



УДК 622.276

**MATHEMATICAL MODEL OF DISTRIBUTION OF PRESSURE IN THE RESERVOIR FOR AN UNLIMITED QUANTITY OF WELLS****МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ ТИСКУ В ПЛАСТІ ДЛЯ НЕОБМЕЖЕНОЇ КІЛЬКОСТІ СВЕРДЛОВИН****Zhuravchak V.Y. / Журавчак В.Ю.***Student / Студент.***Shcheranskiy M.I. / Щепанський М.І.***Assistant / Асистент**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна, 76019, Івано-Франківськ, Карпатська, 15.**Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Karpatska 15, 76000.*

**Анотація.** В роботі описано складений універсальний програмний блок в програмному середовищі MathCAD. Запропонована математична модель дозволяє будувати 3D поверхню розподілу тиску. Розрахунок дозволяє отримати тиск в будь-якій точці пласта при роботі довільної кількості видобувних та нагнітальних нафтових свердловин.

**Ключові слова:** Інтерференція свердловин, тиск, ремонт свердловин, проектування свердловин, розподіл тиску в пласті, свердловина.

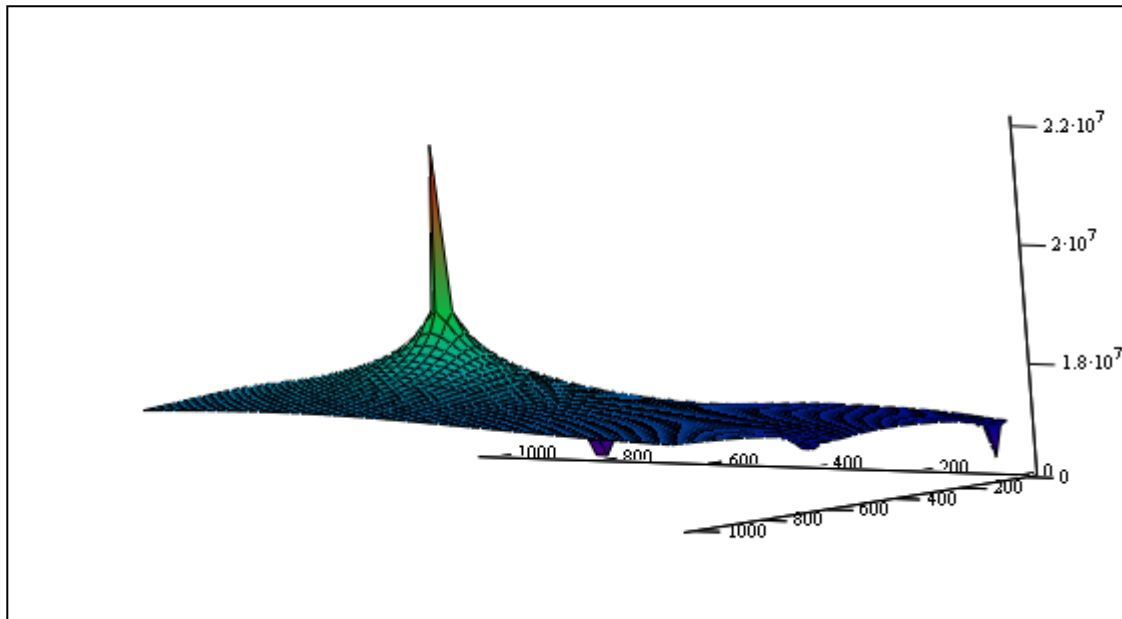
На сьогоднішній день більшість нафтових родовищ України перебувають на завершальній стадії розробки. Для продовження експлуатації свердловин та розробки родовищ в цілому на свердловинах часто проводять різні методи інтенсифікації, а також ремонтні роботи різної складності.

Часто ремонти пов'язані з глушінням свердловин, а після завершення ремонту їх освоєнням. Це в свою чергу змінює параметри роботи свердловин, зокрема тиск та дебіт. Саме тому постає проблема, в тому, що ми не знаємо, як впливає підземний ремонт свердловини на зміну тиску в цілому пласті, та як ремонт однієї свердловини відіб'ється на роботі інших свердловин.

За основу було взято типову задачу по інтерференції свердловин (1). Суть задачі полягала в визначенні тиску в довільно заданій точці в пласті. По умові задачі було задані 4 свердловини, 3 видобувні і 1 нагнітальна. Задача була інтерпритована під програмний блок для побудови поверхні тиску в пласті. В результаті обчислень ми отримали наступну 3D модель (рисунок 1).

На основі закону інтерференції свердловин та методу джерел і стоків нами було розроблено математичну модель, яка враховує наступні дані: дебіт, розміщення свердловин на площині, кількість нагнітальних та видобувних свердловин. Математичну модель з використанням прийомів програмування нами перенесено в програмний блок в середовищі MathCAD.

