

УДК 681.5

**МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
ГІДРОМОНІТОРНИМ РОЗМИВОМ ПРИ СВЕРДЛОВИННОМУ  
ГІДРОВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН**

Мельник В.С., аспірант,  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

*Проаналізовано процес та динаміку гідромоніторного розмиву корисних копалин. Розроблено математичну модель процесу як об'єкта керування. Запропоновано систему управління гідромоніторним розмивом за швидкістю розмиву та проведено її комп'ютерне моделювання.*

*It is analysed process and dynamics of giant washout of a mineral. The mathematical model of the process an object of management is designed. It is offered the control system of giant washout after speed of washout and it is conducted its computer modeling.*

**Актуальність проблеми та її зв'язок з прикладними задачами.** З відкриттям на Рівненщині покладів цеоліт-сметитових туфів та зернистих фосфоритів постала проблема їх ефективної розробки і використання в народному господарстві. В результаті аналізу геологічних особливостей залягання порід, їх фізико-механічних властивостей обґрунтовано доцільність використання свердловинної гідротехнології видобутку [1]. В основі свердловинного гідровидобутку лежать наступні основні технологічні операції: руйнування масиву породи корисної копалини, транспортування породи до підйомного механізму, піднімання гідросуміші на поверхню та гідротранспортування корисної копалини до місць наступної переробки.

Розмив породи є енерго- та ресурсоемким процесом. Оптимізація технологічних параметрів та автоматизація процесу розмиву є важливими чинниками для досягнення високих техніко-економічних показників.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Через складність процесів та різноманітність факторів загальна теорія руйнування породи не розроблена. Значний вклад у розвиток теорії руйнування породи гідравлічним способом внесли Н.Ф. Цяпко, А.М. Журавський, В.С. Мучник, М.А. Лаврентьев, В.Ф. Хникін та інші вчені [2].

Огляд існуючих систем гідромоніторного розмиву показав недостатній рівень автоматизації даного технологічного процесу, при якому, в основному, проводиться контроль окремих технологічних параметрів. Управління ж розмивом, в основному, здійснюється оператором, що не забезпечує необхідної якості управління та продуктивності.

**Постановка задачі.** Розробка систем автоматичного управління процесом гідромоніторного розмиву на основі моделювання процесу є важливим науково-технічним завданням, вирішення якого створює наукову базу для практичної реалізації ефективних систем управління.

Для побудови моделі об'єкта автоматизації необхідно дослідити його статичні і динамічні характеристики. В залежності від виду та складності об'єкта автоматизації, а також від технологічних вимог до якості керування процесом вибирається структурна схема, алгоритми і закони керування.

**Основний матеріал та результати досліджень.** Ефективність розмиву визначається продуктивністю гідромонітора та питомою енергоємністю, які залежать від слідуєчих факторів: параметрів струмини, фізико-механічних властивостей і будови розроблюваної корисної копалини, величини сил та тисків на контактї із вибоєм, технологічних прийомів розмиву породи.

Керуючими впливами при гідромоніторному розмиві є тиск і витрата робочого агента (води), швидкість обертання та переміщення насадки телескопічного гідромонітора у вибої.

Необхідність в керуванні тиском виникає із ряду причин:

- керування тиском необхідне для забезпечення ефективності процесу розмиву і енергозбереження, так як надлишковий тиск створює вруб в породу;

- надлишковий тиск розкидає розмиту породу по камері, що утруднює її транспортування;

- при оптимальному значенні тиску створюються умови для отримання пульпи з певною фракцією породи, необхідною для її ефективного транспортування та підйому;

- керування тиском при малих відстанях від насадки до стінки вибою запобігає заваленню каналу транспортування породи до піднімального пристрою.

Складність і умови проведення технологічного процесу підземного гідророзмиву створюють проблеми оперативного контролю за

технологічними параметрами. В існуючих системах керування гідромонітором здійснюється по часу роботи та консистенції пульпи, що подається на поверхню. Такий вибір контрольованих параметрів не дає змогу здійснювати ефективне керування процесом з ряду причин:

- оскільки вимірювання густини пульпи проводиться на поверхні, то виникає велике запізнення, що визначається часом транспортування та підйому пульпи;

- розмита порода піднімається на поверхню ерліфтами або гідроелеваторами, ефективність роботи яких знижується при зміні консистенції пульпи;

- на зміну консистенції пульпи впливає також осідання розмитої породи під час транспортування її до підйомного механізму.

