

УДК 631.331

© В.Ф. Дідух, д.т.н., Р.А. Хлопецький, С. Ф. Бабарика, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ КРИВОЛІНІЙНОЇ ПОВЕРХНІ З УЩІЛЬНЕНИМ ШАРОМ САПРОПЕЛЮ

У статті приведені результати дослідження визначення швидкості поступального руху добувного модуля з врахуванням особливостей процесу відділення пласта озерних сапропелів середнього шару криволінійними поверхнями забірною пристрою фрезерного типу.

ДОБУВНИЙ МОДУЛЬ, САПРОПЕЛЬ, РОТОР, ЗАБІРНИЙ ПРИСТРІЙ, ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА.

Постановка проблеми. Пошук нетрадиційних джерел органічної сировини для використання її у якості органічних добрив вказує на поклади озерних сапропелів, основні запаси яких зосереджені у північно-західному регіоні країни [1]. Очищення природних водойм технічними засобами пов'язано з їх негативним екологічним впливом на озеро та прилеглі до нього території. Відомі технічні засоби, які використовувались до недавнього часу не відповідають основним екологічним критеріям: помутніння води у зоні розробки, зниження рівня водного плеса, поява точкових заглиблень по площі озера, знищення прибережної смуги та ін. [2]. Тому розробка конструкції забірною пристрою, який забезпечить рівномірність видалення найбільш якісного для використання середнього шару сапропелю з врахуванням екологічних умов є складною проблемою наукових досліджень. Важливим моментом таких досліджень є вибір криволінійної поверхні робочого органу, який взаємодіє з капілярно-пористим колоїдним матеріалом [3] у водному середовищі, що обмежує використання високих швидкостей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі дослідження процесів розробки сапропелевих родовищ були спрямовані на пошук конструкцій забірних пристроїв великої продуктивності [2,4,5,6.]. При цьому глибокий теоретичний аналіз взаємодії робочих поверхонь з озерним сапропелем середнього шару відсутній. Це пояснюється складністю моделювання процесу та множинністю комбінацій властивостей сапропелів, який при виникненні дотичних зусиль змінює свою структуру та набуває

властивостей колоїдного тіла. Загалом середній та добре ущільнений нижній шар сапропелю [6] дозволяє розглядати його у статичному стані, з певними допущеннями, як ґрунт підвищеної вологості.

Так як процес добування сапропелю середніх шарів зводиться до відокремлення пласта певних розмірів від загального масиву за допомогою ріжучих елементів, то для такого процесу характерні відомі теоретичні положення, які відносять до теорії різання ґрунтів [7]. Заслужують також на увагу теоретичні дослідження фрезерних робочих органів [8] при вирішенні задач з кінематичного аналізу взаємодії ріжучих кромок робочих органів з ґрунтом. При цьому, важливим параметром, який впливає на якість виконання процесу є висока кутова швидкість, яка недопустима у випадку розробки озерного сапропелю.

Тому, для розробки добувального модуля [9] необхідно провести детальний кінематичний аналіз взаємодії криволінійної поверхні з сапропелем середнього шару з врахуванням екологічних умов його застосування та створення корисної тягової сили від крутного моменту забірної пристрою.

Метою досліджень є дослідження процесу взаємодії криволінійної робочої поверхні забірної пристрою добувального модуля з середнім шаром озерного сапропелю.

Результати досліджень. Запропонована конструкція засобу для добування середнього шару озерного сапропелю передбачає робочий орган у вигляді забірної пристрою фрезерного типу, що включає чотири криволінійні поверхні, які відділяють пласт сапропелю (рис. 1) по принципу роботи зворотної лопати ковша екскаватора. У такому випадку можливе виникнення корисної тягової сили, яка забезпечить переміщення добувального модуля у напрямку розробки висотою H . При цьому довжина ріжучої кромки з врахуванням стійкості добувального модуля має бути не меншою двох метрів. А форма внутрішньої криволінійної поверхні має бути виконана як частина спіралі Архімеда для мінімізації сил тертя матеріалу по внутрішній поверхні.

