і після проведення експериментів.

При проведенні досліджень на полігоні с. Любомирка вимірювання тягового опору на робочому органі велось за допомогою динамометра, який встановлювався між тягачем і базовим трактором (рис. 3), при цьому проводився запис крутного моменту на валу фрези.

У процесі досліджень проводилася перевірка роботоздатності фрезерного робочого органа для розробки ґрунту у водному середовищі.

Під час досліджень тип ґрунту і його консистенція визначалась числом пластичності, межею текучості і розкачування, які розраховані по кореляційних залежностях А.М. Зелєніна [10] через природну вологість ґрунту.

Експериментами з'ясована суть фізичних процесів, які відбуваються при розробці ґрунту фрезерним робочим органом у водному середовищі.

Так, спостереженнями за роботою останніх встановлено, що по висоті рознесення ножів розробляються пласти переважно з формуванням елементної стружки, після чого стружка під дією ерозії води і руху по лопаті розмішується до суспензного стану.

Також встановлено, що під час процесу різання ножами формуються трапецієвидні щілини (рис. 6).

Стружка, рухаючись, повертається в профільній площині і рухається по тілу змішувальної лопати (рис. 7).



Рис. 6. Форма трапецієвидних щілин



Рис. 7. Ґрунторуйнівні елементи фрези

За задньою гранню ножа, на долі секунди, утворюється порожнина, в яку з усіх боків стікає пульпа і заповнює її слідом за рухом ножа (рис. 8).

Як виняток розробки ґрунту є піщані ґрунти, вони формують нечітко виражену форму щілини і при зменшенні кутової швидкості миттєво осідають, чим збільшують опір змішування або зовсім блокують фрезерний робочий орган.

На робочі процеси впливає жорсткість системи навіски, тип змішувальних поверхонь, густина суспензного середовища, товщина стружки, що пов'язана з відношенням швидкостей роботи фрези.

Збільшення швидкості переміщення базової машини збільшує товщину стружки, що не дозволяє перемішати ґрунт до необхідної густини середовища (рис. 9).



Рис. 8. Інтенсивний процес перемішування ґрунту до суспензного стану



Рис. 9. Слід утворення пульпи із перевищенням допустимих швидкостей

Повний процес розробки ґрунту наближається до рівномірного із збільшенням кількості ножів в заборі (рис. 10).

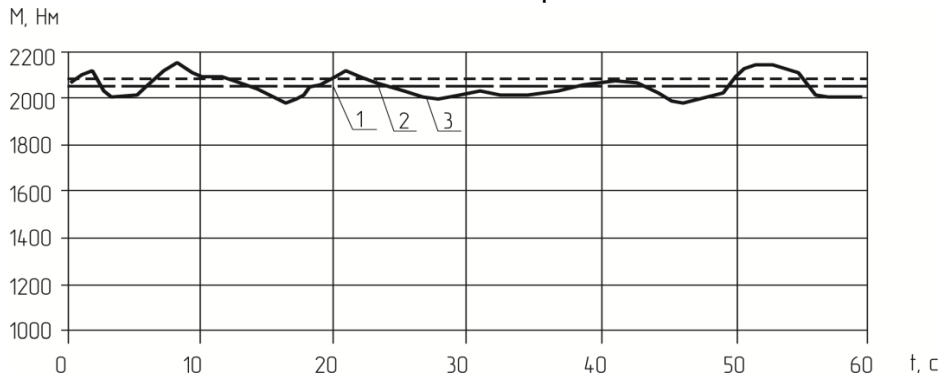


Рис. 10. Залежність крутного моменту фрези при густині середовища  $\rho_c = 1,47 \text{ г/см}^3$ ; радіусі фрези  $r = 0,5 \text{ м}$ ; товщині стружки  $h_{i,max} = 0,1 \text{ м}$ :  
1 – експериментальні; 2 – теоретичні; 3 – осцилограма

### Висновки:

1. Встановлено, що під час процесу різання ножами фрезерного робочого органа для розробки ґрунту у водному середовищі формуються трапецієвидні щілини, а ґрунт розробляють пластами переважно з формуванням елементної стружки, яка під дією ерозії води і руху по лопаті розмішується до суспензного стану.

