

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента доктора технічних наук, професора  
ФІКА Іллі Михайловича на дисертаційну роботу  
ЗАХАРЧУК Оксани Олегівни на тему:  
«Моделювання фільтраційних процесів у неоднорідних нафтогазоносних  
пластах»,  
яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі  
знань 18 «Виробництво та технології» за спеціальністю  
185 – Нафтогазова інженерія та технології**

### **1. Актуальність теми дослідження**

Більшість родовищ України знаходяться на завершальних стадіях розробки, що зумовлює необхідність застосування методів інтенсифікації та проведення детального аналізу для зменшення ступеня ризику експлуатації систем свердловин у виснажених пластах. Тому популярними є методи комп'ютерного моделювання анізотропних нафто- та газозносних пластів, оскільки вони дозволяють отримати уявлення про фільтраційні процеси навколо видобувних та нагнітальних свердловин у різних практичних випадках. Ця інформація може бути отримана порівняно дешевим способом і використана для ефективного аналізу, контролю та керуванню нафто- та газовидобувним процесом в неоднорідних пластах. З іншого боку, залишається ряд питань, які пов'язані з точністю та адекватністю моделювання складних неоднорідних анізотропних нафто- та газозносних колекторських систем в умовах реальної експлуатації родовищ.

Використаний у дисертаційній роботі комбінований скінчено-елементно-різницевий метод розв'язання нестационарної анізотропної задачі п'єзопровідності для нафтової та газової фази, з урахуванням неоднорідного розподілу різних фільтраційних параметрів всередині анізотропного деформованого продуктивного пласта і на його межах, дозволяє адекватно розрахувати розподіл пластового тиску в складних умовах експлуатації нафто- та газовидобувних свердловин.

Результати моделювання фільтраційних процесів за допомогою комбінованого скінчено-елементно-різницевого методу можуть бути

використані для розв'язку багатьох актуальних задач у сфері нафтогазової інженерії та технологій (уточнення розрахунку видобувних запасів родовища, прогнозування дебітів свердловин, уточнення розрахунку коефіцієнтів газо- та п'єзопровідності близької і віддаленої зон пласта, виявлення зон аномально високих та низьких пластових тисків, підбір розташування експлуатаційних свердловин в анізотропних пластах для збільшення інтенсивності фільтраційних процесів). Саме це обумовлює актуальність дисертаційного дослідження Захарчук Оксани Олегівни, присвяченого моделюванню фільтраційних процесів у неоднорідних нафтогазоносних пластах.

## **2. Оцінка змісту та завершеності дисертації**

Дисертація обсягом 225 сторінок складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 67 рисунків та 32 таблиці. Обсяг основного тексту складає 146 сторінок, список використаних джерел містить 141 найменування.

У вступі автором обґрунтовано вибір теми дисертації, сформульовано мету та основні задачі дослідження, визначено його об'єкт, предмет, методи, наведено положення наукової новизни та практичне значення отриманих результатів, а також дані щодо їх апробації та впровадження.

Перший розділ присвячено оцінці сучасного стану моделювання фільтраційних процесів навколо експлуатаційних свердловин, наведено переваги та недоліки існуючих аналітичних та чисельних методів розв'язку рівняння п'єзопровідності в неоднорідних пластах нафтогазових родовищ, сформовані задачі дослідження та представлена структурна схема дисертаційної роботи.

У другому розділі сформульована загальна постановка нестационарної задачі п'єзопровідності з урахуванням початкової умови та умови проникності флюїду (нафти або газу) на границі досліджуваної області для розрахунку поля тиску в ізо- та анізотропному середовищі. Для розрахунку сформульованих задач вперше застосовано модифікований комбінований скінчено-елементно-різницевий метод, реалізований мовою програмування Fortran д. ф.-м. н. Лубковим М.В. Проведено верифікацію комбінованого скінченно-елементно-різницевого методу шляхом порівняння результатів розв'язку задачі з результатами, отриманими при застосуванні аналітичних формул.

Третій розділ присвячено моделюванню процесів фільтрації у неоднорідних ізотропних вуглеводневмісних пластах навколо видобувної свердловини. На основі результатів моделювання проведено оцінку впливу наявності проникних границь пласта на розподіл пластового тиску та його зміну в часі. Оцінено взаємозв'язок між розподілом пластового тиску навколо

нафтовидобувної свердловини та неоднорідним розподілом фільтраційних характеристик (проникності та в'язкості нафти). Приведено результати розв'язання нестационарної ізотропної задачі п'єзопровідності Лейбензона, на основі чого проведено оцінку процесу заповнення газової шапки геосолітонового родовища.

