

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ГІДРОМОНІТОРНИМ РОЗМИВОМ ПРИ СВЕРДЛОВИННОМУ ГІДРОВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН

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

Key words: giant washout of a mineral, control system, imitation modeling.

Анотація: 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 імітаційне моделювання.

Ключові слова: гідромоніторний розмив, система керування, імітаційне моделювання.

Аннотация: Проанализированы процесс и динамика гидромониторного размыва полезных ископаемых. Разработана математическая модель процесса как объекта управления. Предложена система управления гидромониторным размывом за скоростью размыва и проведено ее имитационное моделирование.

Ключевые слова: гидромониторный размыв, система управления, имитационное моделирование.

1. Вступ

Геологічні особливості залягання порід багатьох корисних копалин (наприклад, цеоліт-сметитових туфів та зернистих фосфоритів) та їх фізико-механічні властивості дозволяють використовувати для їх видобутку свердловинну гідротехнологію [1]. В основі свердловинного гідровидобутку лежать такі основні технологічні операції: руйнування масиву породи корисної копалини високошвидкісним струменем води, транспортування породи до підйомного механізму (ерліфта, гідроелеватора), піднімання гідросуміші на поверхню та гідротранспортування корисної копалини до місць наступної переробки [2]. Спрощена технологічна схема свердловинного гідровидобутку наведена на рис. 1.

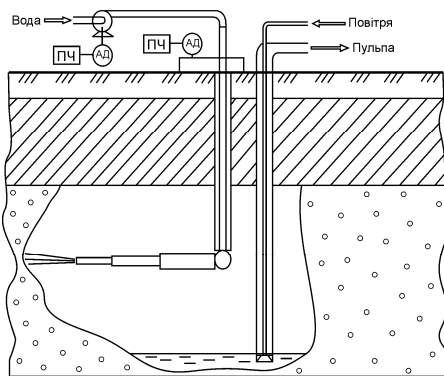


Рис. 1. Технологічна схема свердловинного гідровидобутку

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

Керуваними впливами при гідромоніторному розмиві є тиск і витрата води, швидкості руху струменя по стінці вибою, подача секцій телескопічного гідромонітора в забій. 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. 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, акустичні та лазерні дальноміри дають змогу проводити вимірювання відстані безконтактним способом з високою точністю.

2. Моделювання процесу та системи управління гідромоніторним розмивом

Для побудови математичної моделі об'єкта керування у випадку фосфоритиносної породи проаналізуємо динаміку її руйнування при дії струменя енергетичної води (рис. 2).

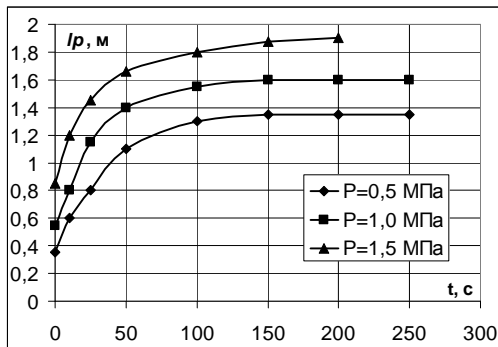


Рис. 2. Динаміка руйнування фосфоритиносної породи

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. 2 залежності описуються таким 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.

Імітаційне моделювання (рис. 3) процесу гідромоніторного розмиву проводилось у пакеті MatLab/Simulink [3].

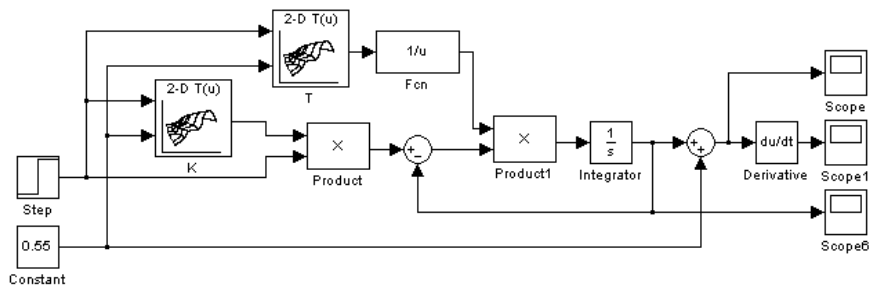


Рис. 3. Моделювання процесу гідророзмиву як об'єкта керування

Блоки двохпараметричної апроксимації служать для автоматичного визначення коефіцієнта передачі K і сталої часу T , що 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.

Швидкість розмиву, що забезпечує максимальну продуктивність при мінімальних питомих витратах енергії та води, встановлюється на основі експериментальних даних. У системі автоматичного регулювання швидкості розмиву передбачається використовувати поршневий насос з частотнорегульованим асинхронним приводом та програмований логічний контролер з ПІД-законом керування. Необхідно також регулювати лінійну швидкість струменя гідромонітора на стінці

вибою, яка постійно віддаляється, для чого використовуються асинхронний двигун та частотний перетворювач із системою регулювання.

На структурній схемі системи регулювання (рис. 4), при її імітаційному моделюванні в Simulink, блоки реалізують такі передавальні функції: Gain – частотного перетворювача привода насоса, Gain1 та Gain2 – частотного перетворювача та редуктора привода системи управління поворотанням гідромонітора, Transfer Fcn1, Transfer Fcn3 – асинхронного двигуна, Fcn1 – поршневого насоса, SubSystem – об'єкта регулювання. Для забезпечення астатизму в систему введена додаткова інтегруюча ланка Integrator1.

