

## ВІДГУК

**офіційного опонента Капцова Івана Івановича**  
**на дисертаційну роботу Зайця Віктора Олександровича «Підвищення**  
ефективності експлуатації підземних сховищ газу в багатошарових  
покладах», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.15.13 – Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища

Дисертаційна робота «Підвищення ефективності експлуатації підземних сховищ газу в багатошарових покладах» присвячена вивченню закономірностей протікання гідрогазодинамічних процесів в пористому середовищі з метою підвищення ефективності експлуатаційних параметрів для якісного прогнозування процесів формування і циклічної експлуатації багатошарових підземних сховищ газу у виснажених газових, газоконденсатних покладах та водоносних пластах.

### **1 Актуальність теми дисертації роботи**

Одним із найважливіших технологічних елементів газотранспортної системи України, який забезпечує її надійну та безперебійну роботу, є створені на базі виснажених газових і газоконденсатних родовищ, водоносних пластів підземні сховища газу (ПСГ), розташовані в усіх нафтогазових провінціях країни на глибині від 400 до 2000 м.

На сьогодні Україна має розвинуту мережу підземних сховищ природного газу, потенційні можливості якої є значними. Загально досягнута активна ємність підземних сховищ становить більше 24 млрд. м<sup>3</sup> газу, що відповідає 70 % проектної величини, а їх сумарна можлива максимальна продуктивність на початок сезону відбирання дорівнює близько 327 млн.м<sup>3</sup>/добу.

Враховуючи пріоритетність ресурсоенергозбереження для економіки України, особливої актуальності набуває дослідження енерговитратності газотранспортної системи із використанням підземних сховищ газу, і розробка уточнених методів для їх проектних та експлуатаційних розрахунків. Вирішенню цієї важливої наукової задачі присвячена дисертаційна робота.

З технічної точки зору ПСГ є надзвичайно складною системою, основними елементами якої є пласт-колектор, зв'язаний з поверхневим обладнанням свердловинами. Режими роботи цих об'єктів на відміну від газових родовищ нестабільні в часі, що ускладнює їх надійну експлуатацію. Тому наукові дослідження особливостей експлуатації ПСГ в умовах пружноводонапірного режиму їх розробки, які спрямовані на вивчення формування газонасиченого об'єму покладу, виявлення особливостей прояву пружноводонапірного режиму під час циклічної експлуатації сховища, визначення впливу покладу на водоносну зону пласта є актуальними проблемами підвищення надійності газопостачання.



## **2 Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність забезпечується:**

- урахуванням при проведенні практичних та експериментальних досліджень всіх необхідних критеріїв теорії подібності та сучасних методик математичної обробки їх результатів;
- застосуванням при проведенні теоретичних досліджень апробованих методів диференціального числення, математичного моделювання та законів математичної статистики, симплекс - методу;
- застосуванням сучасних новітніх комп'ютерних технологій та апробованого стандартного програмного забезпечення для одержання математичних моделей закономірностей протікання гідрогазодинамічних процесів в пористому середовищі;
- успішною апробацією розроблених методів на підземних сховищах газу та впровадженням їх на об'єктах ПАТ «Укртрансгаз»;
- робота містить пов'язані між собою теоретичні та експериментальні дослідження, які у сукупності вирішують задачу підвищення ефективності експлуатаційних параметрів для якісного прогнозування процесів формування і циклічної експлуатації багатопластових підземних сховищ газу у виснажених газових, газоконденсатних покладах та водоносних пластах.

## **3. Оцінка змісту роботи**

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, підсумкових висновків та переліку використаних джерел, що містить 102 найменувань. Основний зміст викладено на 123 сторінках машинописного тексту і містить 21 рисунок, 21 таблицю і 5 додатків

У **вступі** наведено загальну характеристику дисертаційної роботи. Тут сформульовані мета і задачі досліджень, відзначена наукова новизна одержаних результатів, практична цінність, особистий внесок здобувача, а також апробація роботи.

