

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу С.В. Гладуна “*Моделювання та розрахунок оптимальних параметрів роботи підземного сховища газу в системі магістральних трубопроводів*”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертації.

В процесі управління транспортом газу виникає ряд задач, які необхідно вирішити для розрахунку оптимальних параметрів керування газопотоками в умовах неусталених газових потоків, розрахунку фільтрації газу в неоднорідних порових середовищах, тощо.

Газотранспортні системи (ГТС) складаються із значного числа різнорідних технологічних об'єктів, кожен з яких описується своєю математичною моделлю. Процеси, які проходять в таких системах, розгортаються на значних просторових і часових вимірах. Для побудови математичної моделі системи необхідно на основі певних фізичних законів або принципів ув'язати математичні моделі кожного з технологічних об'єктів. Як правило, всі математичні моделі відносяться до класу нелінійних із розподіленими чи зосередженими параметрами. Параметри моделей справедливі в певних просторово-часових проміжках та залежать від багатьох чинників. У випадку математичного моделювання підземних сховищ газу слід ще і враховувати невизначеність, яка має місце при розрахунку параметрів роботи пласту. Оскільки велика кількість параметрів математичних моделей технологічних об'єктів газотранспортних систем є відома наближено, то їх уточнення проводиться шляхом розв'язання обернених задач.

Таким чином у теперішній час актуальною є загальна проблема розробки ефективних, простих у реалізації й достатньо універсальних аналітико-числових моделей процесів транспорту та зберігання газу у випадку сумісної роботи магістральних газопроводів (МГ) та підземних сховищ газу (ПСГ), адаптивних методів розв'язування виникаючих задач математичної фізики і обробки експериментальних даних, які орієнтовані на використання апріорної інформації.

За своїм науковим спрямуванням дисертаційна робота відповідає програмам і планам наукових досліджень Центру математичного моделювання ІППММ ім. Я.С.Підстригача НАН України зокрема за темами:

“Нестационарні задачі фільтрації газу в неоднорідних пористих середовищах в газовому і водонапірному режимах із зосередженими джерелами і стоками” (держ. реєстр. № 0107U000356);

„Розробка та дослідження математичних моделей процесів деформування та переносу в неоднорідних середовищах з урахуванням локальної структури та зосереджених джерел і стоків” (I кв. 2012 –IV кв. 2016);

“Розроблення математичних моделей, методів та алгоритмів для прогнозування і оптимального керування режимами експлуатації підземних сховищ газу. Побудова методів та алгоритмів для прогнозування і оптимального керування процесами відбору-закачування газу в підземні сховища” (держ. реєстр. № 0107U005812);

„Розроблення підсистеми оперативного планування динамічних режимів роботи магістральних газопроводів для автоматизованого диспетчерського керування потоками газу в газотранспортній системі України” (держ. реєстр. № 0110U004141);

“Математичне моделювання нестационарної фільтрації газу в неоднорідних пористих середовищах з рухомими границями розділу газ-вода” Розділ I «Побудова математичної моделі та алгоритмів дослідження фільтрації газу та рідини в неоднорідних середовищах складної форми» до договору № 1 від 17 березня 2014 р. згідно з розпорядженням Президії НАН України від 05.03.2014 №142.

“Фізико-математичне моделювання та дослідження механічних і фільтраційно-дифузійних процесів у дрібнодисперсних середовищах з врахуванням хімічних перетворень і електромагнітних процесів” (держ. реєстр. № 0104U000202).

У рамках виконання цих науково-дослідних робіт здобувачем отримано всі результати, які становлять наукову новизну дисертаційного дослідження.

Зміст дисертації належним чином відображає мету роботи та основні поставлені завдання досліджень для досягнення цієї мети.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, визначається відповідністю їх сучасним теоретичним уявленням про процеси газогідродинаміки в трубопровідних системах та масопереносу в пористих структурах складної будови, а також якісним та кількісним співпаданням з даними натурних експериментів. Слід зауважити, що ряд отриманих результатів використовуються в ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» для розрахунку режимних параметрів роботи окремих підсистем ГТС.

Оцінки точності та збіжності запропонованих методів і алгоритмів обґрунтовані як теоретично, так і в процесі проведення числових експериментів на експериментальних даних.

Обґрунтованість наукових положень, результатів та висновків дисертації забезпечується також їх апробацією на наукових конференціях і семінарах, опублікуванням 13 статей у наукових фахових виданнях.