Як допущення у дослідженнях, вважаємо, що переміщення ріжучої кромки у сапропелі відбуватиметься без руйнування пласта до завершення його відокремлення від загального масиву. Крім цього, проведення кінематичного аналізу забірної пристрою враховуємо аналогічні основними параметрами робочих органів відомих машин - аналогів.

Траєкторія різання ножів ротора формується в результаті поєднання поступального руху добувального модуля u зі швидкістю

обертального руху ω забірного пристрою. Напрямок колового руху лопатей у верхній частині співпадає з напрямком поступального переміщення добувального модуля, в нижній частині – протилежний йому.

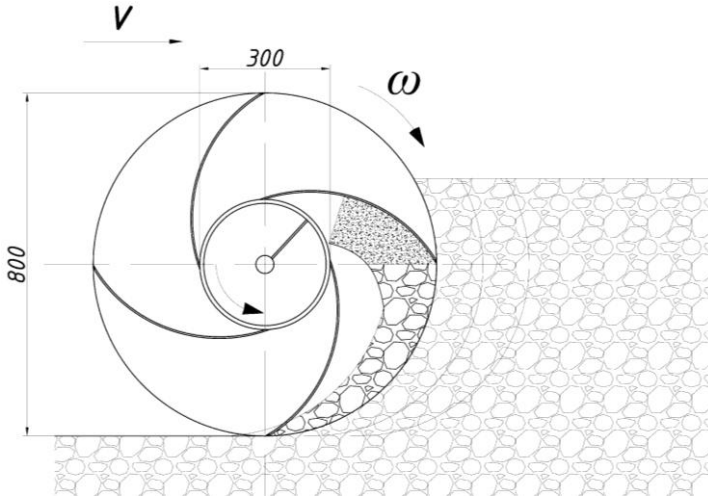


Рис. 1 – Схема добуваючої фрези

В кожний момент руху, в деякій точці на відстані $r_0 = \frac{u}{\omega}$ від осі забірного пристрою швидкості поступального і колового руху зрівнюються. При цьому траєкторію різання ножом можна представити як криві, що утворюються коченням без ковзання кола радіусом r_0 по даній прямій [10].

Така траєкторія відділення пласта сапропелю описуватиметься точкою (рис. 2) на продовженні кола, що кочиться, на відстані R від її центру. А криві, що при цьому утворюються, будуть трохойдами. Їх рівняння в параметричній формі мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x &= r_0 \cdot \varphi + R \cdot \sin \varphi \\ y &= r_0 + R \cdot \cos \varphi \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де φ – кут повороту забірного пристрою від початкового положення в радіанах; R – радіус кола від центра до ріжучого ножа.

Траєкторія врізання однією криволінійною поверхнею визначена і побудована по координатах x і y . Обчислення проводилось для точок кола від 0° до 360° через кожні 30° (рис. 3).

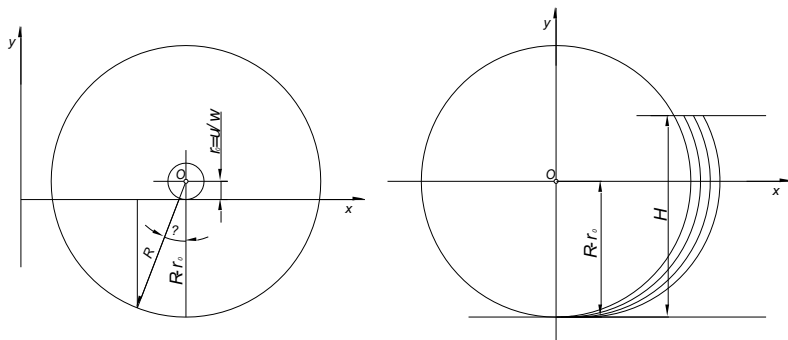


Рис. 2 – Схема траєкторії руху ножа однієї криволінійної поверхні

Початок відліку кутів обертання фрези приймаємо від позитивного напрямку осі у у напрямку годинникової стрілки.

