

УДК 51-7:519.87

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОТУЖНОСТІ ПОРИСТОГО СЕРЕДОВИЩА НА ФІЛЬТРАЦІЮ ГАЗУ В ОКОЛІ СВЕРДЛОВИНИ

Ярослав П'янило, Ганна Лянце, Галина П'янило

*Інститут прикладних проблем механіки і математики  
ім. Я.С. Підстригача НАН України*

danylo794@gmail.com, anna.lyantse@gmail.com, danylo794@gmail.com

**Фільтрація газу в пласті підземного сховища** в нестационарному випадку описується нелінійним диференціальним рівнянням в частинних похідних з розподіленими параметрами. В літературі, як правило, при математичному моделюванні використовують постійну усереднену товщину пласту [3]. В природі товщина пласту може бути різною і неврахування її зміни може привести як до неточного визначення дебету свердловини, так і неточного визначення балансових параметрів. Урахування товщини пласту слід врахувати і при великих тисках. Тому актуальною є задача дослідження впливу товщини пласту на параметри роботи підземного сховища [2, 3]. В такому випадку доцільно область порового середовища, в якому міститься свердловина, описувати наступним лінеаризованим диференціальним рівнянням:

$$\frac{\partial p}{\partial \tau} = \kappa \left( \frac{\partial^2 p^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\partial^2 p}{\partial x_3^2} \right)$$

Тут  $\kappa = p_{00} / D$ ,  $D = m\mu / k$ ,  $p_{00}$  – початкове значення тиску,  $k$  – усереднене значення проникності. Лінеаризацію здійснено на основі наступного співвідношення [1, 2]:

$$\tau = \frac{p_2}{p_0} t + \left( 1 - \frac{p_2}{p_0} \right) \frac{1 - e^{-\beta t}}{\beta}, \quad \beta = \frac{p_0 k \lambda_n^2}{2m\mu}$$

**Метою роботи** є дослідження впливу параметрів пористого середовища, особливо товщини, на розподіл тиску та швидкості в циліндричній області зі свердловиною в центрі.

**Формулювання задачі.** Будемо вважати, що на торцевих поверхнях немає стоку та надходження газу, а на зовнішній поверхні циліндра тиск газу вважається сталими, рівним деякому значенню  $p_{00}$ . Тиск на внутрішній поверхні вважається заданим з врахуванням барометричного перепаду і визначається за значенням тиску на газозбірному пункті.

Розв'язок рівняння знайдено у вигляді

$$p(r, x_3, t) = \sum_{n=0}^{\infty} p_n(r, t) \cos \frac{n\pi x_3}{l}.$$

**Обчислювальний експеримент.** Метою обчислювального експерименту було дослідження впливу параметрів пористого середовища, зокрема його висоти, пористості та коефіцієнта проникності, на розподіл тиску.

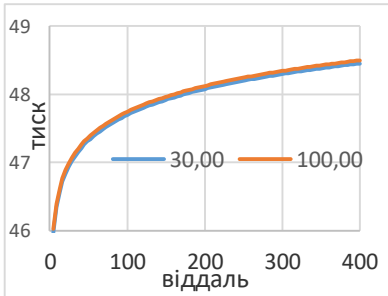


Рис. 1 Залежність тиску від радіуса для різних значень висоти пористого середовища (синя лінія – 30 м, червона лінія – 100 м)

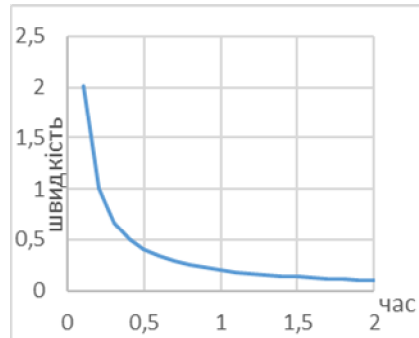


Рис. 2 Залежність швидкості від радіуса

**Висновки.** Отримані результати дають можливість оцінювати розподіл тиску в складному пористому середовищі, що має форму пустотілого циліндра в залежності від радіуса та висоти циліндра. При цьому вважається, що розподіл тиску не залежить від кутової координати. З аналізу результатів слідує, що починаючи з деякої товщини середовища при моделюванні процесів масопереносу необхідно враховувати і залежність тиску від висоти (рис. 1, 2). Результати досліджень можуть бути використані для моделювання процесу фільтрації вуглеводнів в околах свердловин.

1. П'яніло Н.М., П'яніло Я.Д., П'яніло М.Г. Підземне зберігання газу (математичні моделі та методи). – Львів: Ви-во "Растр-7", 2015. – 266 с.
2. П'яніло Я.Д. Дослідження неусталеного руху газу в пористих середовищах // Прикл. проблеми мех. і мат. – 2004. – Вип. 2. – С. 178–184.
3. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. – Москва: Наука, 1963. – 397 с.

#### STUDY OF THE INFLUENCE OF THE POWER OF THE POROUS MEDIUM ON GAS FILTRATION IN THE VICINITY OF THE WELL

*The effect of the thickness of the layer of the porous medium on the pressure distribution in the vicinity of the blowout zone of the underground gas storage well was studied. The obtained results are tested on experimental data.*