У четвертому розділі розроблено модель однофазної фільтрації (нафти або газу) в анізотропних пластах навколо видобувної свердловини; між видобувною та нагнітальною свердловинами; навколо горизонтальної свердловини. Оцінено вплив неоднорідного розподілу проникності (зонально-неоднорідного та анізотропного) на розподіл пластових тисків для кожної розробленої моделі.

П'ятий розділ присвячено підрахунку видобувних запасів нафти та газу за результатами моделювання фільтраційних процесів у продуктивних пластах. Автором запропонований удосконалений метод розрахунку радіуса контуру живлення свердловини із застосуванням комбінованого скінчено-елементно-різницевого методу. Запропонований удосконалений метод підрахунку запасів вуглеводнів, що поєднує об'ємний метод та результати моделювання фільтраційних процесів.

Авторський метод розрахунку запасів використаний ТОВ «Нафтогазопромислова геологія» при складанні нового проєкту розробки Західно-Радченківського газоконденсатного родовища (довідка про впровадження від 20 березня 2022 року).

Завершується робота загальними висновками, які є логічними, та слугують віддзеркаленням основних результатів дисертаційного дослідження.

У додатках представлено алгоритм програми розв'язку нестационарної ізо- та анізотропної задачі п'єзопровідності для нафтової та газової фази, табличні дані для розрахунку коефіцієнта надстисливості газу, вихідні дані для моделювання розподілу тиску в пластах Ромашівського нафтового та Червонозаярського газового родовищ.

За результатами аналізу дисертації можна дійти висновку, що мета роботи у процесі проведення дослідження була досягнута, і дисертація є завершеною науковою кваліфікаційною працею, що виконана автором самостійно.

### **3. Рівень обґрунтованості наукових положень дисертації, їх достовірності й новизни**

Обґрунтованість і достовірність основних наукових положень дисертації, одержаних результатів і висновків підтверджується використанням теоретичних методів дослідження, що містять в собі системний аналіз

використаної інформації; чисельного моделювання на основі комбінованого скінчено-елементно-різницевого методу в сукупності з іншими чисельними та аналітичними методами; методів візуального подання отриманої інформації; методів статистичної обробки даних; експериментальних методів дослідження, які полягають у верифікації отриманих результатів.

Основні положення новизни, які дали можливість дисертанту вирішити поставлені у роботі мету і задачі, розкриваються у наступних наукових результатах.

1. Вперше для розв'язання рівняння п'єзопровідності для дослідження фільтраційних процесів у нафто- та газоносних пластах модифіковано комбінований скінчено-елементно-різницевий метод, що дозволив отримати якісно нову інформацію про вплив неоднорідного розподілу фільтраційних параметрів (проникності та в'язкості) у неоднорідному нафтовому та газовому середовищі на розподіл пластових тисків навколо видобувних та нагнітальних свердловин.

2. Удосконалено спосіб розрахунку радіуса контуру живлення видобувної свердловини на основі результатів моделювання розподілу пластових тисків із застосуванням комбінованого скінчено-елементно-різницевого методу.

3. Удосконалено метод підрахунку початкових видобувних запасів продуктивних нафто- та газоносних пластів, розкритих однією експлуатаційною свердловиною.

Всі елементи наукової новизни сформульовані коректно, їх кількість та рівень обґрунтованості відповідають нормативним вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

#### **4. Повнота викладення результатів в опублікованих роботах**

Отримані наукові результати знайшли своє відображення в 16-ти опублікованих працях, у тому числі 9 статей у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у фаховому виданні України категорії "А", 4 статті у фахових виданнях за спеціальністю 185 – Нафтогазова інженерія та технології), 7 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій (з них 5 входять до Scopus). Загальний обсяг публікацій – 3 друк. арк., що дорівнює необхідному мінімуму. В опублікованих працях розкрито сутність та зміст наукових положень, що представлені до захисту. У публікаціях, виконаних у співавторстві, особистий внесок дисертанта відображено відповідно до отриманих ним особисто результатів.