У **першому розділі** наведений стан питання та обґрунтування напрямків наукових досліджень. Тут представлена детальна характеристика підземних сховищ газу України, зокрема основна увага приділена роботі газосховищ при пікових загрузках газотранспортної системи. Виконаний огляд робіт з питань гідравлічного розрахунку газосховищ. Результати аналізу газосховищ України показали, що одним із основних критеріїв стабільної експлуатації ПСГ є відповідність величини поточного пластового тиску, визначеного після завершення сезону відбирання або закачування газу, величині мінімального (наприкінці сезону відбирання) або максимального (наприкінці сезону закачування) проектного пластового тиску. Все це дало змогу сформулювати основні задачі досліджень.

**Другий розділ** присвячений питанням дослідження для розробки методології формування багатопластових підземних сховищ газу та



чинників, які впливають на режими роботи газосховищ. При проведенні дослідно-промислового закачування газу за результатами геофізичних, газогідродинамічних досліджень і структурно-геологічних побудов отримали дані, за допомогою яких необхідно уточнювати літологічну, геолого-промислову, фільтраційно-ємнісну та газогідродинамічну характеристики багатопластового покладу. На основі дослідних даних можна проводити розрахунки темпів створення та прогностичних показників циклічної експлуатації, визначати напрямки та розробляти ефективні газогідродинамічні методи експлуатації штучних газових покладів складної геологічної будови, а також розробляти нові способи створення й експлуатації багатопластових підземних газосховищ.

**Третій розділ** присвячений розробці оптимальних параметрів режимів циклічної експлуатації в багатопластових покладах підземних сховищ газу на основі розроблених математичних моделей.

При створенні газосховища в будь-яких гірничо-геологічних умовах його параметри визначаються верхньою та нижньою межею пластового тиску. Враховуючи особливості будови пласта-колектора, характер розміщення експлуатаційних свердловин по площі, обладнання сховища системою підготовки газу та параметри роботи компресорної станції, показники циклічної експлуатації розраховані для багатопластових підземних сховищ газу.

Розрахунки основних технологічних параметрів експлуатації багатопластових сховищ, створених у виснажених газоконденсатних покладах при газовому режимі, виконані методом послідовної зміни стаціонарних умов, що полягає в спільному розв'язуванні системи рівнянь. А саме: рівняння матеріального балансу, припливу газу до вибою свердловини, руху газу по стовбуру свердловини, руху газу по шлейфах. На основі цих рівнянь розроблено програмний комплекс для пошуку оптимальних режимів роботи багатопластових газосховищ. Вдосконалено метод кількісної оцінки об'єму перетікань газу в багатопластових сховищах, в основу якого покладено визначення добового дебіту газу під час перетікань у свердловинах для спільної експлуатації, з наступним визначенням щомісячного обсягу і далі за весь час існування перетоків, який ґрунтується на різниці значень трубного і затрубного тисків, при відомому коефіцієнті гідравлічного опору.

У **четвертому розділі** вдосконалено методи та способи підвищення техніко – економічних показників експлуатації сховищ газу. Одним із таких методів є введення регульованого закачування інертного газу у низькопроникну частину пласта-колектора. Додаткові об'єми природного газу, які одержують в результаті закачування інертного газу як буферного, відбирають із високопроникної частини пласта-колектора. Це дає можливість відбирати додаткові об'єми природного газу, мінімізувати процес дисперсії



газів і забезпечити необхідну якість природного газу, який відбирають із ПСГ у процесі експлуатації.

Другим таким методом є метод оптимального регулювання об'ємів нагнітання та відбирання газу, а також пластових тисків усіма свердловинами в будь-який період створення чи експлуатації багатопластових сховищ. Цей метод включає виділення в геологічному розрізі декількох пластів-об'єктів для зберігання газу, буріння експлуатаційно-нагнітальних свердловин, обладнання їх обсадною, експлуатаційною та ліфтовою колонами, нагнітання у виділені пласти і відбирання з них з газу. Відрізняється тим, що експлуатаційну колону перфорують в інтервалах усіх виділених пластів і встановлюють пристрій для спільно-роздільної експлуатації; нагнітання газу та його відбирання проводять одночасно по всіх пластах через експлуатаційно-нагнітальні свердловини, а регулювання об'ємів нагнітання чи відбирання газу по кожному пласту здійснюють за допомогою пристрою для спільно-роздільної експлуатації.

