



УДК 622.692.4+622.691.24

МОДЕЛЮВАННЯ ПІДЗЕМНИХ ГАЗОСХОВИЩ (програмний комплекс)

**Н.М.Прутула^{1,2}, Я.Д.П'янило¹, М.Г.Прутула²,
Р.Я.Шимко³, Р.Л.Вечерік³**

¹Інститут прикладних проблем механіки і математики ім.
Я.С. Підстригача НАН України, вул. Наукова 3-б, Львів, 79060,
e.mail: nazar.prytulal@gmail.com

²Науково-дослідний і проектний інститут транспорту газу ДК
Укртрансгаз, вул. Маршала Конєва, 16, Харків, 61004, e.mail:
myroslav.prytula@gmail.com

³ПАТ Укртрансгаз, Кловський узвіз, 9/1, Київ, 01021, e.mail:
shymko-ry@utg.ua

Базовими математичними моделями підземних сховищ газу (ПСГ) є[1-5]: фільтраційна модель пласту, модель вибійної зони свердловин, газодинамічні моделі робочих колон свердловин та шлейфово-колекторної системи збору газу, дискретно-неперервна модель компресорної станції (КС). Розроблене математичне забезпечення (моделі, методи і алгоритми) дозволяють в процес розрахунку режимів роботи ПСГ включати моделі всіх існуючих технологічних об'єктів, які є присутніми на детальних технологічних схемах і які впливають на параметри поточкорозподілу газу в технологічному ланцюжку - пласт (пласти) – магістральний газопровід.

Всі об'єкти, які входять в технологічний ланцюжок - пласти – колектори - магістральний газопровід умовно можна представити у вигляді груп системних об'єктів. Серед них виділяють пласти колектори, які є гідравлічно пов'язаними безпосередньо через проникні пропластки, розломи між ними, або робочі колони. Технологічна схема роботи ПСГ завжди дозволяє встановити гідравлічний зв'язок окремих пластів - колекторів об'єднання потоків газу на газозбірних пунктах, або на виході КС. Інша група - об'єкти, які входять в технологічний ланцюжок - вибій свердловин - робоча колона - шлейфово-колекторна система – вузол відключаючих пристроїв. Група



об'єктів, яка включає системи підготовки, компримування, охолодження та вимірювання параметрів газу відносять до достискувальної компресорної станції. Розроблений моделюючий комплекс дозволяє включати в модель ПСГ моделі пристроїв звуження потоків, регулювання тисків і витрати, незворотних клапанів тощо.

Основні напрямки проведених досліджень:

1. Розроблені нестационарні моделі і методи аналізу технологічних об'єктів ПСГ, що дали можливість провести газогідродинамічні дослідження пластів і свердловин ПСГ. Ці результати дозволили побудувати нелінійні розподілені характеристики пластів, вибійних областей, досліджувати вплив параметрів перфораційних каналів і свердловин з відкритим вибоєм на роботу ПСГ, пов'язати геометричні, колекторські, фільтраційні властивості з технологічними режимами експлуатації свердловин і пластів при впливі різних факторів.

2. Проведені дослідження дали можливість розширити набір розв'язуваних задач, довести точність експлуатованих задач співмірну з точністю вимірюваних параметрів. Проведені комплексні чисельні дослідження ПСГ на багаторічних даних, що заміряться, показали, що в ряді випадків, існує невідповідність раніше прийнятих інтерпретацій параметрів пластів реальним.

3. Розроблені ітераційні процедури забезпечили достатню точність розрахунку розподілених параметрів (тиску, проникності і т.д.) і з необхідною точністю контролюють параметри матеріального балансу в пластах ПСГ. У комплексі програм інтегровані два підходи до моделювання ПСГ – чисельний і чисельно-аналітичний, які можуть працювати як у комплексі, так і окремо. Це дає можливість вирішувати клас екстремальних задач, задач формування таких оптимальних параметрів керування ПСГ, що вимагає газотранспортна система. Слід зазначити, що двовимірною моделювання фільтрації газу в пористих неоднорідних пластах цілком задовольняє на даний час, по точності й оперативності, диспетчерські розрахункові задачі.

Існує набір прямих і обернених режимних задач, які потрібно розв'язати. До прямих задач відносимо ті, для яких процес обчислення проводиться в напрямку від пласту до входу ДКС чи то до входу в магістральний газопровід. Якщо вхідними даними є тиск або витрата на вході ДКС (в магістралі), а потрібно розрахувати пластовий тиск на контурі області живлення свердловин, то в цьому випадку задачу називатимемо оберненою. Всі постановки задач проведено для ізотермічного випадку. Питання термо – гідравлічного розрахунку розглянуто



в кінці параграфу. У всіх задачах вважаємо заданими граф - схему шлейфово – колекторної системи, її геометричні параметри (внутрішні діаметри та довжини) та функцію втрат тиску на обв'язці гирл свердловин в залежності від витрати газу та буферного тиску для всіх наявних типів їх обв'язок.

Задача 1. Задано: коефіцієнти фільтраційних опорів вибійних зон свердловин, гідравлічні опори свердловин та ділянок шлейфово-колекторної системи; одна із величин – середній пластовий тиск в області відбору; пластовий тиск для кожної свердловини, сумарний дебіт свердловин, дебіт кожної свердловини; одна із величин на ГЗП- тиск, або витрата.

Знайти: дебіт кожної свердловини, витрату чи тиск газу на ГЗП (те, що є незаданим).

Задача 2. Задано (протягом сезону відбирання/нагнітання): одна із величин – середній пластовий тиск в області відбору; пластовий тиск для кожної свердловини, сумарний дебіт свердловин, дебіт кожної свердловини; одна із величин на ГЗП - тиск, витрата, тиск і витрата.

