

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИМИ МОДЕЛЯМИ
ЗАДАЧ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФАЗ ГІДРАТУ МЕТАНУ**

*Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут", Україна,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
Україна*

Розглянуто особливості підходів до математичного моделювання об'єктів розробки покладів гідрату метану. Зроблено огляд задач, пов'язаних з моделюванням поверхневих властивостей газових гідратів. Визначено підґрунтя для застосування геометричних методів у дослідженнях фаз перетворення гідрату метану. Надано структуру моделювання картин перебігу явищ і процесів.

Постановка проблеми. Останнім часом природні газові гідрати привертають до себе особливу увагу [1] як можливе джерело палива, що знаходиться в надрах землі. А найсуттєвішим з потенціальних джерел енергії є гідрат метану ("вогняний лід") [2], запаси якого на планеті, за приблизними оцінками, складають не менше 250 трильйонів м³ (за енергетичною цінністю це в 2 рази більше цінності всіх запасів нафти, вугілля та газу, разом узятих). Потенціально біля 98 % світових запасів газових гідратів зосереджено під дном океанів, 2 % – на суші в зоні вічної мерзлоти. Гідрат метану – це супрамолекулярне сполучення метану з водою. Якщо гідрат метану нагрівається або знижується тиск, то сполучення, пройшовши певні фази, розпадається на воду і природний газ (метан). З одного кубічного метра гідрату метану (за умови нормального атмосферного тиску) можна отримати 164 м³ природного газу. Але поки що не існує достатньо дешевих технічних можливостей для здобуття вільного метану. Нинішній початковий стан освоєння покладів вимагає не тільки удосконалення існуючих фізичних та математичних алгоритмів, але й розробки нових моделей, які майже завжди супроводжуються графічною інформацією. Тому спеціальні геометричні дослідження мають постійно сприяти моделюванню фаз перетворення гідрату метану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні проблеми газових гідратів, як індустріальних, так і природних, приваблюють до себе спеціалістів у багатьох країнах світу. Газові гідрати – це сполучення "включення" [3], де молекули газу заключені в кристалічні комірки [4], що складаються з молекул води, які утримуються водневим зв'язком. Процес утворення газових гідратів починається з формування центрів кристалізації на поверхні розділу газ – вода. Це може бути вільна поверхня, оболонка мікробульбашки газу в об'ємі води або оболонка краплі води, що

сконденсувалася в об'ємі газу [5]. Зростання кристалу може відбуватися як в об'ємі води, що вміщує розчинений газ, так і в об'ємі газу, який вміщує пару води. При цьому можливо утворення трьох типів кристалів: масивних, віскерних [5] і гель-кристалів. Необхідним є вивчення всіх типів. Тому актуальним стає подальший розвиток газогідратної проблематики. Справа в тому, що на сьогоднішній день недостатньо вивчені навіть механічні особливості гідратів і практично ще не досліджені поверхневі властивості різновидів газових гідратів [6]. Ці прогалини частково можуть бути ліквідовані з допомогою використання аналітичних підходів до геометричного моделювання явищ і процесів, а також з допомогою методів опису паралельних множин [7].

Формулювання цілей та завдання статті. З'ясувати можливості аналізу, синтезу та оптимізації геометричних моделей явищ і процесів. Навести приклади поверхонь та кривих, що є геометричним вираженням узагальнених паралельних множин.

Основна частина. Загальний підхід до вирішення проблем аналізу, синтезу та оптимізації геометричних моделей явищ і процесів базується на понятті узагальнених паралельних множин, кожний елемент яких (наприклад, лінія чи поверхня) відповідає певним характеристикам явища або процесу, що моделюється. До задач, які підлягають розгляду з позицій теорії паралельних множин, слід віднести моделювання фронтів поширення збурень у середовищі, поверхонь розділення фаз перебігу фізичних явищ і процесів та створення геометричних моделей картин силових ліній полів різної природи.

Якщо процес поширюється в однорідному середовищі, то з позицій прикладної геометрії його fronti моделюють за допомогою паралельних множин. Якщо процес протікає у неоднорідному середовищі, то в цьому випадку геометричні моделі фронтів необхідно подавати як геометричні моделі квазіпаралельних множин. Паралельні і квазіпаралельні множини складають узагальнені паралельні множини.

Графічним поданням паралельних множин є сім'я паралельних (еквідистантних) ліній на площині або сім'я паралельних (еквідистантних) поверхонь у тривимірному просторі. В свою чергу, графічним поданням квазіпаралельних множин є сім'я квазіпаралельних ліній на площині або сім'я квазіпаралельних поверхонь у просторі.