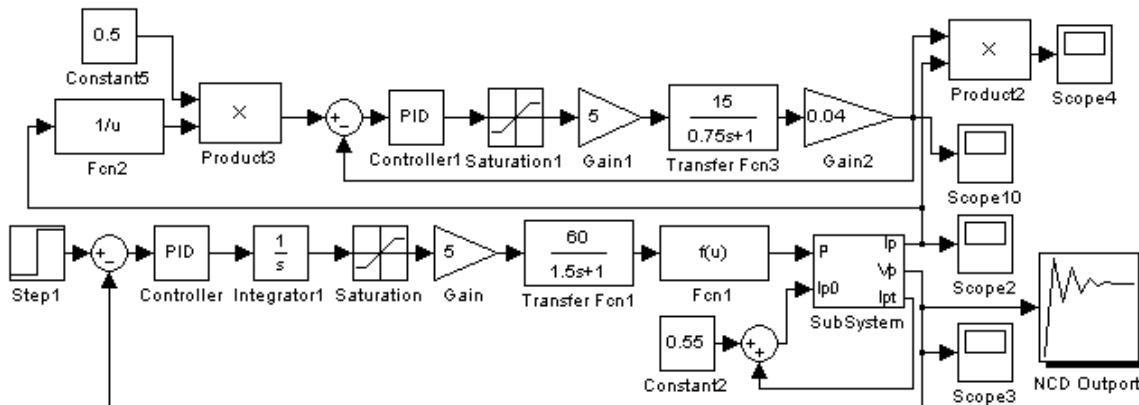


Рис. 4. Структурна схема системи регулювання швидкості розмиву та швидкості руху струменя по стінці вибою

Перехідні характеристики (рис. 5) зняті при стрибкоподібній зміні завдання швидкості розмиву з 0 до 0,03 м/с та при настроюванні ПІД-регулятора швидкості розмиву (блок Controller) $K_p = 30$, $K_i = 4$, $K_d = 25$, завданні ПІ-регулятора швидкості руху струменя по стінці вибою (блок Controller1) 0.5 м/с та настроюваннях $K_p = 3,3$, $K_i = 5,75$. Пошук настроювань регуляторів проводився за допомогою блока параметричної оптимізації NCD Output із бібліотеки Simulink.

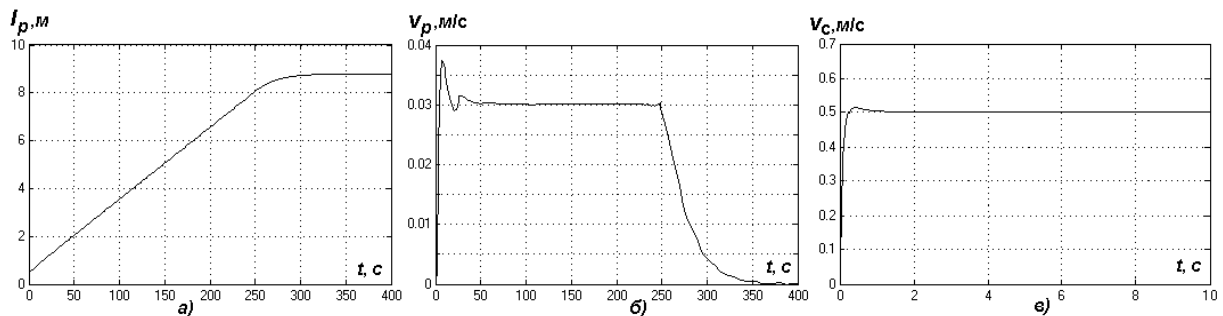


Рис. 5. Перехідні характеристики системи: а) по дальності розмиву; б) швидкості розмиву; в) швидкості руху струменя по стінці вибою

З перехідної характеристики по дальності розмиву видно, що при максимальному тиску 7,5 МПа дальність розмиву (у випадку фосфоритоносної породи) 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. Лінійна швидкість руху струменя по стінці вибою досягне заданого значення в 0,5 м/с за 0,5 с, і залишається сталою при зміні радіуса розмиву камери.

3. Висновки

В результаті дослідження процесу гідромоніторного розмиву породи побудована математична модель процесу розмиву як об'єкта керування. Розроблена система управління гідромоніторним розмивом на основі контролю швидкості розмиву породи та контролю швидкості руху струменя по стінці вибою і проведено її імітаційне моделювання. Результатом моделювання є обґрунтування алгоритму роботи системи керування та знаходження коефіцієнтів настроювань регуляторів, що є важливим для практичної реалізації алгоритму на програмованому логічному контролері. Реалізація даної системи забезпечить високі техніко-економічні показники процесу гідромоніторного розмиву. Наведена модель процесу розмиву як об'єкта керування може бути використана при проектуванні екстремальних та гнучких систем управління процесом гідромоніторного розмиву з використанням адаптивних, самонастроюваних та нечітких методів керування, що дозволить їх використання для видобутку різних корисних копалин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Маланчук З.Р. Проблеми та перспективи застосування свердловинної гідротехнології для розвитку мінерально-сировинної бази Рівненсько-Волинського регіону / З.Р. Маланчук, А.Д. Калько, С.Р. Боблях // Матеріали сьомої міжнародної промислової конференції. – Славське, 2007. – С. 134–136.
2. Маланчук З.Р. Научные основы скважинной гидротехнологии. – Ровно: РГТУ, 2002. – 372 с.
3. Дьяконов В.П. Matlab 6.5 SP1/7.0 Simulink 5/6. Серия «Библиотека профессионала». – М.: СОЛОН – Пресс, 2005. – 800 с.

Стаття надійшла до редакції 31.08.2007