#### **4. Наукова новизна результатів досліджень:**

У результаті теоретичних та експериментальних досліджень *вперше*:

- розроблено математичну модель оптимізації основних параметрів циклічної експлуатації багатопластового сховища у водоносній структурі;
- на основі експериментальних досліджень проведено моделювання процесів експлуатації підземних сховищ;
- проведено моделювання режимів роботи при нагнітанні та відборі газу в багатопластових покладах.

*удосконалено*

- адаптивну математичну модель формування та циклічної експлуатації ПСГ в умовах пружноводонапірного режиму, яка дозволяє прогнозувати параметри роботи сховища в період циклів "відбирання-нагнітання";
- дослідження теоретичних передумов для розробки методів формування багатопластових покладів;
- методи та способи підвищення техніко – економічних показників ефективності роботи газосховищ.

#### **5. Практична цінність одержаних результатів для науки і практики**

Результати дисертаційного дослідження Зайця В. О. максимально апробовані в реальних умовах роботи підземних сховищ газу. Задачі, які розв'язані у дисертаційній роботі, а також отримані результати дозволили розробити методи та способи створення та експлуатації підземних сховищ газу у багатопластових покладах, методику розрахунку технологічних режимів роботи ПСГ, створених у газових, газоконденсатних покладах і водоносних структурах та регулювання їх в процесі циклу "відбирання - нагнітання". За результатами досліджень газосховищ розроблено та видано



комплексну галузеву методику «Методи розрахунку оптимальних техніко-економічних показників експлуатації підземних сховищ газу України».

Розроблені рекомендації з регулювання режимів роботи ПСГ впроваджено в практику на об'єктах ПАТ «Укртрансгаз»

## **6. Повнота викладення матеріалу в опублікованих працях**

Результати дисертаційної роботи повною мірою відображені в 6 друкованих працях, із них 6 у фахових виданнях України (одна одноосібна та одна зарубіжна, що входить до науково-метричної бази даних SCOPUS), 2 у матеріалах конференцій, чотири патенти на винахід, п'ять патентів на корисну модель, чотири деклараційних патенти на винахід.

## **7. Мова та стиль дисертації.**

Дисертація написана грамотною українською мовою, легко сприймається. Виклад матеріалу в роботі має логічну послідовність, науково грамотний, розділи взаємопов'язані та цілком розкривають поставлену мету. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.15.13 - Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища.

## **8. Зауваження по роботі.**

1. Розділ 1 переобтяжений таблицями з описом характеристик ПСГ; їх можна було перенести в додатки.

2. Обсяг першого розділу дисертації можна було б розширити за рахунок огляду зарубіжних джерел щодо поставленої задачі.

3. Здобувачу доцільно було б більш чітко окреслити умови практичного застосування методики.

4. В дисертаційній роботі необхідно було б вказати діапазон застосування тисків в трубопроводах при нагнітанні, для яких результати підрахунків є найбільш точними.

5. В роботі не представлені розрахунки економічного ефекту, якого було досягнуто в результаті впровадження результатів роботи у виробництво.

6. Необхідно також звернути увагу на коректність використаної технічної термінології та уніфікацію умовних позначень параметрів, які використовуються в роботі.

7. Дисертанту слід було більше уваги приділити оцінці похибок експерименту при натурних дослідженнях.

8. Подекуди в роботі зустрічаються невдалі звороти, мають місце окремі описки та русизми, які в цілому не применшують науковий рівень роботи.

Зазначені вище зауваження не мають принципового характеру, не зменшують цінності роботи, деякі з них можна розглядати як побажання автору в його подальшій роботі.