Паралельні множини зручно використовувати як математичну (або графічну) абстракцію для пояснення геометричних проявів деяких фізико-хімічних процесів або явищ [8]. На основі поняття еквіфазних (паралельних, квазіпаралельних) кривих і поверхонь з'ясуємо можливості та загальний підхід до геометричного моделювання явищ і процесів.

Розглянемо геометричну інтерпретацію задач моделювання картин перебігу явищ і процесів та визначимо загальний підхід до розв'язання зазначеного класу задач (у таблиці 1 наведено дані щодо умов розв'язання задач).

Види процесів і явищ та їх геометрична інтерпретація

Вид фізичного процесу або явища, що моделюється	Вихідні умови геометричної задачі	Фізичні величини (параметри), за якими будують сім'ю еквіфазних поверхонь	Результат
Хвильові збурення в середовищі	Рівняння, граничні умови	Параметр часу, координати точок, що належать фронту	Сім'я фронтів збурень (коливань однакової фази)
Розподіл параметрів (концентрацій, тисків) у пластах газонафтових родовищ	Розташування свердловин, зображення початкової сітки ізоліній	Координати, значення тисків, концентрацій тощо	Картини ізоліній після інтерполяції або екстраполяції
Фільтрація в ґрунті	Рівняння, граничні умови	Значення напору та швидкостей руху струменів	Картина ліній однакового напору та ліній струменів

Задача 1. Описати на площині або у просторі сім'ю еквіфазних кривих або поверхонь, що є моделями хвильових фронтів поширення збурення в середовищі. При цьому необхідно забезпечити таку форму фронту, щоб мати найвищий показник передачі потужності збурення у заданому напрямі та запобігти розсіюванню енергії в інших напрямках.

Задача 2. Описати в перерізі пластів газонафтових родовищ сім'ю кривих розподілу однакових значень параметрів (концентрацій, тисків тощо) та визначити розташування інших точок однакового значення цих параметрів. Картини розподілу тисків, концентрацій та інших параметрів змінюються через процеси в ґрунтах. Важливою є перебудова картини за умови зміни значення того чи іншого параметра.

Задача 3. Описати на площині сім'ю кривих, що є графіком розподілу значень напору та швидкостей струменів у задачі фільтрації в нормальному перерізі. Для інженерної практики інтерес становлять

дослідження фізичних полів тисків і швидкостей рідини. Саме за цими полями розраховують зони, де можливе інтенсивне вимивання ґрунту.

Наведені задачі містять типові приклади геометричних проявів у просторі та на площині процесів і явищ, для опису яких доцільно використовувати поняття еквіфазних поверхонь і кривих як геометричного вираження узагальнених паралельних множин. Якщо проаналізувати кожен із зазначених задач, то можна визначити загальний підхід до геометричного моделювання картин перебігу явищ і процесів. Схему цього підходу наведено на рис. 1.