Для побудови математичної моделі об'єкта керування у випадку фосфоритиносної породи, проаналізуємо динаміку її руйнування при дії струмینی енергетичної води (рис. 1).

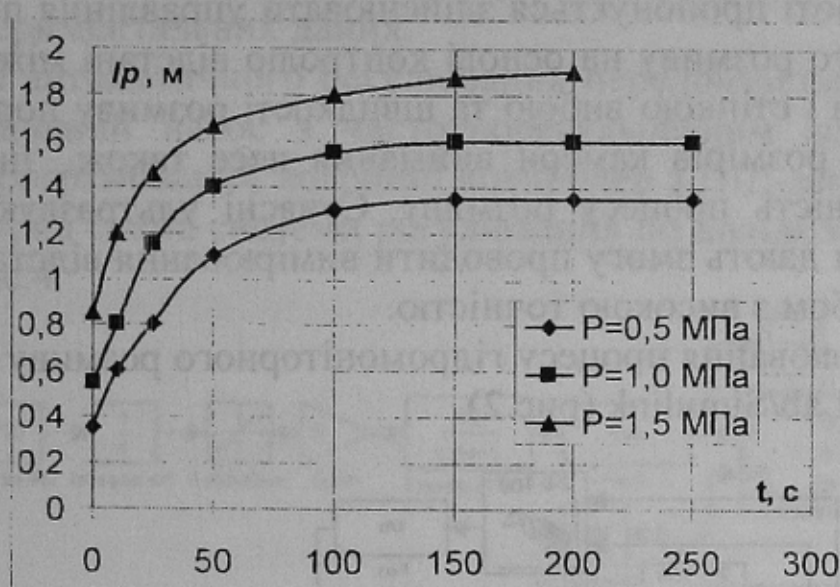


Рис. 1. Динаміка руйнування фосфоритиносної породи

З наведених залежностей видно, що в початковий момент, при невеликій відстані між насадкою гідромонітора і стінкою вибою, відбувається швидке руйнування породи. При зростанні відстані між ними тиск на стінку вибою падає. Коли тиск на стінку знижується до критичного, руйнування породи припиняється і дальність розмиву  $l_p$  не змінюється. Наведені на рис. 1 залежності добре описуються диференціальним рівнянням

$$\begin{cases} T(l_{P0}, P) \frac{dl_P(t)}{dt} + l_P(t) = K(l_{P0}, P) \cdot P(t), \\ l_P(0) = l_{P0} \end{cases} \quad (1)$$

де  $l_P$  - дальність розмиву;  $P$  - тиск води в насадці;  $K(l_{P0}, P)$  – коефіцієнт передачі;  $T(l_{P0}, P)$  – постійна часу;  $l_{P0}$  – початкова віддаль від насадки до стінки вибою.

Коефіцієнти  $K$ ,  $T$  залежать від параметрів процесу (відстані від насадки до стінки забою, тиску в насадці, форми та розмірів насадки, фізико-механічних властивостей породи, середовища руху струменя та ін.) і визначаються із експериментальних даних.

Застосувавши до рівняння (1) перетворення Лапласа, отримуємо передавальну функцію об'єкта

$$W(s) = \frac{K(l_{P0}, P)}{T(l_{P0}, P) \cdot s + 1} \quad (2)$$

В роботі пропонується здійснювати управління процесом гідромоніторного розмиву на основі контролю відстані між насадкою гідромонітора і стінкою вибою та швидкості розмиву породи. Контроль за зміною розмірів камери виймання несе також інформацію про продуктивність процесу розмиву. Сучасні ультразвукові та лазерні дальноміри дають змогу проводити вимірювання відстані безконтактним способом з високою точністю.

Моделювання процесу гідромоніторного розмиву проводилось в пакеті MatLab/Simulink (рис.2).