Наукова новизна одержаних в роботі результатів полягає в наступному:

- вперше сформульовано уточнені математичні моделі сумісної роботи МГ та ПСГ, які враховують газодинамічну ув'язку руху газу в трубопроводах та фільтрації газу в пластах підземних сховищ;
- вперше побудовано аналітичну модель збору газу при колекторному підключення свердловин до газозбірного пункту;
- побудовано нові гібридні чисельно-аналітичні ітераційні методи для розв'язування задач газової динаміки в системі ПСГ-МГ з метою їх використання для розрахунку режимних параметрів роботи цієї системи;
- обґрунтовано ефективність розвинених алгоритмів для моделювання процесів масопереносу в складних системах і підтверджено їх шляхом практичного використання.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.
Достовірність отриманих автором результатів, висновків і рекомендацій забезпечується застосуванням сучасних методів математичного моделювання та числових методів математичної фізики, математичною коректністю постановок крайових задач, несуперечністю одержаних результатів відомим результатам, а також їх кількісною та якісною відповідністю результатам експерименту.

Важливість для науки одержаних автором дисертації результатів.

Дисертаційна робота стосується розробки та розвитку теорії математичного моделювання масо переносу в складних системах, зокрема трубопроводах та природних пористих середовищах, з врахування їх параметрів та топологічної складності. Отримані результати знайдуть своє застосування в подальших дослідженнях з даного напрямку.

У роботі запропоновано чисельно-аналітичні моделі масопереносу в трубопроводах та фільтрації газу у підземних сховищах, сумісної роботи системи ПСГ-МГ, а також методи їх дослідження. Отримані теоретичні результати дали змогу побудувати розрахункові схеми газотранспортних мереж, включаючи ПСГ, та отримати основні співвідношення, які дають можливість сформулювати рекомендації щодо оптимізації роботи системи.

Практична цінність отриманих у роботі результатів підтверджена актами про їхнє використання на виробництві в ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» при побудові алгоритмів для розрахунку параметрів роботи руху газу в об'єктах газотранспортної системи для прийняття адекватних рішень в системі диспетчерського керування газопотоками. Разом з тим одержані результати дали можливість розраховувати параметри роботи системи пласт підземного сховища газу-магістральний газопровід з метою оптимізації енергетичних затрат.

Автореферат адекватно відповідає змісту дисертації та оформлений згідно з вимогами ВАК України. Результати дисертаційної роботи достатньо

повно опубліковані у 24 наукових працях.

Зауваження до дисертаційної роботи.

1. При моделюванні складних систем використовуються математичні моделі основних технологічних об'єктів системи. В той же час вплив інших складових системи враховується простим усередненням. Однак вплив усереднення на отримані результати не досліджено.
2. В дисертації побудовано математичну модель фільтрації газу в пластах ПСГ у двовимірному плоскому випадку, в той час як в природі пласти займають відповідні об'єми. Цей факт недостатньо повно висвітлений у роботі.
3. В авторефераті та дисертації відзначено, що адаптація моделей проводиться на основі рішення обернених задач. Однак дослідження цих задач не містить впливу взаємозв'язків в такій складній системі. Цей факт недостатньо повно відображений в роботі.
4. В роботі подано результати розрахунку окремих технологічних об'єктів. Бажано було би подати більше результатів розрахунку параметрів роботи окремих підсистем і їх порівняння з експериментальними даними.
5. В дисертаційній роботі недостатньо уваги приділено теоретичному обґрунтуванню використаних чисельних алгоритмів наближеного розв'язання нелінійних крайових задач, зокрема, встановленню оцінок збіжності застосованих ітераційних процедур.
6. В роботі наявні граматичні помилки, зокрема на стор. 11 замість «Математитчне» повинно бути «Математичне»; стор.25 – «рівняння» замість «рівняння рівняння»; стор .101 - «відомим» замість «відомомим»; стор. 107 - «описані» замість «орписані» і інші.

Вказані вище зауваження суттєво не знижують загальної *позитивної оцінки* дисертації та її *високої якості в цілому*.

Висновок про відповідність дисертації вимогам ВАК України.

Подана до захисту дисертація є оригінальним і завершеним науковим дослідженням, в якому розв'язано завдання науково-технічного характеру в галузі математичного моделювання та обчислювальних методів – створення адаптивних чисельно-аналітичних моделей руху газу в трубопроводах, пористих середовищах та сумісної роботи МГ і ПСГ.

Результати роботи є новими та достатньо апробованими. Аналіз публікацій дисертанта показує, що основні результати дисертації отримано автором самостійно. Автореферат адекватно відображає зміст роботи.

За актуальністю теми, рівнем та обсягом виконаних досліджень, науковою новизною та практичним значенням отриманих результатів дисертаційна робота “ *Моделювання та розрахунок оптимальних параметрів роботи підземного сховища газу в системі магістральних трубопроводів* “

повністю відповідає вимогам щодо кандидатських дисертацій п.11 та п.13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, а її автор Гладун Сергій Валентинович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 - математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент,
доктор фізико-математичних наук, професор,
завідувач кафедри прикладної математики
НУ «Львівська політехніка»

П.П.Костробій

Підпис П.П.Костробія
Затверджую
Вчений секретар Національного університету
«Львівська політехніка»



Р.Б. Брилинський