

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Вавричука Петра Григоровича

«Математичне моделювання та чисельний аналіз двофазної фільтрації газу та рідини в пористому середовищі», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації.

Підземні сховища газу – це вузлові елементи газотранспортної мережі, що забезпечують ефективність відповідного виду транспорту. Вони дозволяють вирішити важливі задачі стабільного транспортування газу за умов сезонної нерівномірності його споживання, забезпечення надійності роботи газотранспортної системи на випадок короткочасних аварійних ситуацій на газопроводах, створення резервів та забезпечення виконання експортних поставок газу. На відміну від інших видів транспорту, де термінали, сортувальні станції побудовані з врахуванням потреб і можливостей перевезень, підземні сховища газу створені на базі природних газових родовищ з усіма їх особливостями та повинні підлаштовуватися до властивостей утворень земної поверхні в регіоні. Це, зокрема, змушує розробляти математичні моделі підземних сховищ газу для оцінки впливу на технологічний процес природних умов їх розташування. Особливе значення має врахування водного фактору в районі підземного сховища газу для недопущення заводнення свердловин і визначення кількості дифундованого газу у воді. Тому тема дисертаційної роботи Вавричука П.Г. присвяченої вирішенню науково-технічного завдання – аналітико-числового моделювання процесу взаємозаміщення газу водою з метою недопущення заводнення свердловини та визначення наявної кількості газу у воді під час експлуатації підземних сховищ газу є актуальною і важливою для технології роботи підземних сховищ газу та газотранспортної мережі в цілому.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, визначається відповідністю їх сучасним теоретичним уявленням про процеси газогідродинаміки та масопереносу в пористих структурах складної будови.

Оцінки точності та збіжності запропонованих методів і алгоритмів обґрунтовані в процесі проведення числових експериментів.

Обґрунтованість наукових положень, результатів та висновків дисертації забезпечується також їх апробацією на наукових конференціях і семінарах, опублікуванням у рецензованих наукових виданнях.

Слід відмітити отримані в роботі такі нові **наукові та прикладні результати:**

- вперше побудовано математичну модель руху газу в підземних сховищах при наявності підшовної або контурної води та досліджено швидкість руху границі газо-водяного контакту з метою недопущення заводнення свердловини;
- вперше розроблено системну модель руху газу в підземному сховищі, що описує у взаємозв'язку фільтраційні, дифузійні, конвективні та газодинамічні процеси, що дало змогу розробити підхід для оцінки кількості дифундованого газу у воду при роботі підземного сховища газу;
- адаптовано існуючі чисельно-аналітичні ітераційні методи для розрахунку параметрів (тиск на газозбірному пункті, дебіт свердловини, пластовий тиск та швидкість підняття газо-водяного контакту) роботи підземного сховища газу.

Важливість для науки одержаних автором дисертації результатів полягає у тому, що в ним розроблено своєрідний підхід до математичного моделювання та створення адаптивних чисельно-аналітичних методів розрахунку функціонування підземного сховища газу з урахуванням водного фактору. Зокрема, вперше побудовано аналітичну модель роботи підземного сховища газу при наявності підшовної або законтурної води, розроблено системну модель, яка описує у взаємозв'язку фільтраційні, дифузійні, конвективні та газодинамічні процеси, створено нові чисельно-аналітичні ітераційні методи для розв'язування поставлених задач.

Практична цінність отриманих у роботі результатів та висновків підтверджена актами про їхнє використання на виробництві в ПАТ "Укртрансгаз". Отримані теоретичні результати дали змогу зробити висновки стосовно параметрів, які впливають на роботу підземного сховища газу, корегувати технологію для покращення його роботи. Одержані в дисертаційній роботі результати також дозволили:

- побудувати алгоритми для розрахунків параметрів, які впливають на функціонування підземного сховища газу при наявності підшовною або контурної води;
- побудувати алгоритм розрахунку дифундування газу у воду підземного сховища газу;
- створити математичне забезпечення для знаходження параметрів ефективної роботи підземного сховища газу при водонапірному режимі.