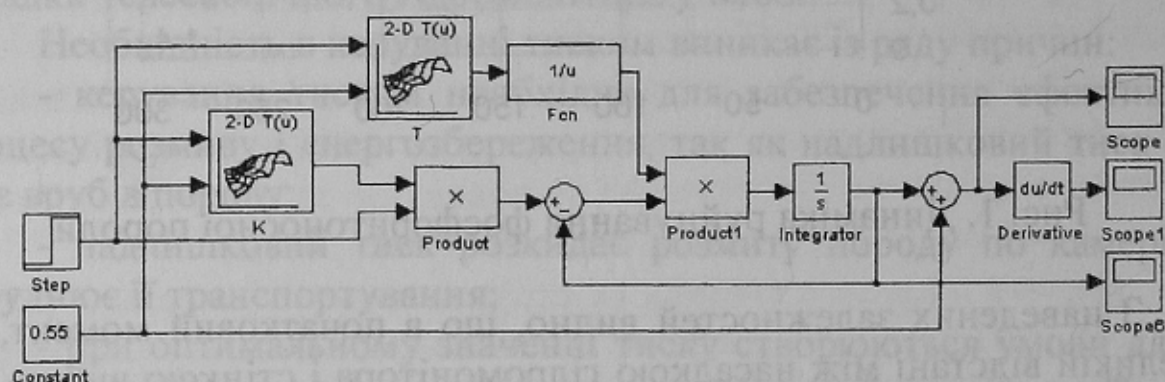


Рис. 2. Моделювання перехідних характеристик об'єкта.

Блоки двохпараметричної апроксимації служать для автоматичного обчислення коефіцієнтів  $K$  і  $T$ . В результаті отримано перехідні характеристики об'єкта по дальності та швидкості розмиву (рис.3), які добре співпадають з експериментальними.

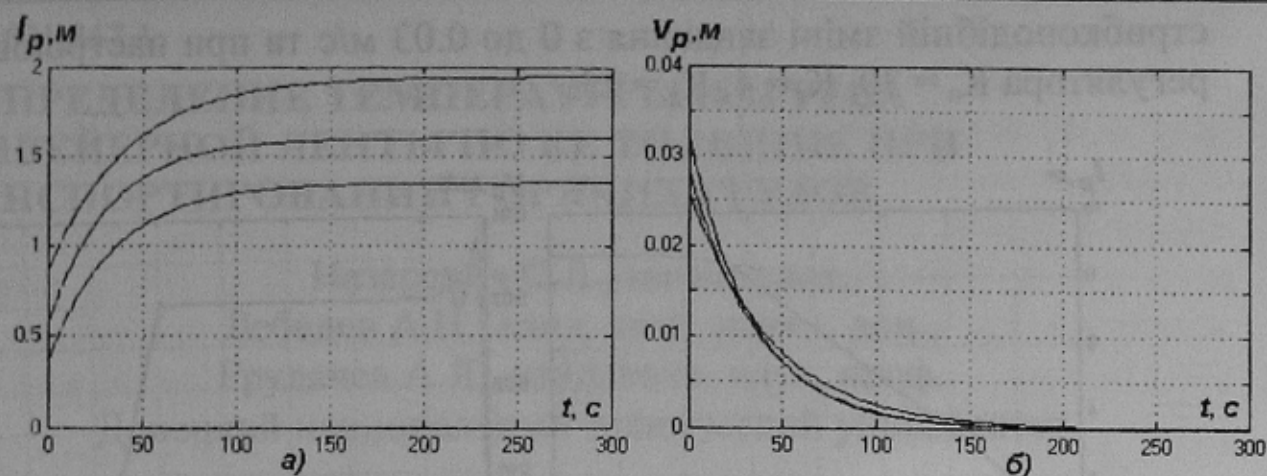


Рис. 3. Перехідні характеристики об'єкта: а) по дальності розмиву; б) швидкості розмиву

Швидкість розмиву, що забезпечує максимальну продуктивність при мінімальних питомих витратах енергії та води, встановлюється на основі експериментальних даних.

В системі автоматичного регулювання передбачається використовувати поршневий насос з частотнорегульованим асинхронним приводом та програмований логічний контролер з ПІД-законом керування. Структурна схема системи регулювання по швидкості розмиву наведена на рис.4.