Знайти: коефіцієнти фільтраційних опорів вибійних зон свердловин, гідравлічні опори свердловин і шлейфово-колекторної системи.

Задача 3. При заданому плані на об'єми зберігання газу знайти його оптимальний розподіл між газосховищами для досягнення максимального сумарного відбирання (піковість) в початковий момент їх роботи.

Задача 4. Побудувати оптимальну стратегію відбирання газу із газосховищ, яка полягає в тому, щоб в процесі відбирання газу залишковий буферний газ в сховищах постійно забезпечував їх сумарну піковість.

Розглянуто й інший клас задач. Він стосується експлуатації газосховищ з мінімальними паливно-енергетичними ресурсами. Вважаємо, що з точки безпеки експлуатації газотранспортної системи, в загальному випадку, забезпечення піковості на певних інтервалах часу є важливішим за оптимальність роботи газосховищ. Зроблена спроба встановлення зв'язку між цими двома поняттями.

Основні параметри програмного модуля - ПСГ – режим: швидкість моделювання фільтраційних процесів забезпечують методи роботи з розрідженими матрицями; гідравлічний розрахунок технологічного ланцюжка - вибій – газозбірний комплекс забезпечують методи розв'язування систем із різнотипних нелінійних рівнянь; врахування гідравлічної взаємодії всіх об'єктів, які приймають участь в нагнітання, зберіганні та відбиранні газу; автоматизацію процесу формування моделі для різних модифікацій обладнання, змін



станів технологічних об'єктів, модернізації та реконструкції окремих об'єктів та ПСГ в цілому; адаптація моделей технологічних об'єктів до змінних умов їх роботи та їх газогідродинамічного стану; оперативне проведення багатократних розрахунків для пошуку оптимальних режимних параметрів на значних інтервалах часу та, при необхідності, порівняльного аналізу можливих варіантів реконструкції ПСГ; враховано газогідродинамічний зв'язок між всіма технологічними об'єктами, які беруть участь у відбиранні та нагнітанні газу; забезпечена автоматизація процесу адаптації моделей об'єктів системи до фактичного стану; враховані нормативні вимоги до роботи газосховища; передбачена можливість порівняльного аналізу ефективності використання різного технологічного обладнання в ході модернізації та реконструкції ПСГ.

Проведені дослідження показали, що: для більшості свердловин коефіцієнт якості розкриття пласту значно менше одиниці; існує потенціал збільшення продуктивності окремих свердловин, зв'язана з проведенням додаткової перфорації і розбурюванням вибієної зони; потенціал збільшення продуктивності пласту ПСГ у цілому не завжди зв'язаний з потенціалом збільшення продуктивності свердловин; існує гранична межа економічної доцільності нарощення щільності перфораційних каналів свердловин; дебіт окремої експлуатаційної свердловини істотно залежить від відкритої площі фільтрації; для окремих свердловин розбурювання вибієної зони в горизонтальних границях (0,2-0,6 м) може призвести до збільшення дебіту в середньому в 2,5 рази; сумарний ефект збільшення продуктивності газосховищ зі свердловинами з відкритим вибоєм може складати до 25% продуктивності газосховища, встановленого на основі теоретичних розрахунків; використання потенціалу відкритого вибою залежить не тільки від характеристик пласту його міцності, але і від гідравлічних характеристик об'єктів ПСГ (їхньої пропускної можливості); відкритий вибій дає в середньому 15% збільшення піковості ПСГ і 20% зменшення сумарного часу добору газу без збільшення на це енергетичних витрат.

1. Вечерік Р.Л., П'янило Я.Д., Притула М.Г., Хаєцький Ю.Б. Математичне моделювання процесу руху газу в системі пласт підземного сховища газу–магістральний газопровід // Нефть и газ. – 2004. – № 6. – С. 83–89.

2. Вечерік Р.Л., П'янило Я.Д., Притула М.Г., Хаєцький Ю.Б. Математичний аналіз акумулюючої здатності газоносних



пластів ПСГ // Нафтова і газова промисловість. – 2005.– № 6. – С. 55–59.

3. Пянило Я.Д., Притула М.Г., Притула Н.М. Неусталений рух газу в трубопроводах і пористих середовищах // Фізико – математичне моделювання і інформаційні технології. –2006.– Вип. 4.–С. 72–80.

4. Н.Б.Лопух, Я.Д.Пянило, М.Г.Притула, Н.М. Притула. Розрахунок початково– граничних умов в задачах фільтрації газу в пористих середовищах”. Вісник Національного університету “Львівська політехніка: Комп’ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, – 2009. – №638. – с.239-243.

5. Н.Притула, М.Притула, Р.Боровий, О.Химко. Математична модель Більче -Волицького сховища газу// “Львівська політехніка: Комп’ютерні науки та інформаційні технології. – Львів, – 2010. – № 686. – 192-198.

УДК 338.45:622.32

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СИСТЕМИ ГАЗОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УКРАЇНИ

О. Г. Дзьоба, У. О. Дзьоба

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019
odzoba@tning.edu.ua*

Природно-ресурсний потенціал системи газозабезпечення України формують земля, її надра та запаси природного газу, що дислокуються у різноманітних природних покладах континентальної частини та шельфу Чорного і Азовського морів. Окрім власних запасів природного газу, які зосереджені у пористих породах газоносних горизонтів на території України і які сьогодні утворюють основу природно-ресурсного потенціалу газозабезпечення національної економіки та соціально-побутової сфери, в майбутньому все більшу роль стане відігравати, так звана, нетрадиційна або диверсифікаційна ресурсна база. Вона пов’язана із особливими покладами природного газу, які досі не розроблялися або розроблялися у незначних масштабах. До них відносять поклади сланцевого газу, газу щільних порід, шахтного метану, газових гідратів.