2. Дослідженнями встановлено, що піщані ґрунти переходять із збуреного масиву в звичайний природний стан за декілька секунд, а глинисті маси можуть залишатися в такому стані декілька діб.

1. Ветров Ю. А. Машины для специальных земляных работ / Ю. А. Ветров, В. Л. Баладинский. – Киев : Вишья школа, 1980. – 192 с. 2. Недорезов И. А. Исследование процесса подводного резания грунтов кабелепрокладочными ножами / И. А. Недорезов, Ф. А. Дианов, М. Т. Тындыбеков // Стоительные и дорожные машины. – 1984. – № 4. – С. 14–15. 3. Королев К. М. Пути экономии энергии при приготовлении бетонной смеси / К. М. Королев // Стоительные и дорожные машины. – 1982. – № 9. – С. 16–18. 4. Лобанов В. А. Особенности резания грунтов под гидростатическим давлением / В. А. Лобанов, П. В. Хлыцов // Стоительные и дорожные машины. – 1985. – № 5. – С. 27–28. 5. Пат. 62709 Україна, МПК Е 21 С 45/00. Робочий орган землерийної машини для добування корисних копалин / Кравець С. В., Романовський О. Л., Нікітін В. Г., Кирикович В. Д.; заявник і патентоволодар Український державний університет водного господарства та природокористування (Україна). – № 2003054138; заявл. 08.05.2003; опубл. 15.06.2005, Бюл. № 6. 6. Кирикович В. Д. Дослідження оптимальної структури робочого процесу добування бурштину гідрофрезою / В. Д. Кирикович // Вісник НУВГП. Серія «Технічні

науки». – Рівне : НУВГП, 2007. – Вип. 4(40). – Ч. 3. – С. 120–125. **7.** Тартаковський Б. Н. Технология и механизация открытых горных работ / Б. Н. Тартаковський. – К. : Наук. думка, 1981. – 194 с. **8.** Шушкевич В. А. Основы электротензометрии / В. А. Шушкевич. – Минск : Высшая школа, 1975. – С. 351. **9.** Зеленин А. Н. Косое резание и копание грунта / А. Н. Зеленин, Л. В. Красильников // Строительные и дорожные машины. – 1967. – № 4. – С. 13–14. **10.** Зеленин А. Н. Машины для земляных работ / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов. – М. : Машиностроение, 1975. – 424 с.

Рецензент: д.т.н., професор Кравець С. В. (НУВГП)

---

**Kurykovych V. D., Candidate of Engineering, Associate Professor, Koziar V. O., Candidate of Engineering, Associate Professor, Forsiuk S. L., Assistant, Makarchuk O. V., Candidate of Engineering, Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

#### **PHYSICS RESEARCH OF SOIL DEVELOPMENT BY MILLING WORKING BODY IN THE AQUATIC ENVIRONMENT**

**The methods of research are resulted and the physics of the process of soil development by the milling working body for the development of soil in the aquatic environment has been established.**

**Key words: suspension, soil-destroying elements of the milling cutter, mixing surface, water environment.**

---

**Кирикович В. Д., к.т.н., доцент; Козяр В. А., к.т.н., доцент, Форсюк С. Л., ассистент, Макарчук А. В., к.т.н., доцент**  
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ ГРУНТА ФРЕЗЕРНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ В ВОДНОЙ СРЕДЕ**

**Приведенные методы исследования и установлена физика процесса разработки грунта фрезерным рабочим органом для разработки грунта в водной среде.**

**Ключевые слова: суспензирование, грунторазрушающие элементы фрезы, смесительная поверхность, водная среда.**

---