Для параметру $r_0 = \frac{u}{\omega} = \frac{0,3}{6} = 0,05$, матимемо наступні координати (табл.).

За даними координатами будуюмо трохоїду (рис.3).

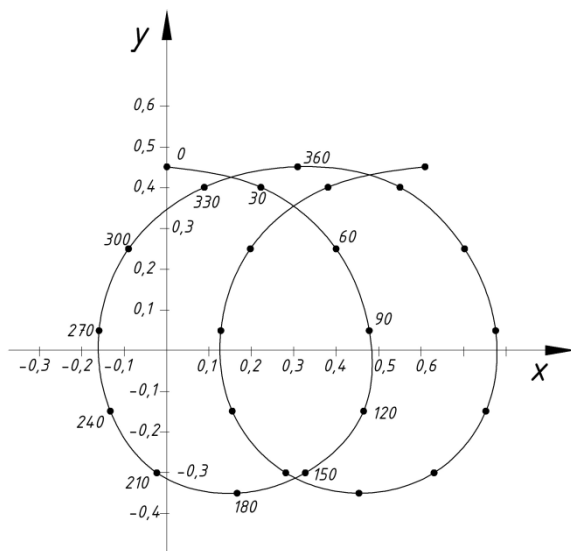


Рис. 3 – Трохоїда, побудована згідно розрахунків

Таблиця – Координати точок і дані для побудови траєкторії руху ріжучої кромки криволінійної поверхні забірного пристрою

Кут повороту φ°	x	$r_0\varphi + R \cdot \sin \varphi$ $r_0 + R \cdot \cos \varphi$	Координати	Кут повороту φ°	x	$r_0\varphi + R \cdot \sin \varphi$ $r_0 + R \cdot \cos \varphi$	Координати
0	x y	0,05·0+0,4·0 0,05+0,4·1	0 0,45	210	x y	0,05·3,66-0,4·0,5 0,05-0,4·0,866	-0,02 -0,30
30	x y	0,05·0,52+0,4·0,5 0,05+0,4·0,866	0,23 0,40	240	x y	0,05·4,19-0,4·0,866 0,05-0,4·0,5	-0,14 -0,15
60	x y	0,05·1,05+0,4·0,866 0,05+0,4·0,5	0,40 0,25	270	x y	0,05·4,71-0,4·1 0,05+0,4·0	-0,16 0,05
90	x y	0,05·1,57+0,4·1 0,05+0,4·0	0,48 0,05	300	x y	0,05·5,23-0,4·0,866 0,05+0,4·0,5	-0,09 0,25
120	x y	0,05·2,09+0,4·0,866 0,05-0,4·0,5	0,46 -0,15	330	x y	0,05·5,76-0,4·0,5 0,05+0,4·0,866	0,09 0,40
150	x y	0,05·2,62+0,4·0,5 0,05-0,4·0,866	0,33 -0,30	360	x y	0,05·6,28+0,4·0 0,05+0,4·1	0,31 0,45
180	x y	0,05·3,14+0,4·0 0,05-0,4·1	0,16 -0,35				

Крок траєкторії врізання кожним наступного ножа у напрямку переміщення добувного модуля:

$$l_0 = 2\pi r_0. \tag{2}$$

Крок послідовних траєкторій різання:

$$l = \frac{l_0}{n_n}, \tag{3}$$

де n_n – кількість криволінійних поверхонь забірного пристрою.

Швидкість врізання ножа v є також змінною величиною і залежатиме від кута повороту забірною пристрою φ :

$$v = \sqrt{u^2 + \omega^2 \cdot R^2 + 2\omega \cdot R \cdot u \cdot \cos \varphi}. \tag{4}$$

Важливим параметром, від якого залежатиме сила врізання, буде кут врізання, який також є змінним. Його величина визначається наступним чином:

$$\delta = \delta_1 - \varphi + \arctg k, \tag{5}$$

де δ_1 – кут між передньою гранню ножа і дотичною до поверхні в точці ріжучої кромки.