## **5. Значущість результатів дисертаційного дослідження для науки і практики**

Теоретичні та прикладні результати, висновки, отримані Захарчук Оксаною Олегівною у дисертації, слід визнати достовірними. Основні положення виконаного дослідження пройшли всі види апробації: вони опубліковані, використані на практичному рівні та в освітньому процесі закладу вищої освіти, обговорені на міжнародних конференціях.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що вони дозволяють нафтогазопромисловим організаціям удосконалити розрахунок невідомих параметрів (значення тисків по площі родовища, радіуса контуру живлення свердловини, видобувних запасів пласта) для побудови оптимальної стратегії та тактики розробки родовища. Удосконалений спосіб розрахунку видобувних запасів газового пласта використаний ТОВ «Нафтогазопромислова геологія» при складанні нового проєкту розробки Західно-Радченківського газоконденсатного родовища (довідка про впровадження результатів від 20.03.2022).

Окремі теоретичні та методичні положення дослідження використано у освітньому процесі у Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» при викладанні дисципліни «Математичне моделювання фільтраційних процесів у пористому середовищі» в навчальному курсі третього освітнього рівня, ОНП 185 – Нафтогазова інженерія та технології (акт про впровадження результатів від 10.10.2021).

## **6. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності**

У дисертаційній роботі Захарчук О. О. не виявлено ознак академічного плагіату та інших порушень, що могли б поставити під сумнів самостійний характер виконаного дослідження та дотримання норм академічної доброчесності.

## **7. Відповідність дисертації встановленим вимогам**

Дисертація Захарчук Оксани Олегівни є завершеною науковою працею. Дисертація виконана державною мовою із дотриманням наукового стилю. Дисертація за вимогами щодо структури, змісту, загального обсягу та кількості наукових публікацій, що висуваються до здобувача наукового ступеня доктора філософії, відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, та є результатом науково-дослідної роботи, що характеризується належним науково-методичним рівнем її виконання.

## **8. Зауваження до дисертаційної роботи**

1. Структурну схему дисертаційної роботи (ст. 51) варто було б скоротити у межах кожного структурного елемента задля менш громіздкого вигляду.

2. Розглядаючи анізотропію, автор наводить приклади квадрантів годографів характеристик міцності для ґрунтів (рис.1.2, ст. 33). В контексті роботи, краще розглядати лабораторні методи дослідження анізотропії керна. Взагалі незрозумілим є посилання на дослідження анізотропії ґрунтів при подальшому моделюванні фільтраційних процесів при пластових умовах.

3. При описі алгоритму розрахунку задачі п'єзопровідності для нафтової та газової фази (55–59 ст.) у тексті доцільно додати посилання на додаток А. В додатку А можна навести повністю код програми, використаної здобувачкою при моделюванні.

4. Також гарним рішенням була б розробка методичних вказівок чи рекомендацій по застосуванню представленої в додатку А програми.

5. Не цілком зрозуміло, чому при підрахунку видобувних запасів Західно-Радченківського газоконденсатного родовища (5 розділ, 181–185 ст.) дисертантка проводить розрахунки виключно для газу. Якщо запасами конденсату можна знехтувати, слід це обґрунтувати з відповідними посиланнями на документи по розробці родовища.

Разом з тим, варто зазначити, що наведені зауваження до роботи не є істотними, та не впливають суттєво на зміст роботи.



## **9. Загальний висновок**

Тематичне спрямування матеріалів дисертаційної роботи, її науково-прикладні результати та висновки відповідають галузі знань 18 «Виробництво та технології» за спеціальністю 185 – Нафтогазова інженерія та технології. Вони є достатньо науково обґрунтованими. Дисертація Захарчук Оксани Олегівни є завершеним дослідженням, в якому проведено оцінювання впливу неоднорідного розподілу проникності та в'язкості на зміну пластового тиску та удосконалено розрахунок видобувних запасів вуглеводневого пласта на основі моделювання фільтраційних процесів шляхом розв'язку рівняння п'єзопровідності комбінованим скінчено-елементно-різницеvim методом.

За змістом та оформленням дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України

№ 44 від 12 січня 2022 року, а її автор, Захарчук Оксана Олегівна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 185 – Нафтогазова інженерія та технології.

Офіційний опонент  
доктор технічних наук, професор, завідувач  
кафедри видобування нафти, газу та  
конденсату Національного технічного  
університету «Харківський політехнічний  
інститут»

Підпис:  Ілля ФИК  
ЗАСВІДЧУЮ  
ВЧЕННИЙ СЕКРЕТАР  
 26.10.2022 р.  
ЗАЙЦЕВ Ю.І.