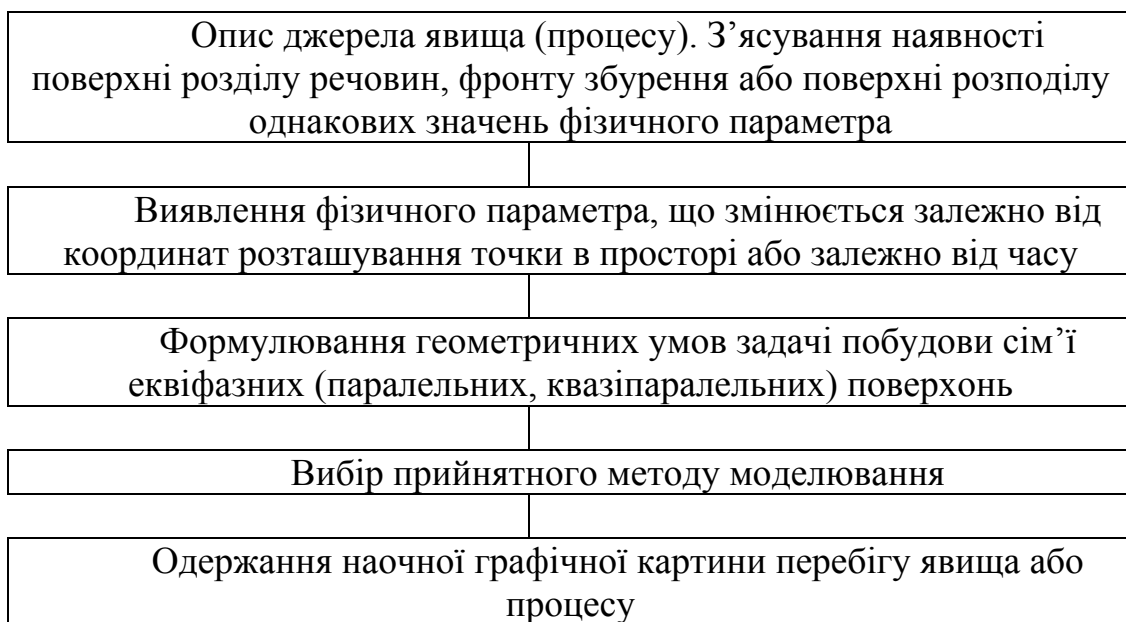


Рис. 1. Схема загального підходу до розв'язання задач геометричного моделювання еквіфазних поверхонь

Наочними розв'язками задач моделювання процесів і явищ є графічні картини еквіфазних поверхонь або кривих. Ці картини будуть адекватними моделями розв'язків тієї чи іншої прикладної задачі, якщо виконуються всі етапи запропонованого загального підходу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Для об'єктів видобутку метану з кристалогідратів важко одержати емпіричні дані у зв'язку з практичними труднощами (великі глибини і тиск). Тому адаптаційні та прогнозні методи моделювання здатні використовувати тільки обмежену кількість вихідних даних. Освоєння покладів твердих газогідратів має свої особливості, які потребують серйозного вивчення. Зараз однією з найбільш суттєвих задач є створення високоефективних технологій переводу газу з твердого стану у вільний стан безпосередньо в пластах землі. Дослідження кінетики газогідратоутворень і морфології кристалогідратів далеко не завершені. Для поглибленого вивчення процесів утворення, стабільного існування та руйнування кристалогідратів потрібні систематичні експериментальні дослідження та глибокі

теоретичні узагальнення із залученням потенціалу геометричного моделювання.

Література

1. <http://www.rbc.ua/rus/top/show/v-ukraine-nashli-zapasy-metana-kotorogo-hvatit-na-1-5-tys--01062010143100>.
2. <http://portmone.name/portmone/2009/nomer-ot-21.04.09/alternativnaja-energetika-gaz-iz-chernogo-morja.html>.
3. *Макогон Ю.Ф.* Природные газовые гидраты: распространение, модели образования, ресурсы / *Ю.Ф. Макогон* // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII. – № 3. – С. 70–79.
4. http://www.ng.ru/energy/2009-02-10/14_metan.html.
5. *Макогон Ю.Ф.* Вискерные кристаллы газогидратов / *Ю.Ф. Макогон, Дж.С.Хольсти* // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII. – № 3. – С. 43–48.
6. *Кузнецов Ф.А.* Газовые гидраты: исторический экскурс, современное состояние, перспективы исследований / *Ф.А. Кузнецов, В.А. Истомин, Т.В. Родионова* // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2003. – Т. XLVII. – № 3. – С. 5–18.
7. *Шоман О.В.* Паралельні множини в геометричному моделюванні явищ і процесів. Монографія. / *О.В. Шоман* // – Харків: НТУ "ХПІ", 2007. – 288 с.
8. *Шоман О.В.* Особливості підходів до геометричного моделювання у дослідженнях станів газових гідратів / *О.В. Шоман, В.Я. Даниленко* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 4. – Т. 57. – С. 243–248.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ ЗАДАЧ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФАЗ ГИДРАТА МЕТАНА

О. В. Шоман, В. Я. Даниленко

Рассмотрены особенности подходов к математическому моделированию объектов разработки ископаемых гидрата метана. Выполнен обзор задач, связанных с моделированием поверхностных свойств газовых гидратов. Определены основы для применения геометрических методов в исследованиях фаз преобразования гидрата метана. Представлена структура моделирования картин протекания явлений и процессов.

**PROVIDING GEOMETRICAL MODELS OF TASKS
OF TRANSFORMATION OF PHASES OF HYDRATE OF
METHANE**

O. Shoman, V. Danylenko

The features of going are considered near the mathematical modelling of objects of development of minerals of hydrate of methane. The review of tasks, related to the modelling of superficial properties of gas hydrates is executed. Bases are certain for application of geometrical methods in researches of phases of transformation of hydrate of methane. The structure of modelling of pictures of flowing of the phenomena and processes is presented. Possibilities of analysis, synthesis and optimization of geometrical models of the phenomena and processes are exposed.