Кутовий коефіцієнт дотичної до траєкторії врізання визначаємо як:

$$k = \frac{R \cdot \sin \varphi}{\frac{u}{w} + R \cdot \cos \varphi}. \quad (6)$$

Який при повороті забірною пристрою добувального модуля на 90° буде рівний: $k = \frac{0,4 \cdot 1}{0,05 + 0,4 \cdot 0} = 8$.

Товщина зрізу в кожній точці траєкторії:

$$h \approx \frac{2\pi \cdot r_0}{n_n}, \text{ або } h \approx \frac{2\pi \cdot r_0}{n_n} \cdot \frac{k}{\sqrt{1+k^2}}. \quad (7)$$

Або, при повороті ротора на 90° :

$$h = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,05}{4} \cdot \frac{8}{\sqrt{1+64}} = 0,08 \text{ м.}$$

Рациональне співвідношення швидкостей обертання забірною пристрою w і переміщення добувального модуля u визначаємо з умови максимального заповнення внутрішнього об'єму кожною криволінійною поверхнею за час переміщення ріжучої кромки в масиві на висоті $H = 0,75$ м від від основи розробки:

$$q_r = \frac{2\pi \cdot r_0}{n_n} \cdot B \cdot H \text{ або } q_r = \frac{2\pi \cdot B \cdot H \cdot u}{n_n \cdot w}, \quad (8)$$

або:

$$w = u \cdot \frac{2\pi \cdot B \cdot H}{n_n \cdot w}. \quad (9)$$

Підставивши значення отримаємо швидкість u поступального руху добувального модуля за встановлених умов:

$$u = \frac{w \cdot n_n \cdot q_r}{2\pi \cdot B \cdot H} = \frac{6 \cdot 4 \cdot 0,12}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,75} = 0,3 \text{ м/хв.}$$

При проектуванні ріжучої кромки криволінійної поверхні важливо також правильно задати величини заднього кута, кута різання і кута нахилу ножа ріжучої кромки.

Висновки. Проведені дослідження дозволили встановити рациональну швидкість переміщення добувального модуля середнього шару озера сапропелю з діаметром забірною пристрою 0,8 м. При цьому його продуктивність буде максимальною, а дотримання умов, щодо не руйнування пласта сприятиме появі додаткової тягової сили,

яку варто використовувати для переміщення добувного модуля у напрямку розробки родовища.

Література

1. Шевчук М.В. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання: Монографія. Луцьк: Надстир'я, 1996. – 384 с.
2. Бодак В.І. Розробка і дослідження механізмів для добування сапропелів: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Тернопіль, 1996. – 209 с.
3. Дідух В.Ф., Булік Ю.В., Грабовець В.В. Фізико-механічні властивості сапропелів”. Сільськогосподарські машини. Зб. наук. ст., вип. 13. – Луцьк: Ред. – вид. відділ ЛДТУ. – 2005. – с 90-99.
4. Пидопличко А.П. Озерные отложения Белорусской ССР. –Мн., Наука и техника, 1975–120с.
5. Штин С.М. Озерные сапропели и их комплексное освоение /Под ред. И. М. Ялтануа. – М.: изд. МГГУ, 2005 г.
6. Шимчук О.П. Обґрунтування параметрів модуля для добування озерних сапропелів: дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Шимчук Олександр Петрович. – Тернопіль, 2009. – 137 с.
7. Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс). 2-е изд., доп., Учебн. для вузов. М., «Высшая школа», 1973 г. – 230 стр.
8. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. Киев: Машиностроение, 1971 г., 357с.
9. Патент України на корисну модель № 51204 «Добувний модуль озерних сапропелів» UA МПК(2009) E02F 3/88, 2010р.
10. Кореняко А.С. Теорія механізмів і машин/ Під. Ред. М.К.Афанасьева. К.:Вища школа: головне вид-во,1987.-206с.