Повнота викладу наукових положень, висновків, рекомендацій в опублікованих працях.

Основні результати досліджень, що відображені у дисертації, опубліковані у 9 наукових працях, у тому числі: 5 статей, з них 2 у наукових виданнях, які входять до наукометричних баз, 4 статті у фахових наукових виданнях з технічних наук, 4 публікації в матеріалах міжнародних та всеукраїнських конференцій. Аналіз публікацій дисертанта показує, що основні результати дисертації отримано автором самостійно.

Відповідність автореферату змісту дисертації. Викладені в авторефераті актуальність теми, мета і задачі дослідження, наукова новизна одержаних результатів та їхня практична цінність, особистий внесок дисертанта, короткий зміст розділів повністю відповідають змісту дисертації. Автореферат оформлений згідно з вимогами МОН України.

Відповідність дисертації паспорту спеціальності. Подана до захисту дисертаційна робота Вавричука П.Г. відповідає паспорту спеціальності 01.05.02- математичне моделювання та обчислювальні методи (технічні науки), а саме напрямкам "Розроблення або розвиток теорії математичного моделювання реальних явищ, об'єктів, систем чи процесів як сукупності формалізованих дій (операцій) для складання ефективних математичних описів досліджуваних об'єктів."

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. В роботі не відзначено в околі якого стану відбувається перехід від нелінійного рівняння для визначення розподілу тиску газу в пласті підземного сховища до лінійного. Чому отримано, що тиск газу залежить від часу опосередковано через змінну, яка сама залежить від цього ж тиску?
2. Формула для визначення спаду тиску на місцевих опорах у другому розділі містить коефіцієнт місцевого опору, що приведений одразу після неї. Далі коефіцієнт місцевого опору записується іншою апроксимаційною формулою. Яка з них використовується тут при проведенні обчислень? У четвертому розділі знову повторюється друга формула для коефіцієнта місцевого опору.
3. Розділ 2.7 роботи передбачає моделювання нестационарної фільтрації газу в пористих середовищах із зосередженими джерелами. Проте математична модель, що містить зосереджені джерела тут не приведена і не використовується.
4. У другому розділі приведено результати чисельних експериментів. Однак не сказано, які саме з наведених вище рівнянь та співвідношень використані для розрахунків.
5. В роботі відсутні дані щодо меж можливого використання розробленої моделі як по часових інтервалах, так і по просторових масштабах.
6. У рівнянні дифузії у третьому розділі використовується коефіцієнт дифузії. У підписах до рисунків, де представлено розв'язки задачі дифузії, графіки функцій, що мають сенс концентрації також названі коефіцієнтами дифузії. Про розв'язок оберненої задачі і визначення коефіцієнта тут не йдеться.
7. У поясненнях до таблиць 3.2 та 3.3. не зрозуміла присутність даних про температуру, що у моделі прийнятій для розрахунків не фігурує.
8. Ряд позначень, що присутні у формулах, не пояснені в тексті.

Приведені вище зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.

Подана до захисту дисертація є комплексним науковим дослідженням, в якому розв'язано завдання науково-технічного характеру в галузі математичного моделювання та обчислювальних методів – аналітико-

числове моделювання процесів взаємозаміщення газу водою з метою недопущення заводнення свердловини та визначення наявної кількості газу у воді.

За актуальністю теми, рівнем та обсягом виконаних досліджень, науковою новизною та практичним значенням отриманих результатів дисертаційна робота “Математичне моделювання та чисельний аналіз двофазної фільтрації газу та рідини в пористому середовищі” відповідає встановленим вимогам, а її автор Вавричук Петро Григорович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент,

Завідувач кафедри транспортних технологій
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
ім. В. Лазаряна МОН України,
доктор технічних наук, професор

Гера Б.В.

02.05.2018

Підпис Гери Б.В. засвідчую
В.о. директора Львівської філії
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна,
доктор економічних наук, професор



Копитко В.І.