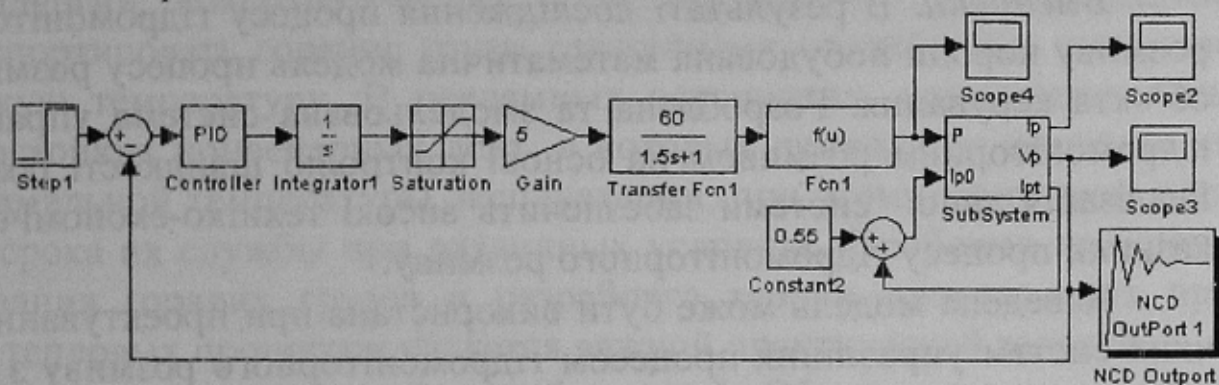


Рис. 4. Структурна схема системи регулювання по швидкості розмиву

На структурній схемі (рис.4) блоки реалізують наступні передавальні функції: *Gain* - частотно перетворювача, *Transfer Fcn1* - асинхронного двигуна, *Fcn1* - поршневого насоса, *SubSystem* - об'єкта регулювання. Для забезпечення астатизму в систему введена додаткова інтегруюча ланка. Перехідні характеристики (рис.5.) зняті при

стрибокподібній зміні завдання з 0 до 0.03 м/с та при настроюваннях регулятора  $K_p = 30$ ,  $K_i = 4$ ,  $K_d = 25$ .

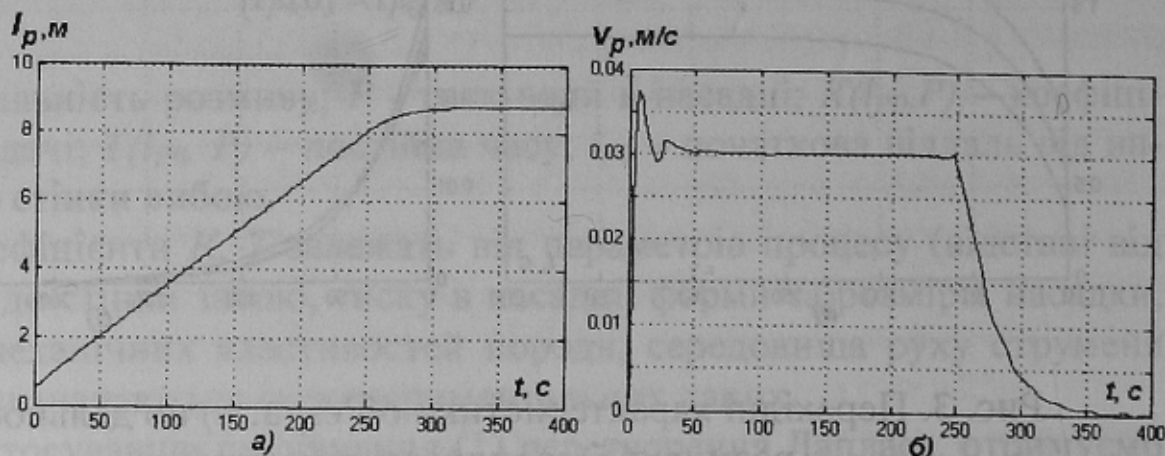


Рис. 5. Перехідні характеристики системи: а) по дальності розмиву; б) швидкості розмиву

З перехідної характеристики по дальності розмиву видно, що при максимальному тиску 7.5 МПа, дальність розмиву досягне усталеного значення 8.8 м за 350 с. Перехідна характеристика системи регулювання по швидкості розмиву показує, що швидкість розмиву досягає заданого значення за 4.5 с та утримується незмінною до моменту досягнення тиском його максимального значення.

**Висновки.** В результаті дослідження процесу гідромоніторного розмиву породи побудована математична модель процесу розмиву як об'єкта керування. Розроблена та змодельована система управління гідромоніторним розмивом на основі контролю швидкості розмиву. Реалізація даної системи забезпечить високі техніко-економічні показники процесу гідромоніторного розмиву.

Наведена модель може бути використана при проектуванні гнучких систем управління процесом гідромоніторного розмиву з використанням адаптивних, екстремальних, самонастроювальних та нечітких методів керування, що дозволить використовувати їх для видобутку різних корисних копалин.

Перелік посилань.

1. Проблеми та перспективи застосування свердловинної гідротехнології для розвитку мінерально-сировинної бази Рівненсько-Волинського регіону. Маланчук З.Р., Калько А.Д., Боблях С.Р. – матеріали сьомої міжнародної Промышленной конференции 2007г., п. Славское. 134-136 с.
2. Маланчук З.Р. Научные основы скважинной гидротехнологии. – Ровно: РГТУ, 2002.-372 с.

Дата поступления статьи в редакцию: 05.05.07