Даючи на вхід координати точки  $(x, y)$  на площині ми отримуємо тиск в цій точці. Якщо запустити цикл і давати на вхід координати з певним кроком  $(x+\Delta x, y+\Delta y)$  ми отримаємо набір значень, які можна представити в графічній формі поверхні тиску в кожній точці пласта, або розподілу тиску в пласті.



(x, y, pressure)

**Рисунок 1. Розподіл тиску в пласті згідно заданої задачі**

Нами була поставлена мета зробити блок-програму, в якій необхідно лише задавати декілька даних, зокрема кількість видобувних та нагнітальних свердловин, а все решту вираховувала б програма.

Апробацію моделі ми провели на початковій задачі і результати зійшлись. Далі ми взяли дещо складнішу модель родовища. Задалися дев'ятьма видобувними та чотирма нагнітальними свердловинами. Згідно створеної нами блок-програми, ми отримали наступну 3D модель розподілу тиску (рисунок 2).

Також наша програма дозволяє моделювати горизонтальні свердловини. Відомо що в горизонтальних свердловинах перфораційні отвори роблять не по всій довжині продуктивного пласта, а розділяють на інтервали. Відстань між інтервалами перфорації 20-70 м. Тому можна задатись лише даними в точках перфорації. При певній попередній підготовці даних можна отримати розподіл тиску в пласті з горизонтальними свердловинами. Для прикладу взято 1 горизонтальну видобувну 4 вертикальні видобувні і 4 нагнітальні свердловини (рисунок 3).

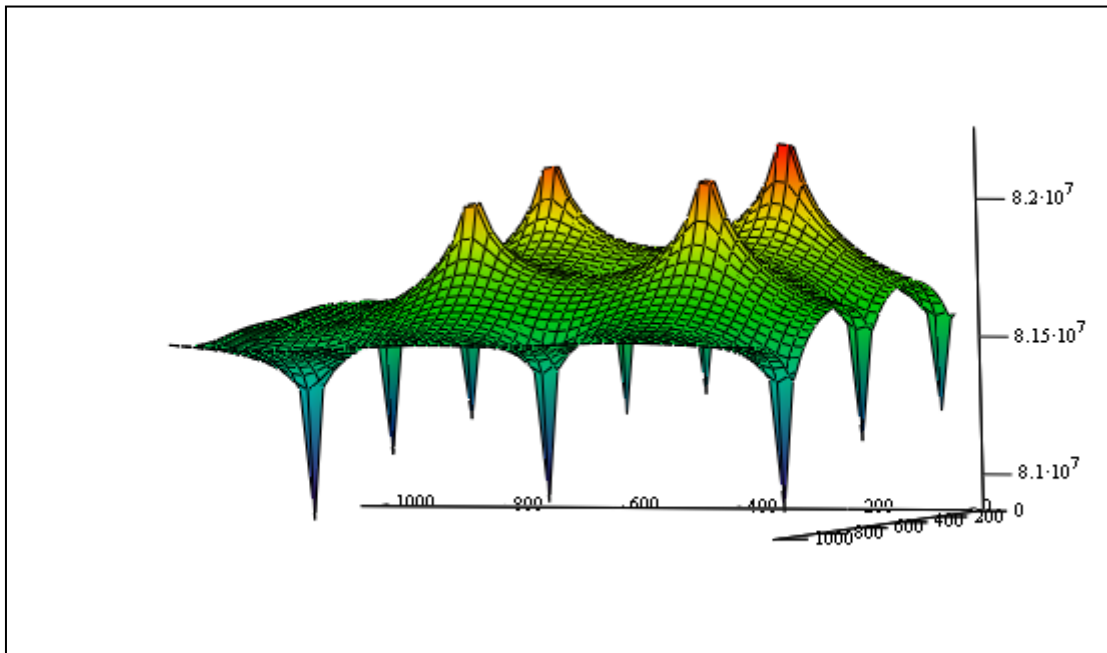
Поведінка нашої математичної моделі збігається з теоретичними оновами розподілу тиску в пласті. На даний момент наша модель не була випробувана на реальних об'єктах, але в майбутньому планується продовження роботи в цьому напрямку.

Дана робота буде корисною при проектуванні нових свердловин (пошук малодренованих зон в пласті), та при проектуванні ремонту на свердловинах, оскільки покращення роботи одної свердловини може як позитивно так негативно вплинути на оточуючі свердловини. Також на завершальній стадії розробки родовищ практикують переведення видобувних свердловин в нагнітальні. Наша модель допоможе прийняти рішення щодо доцільності такого переведення.



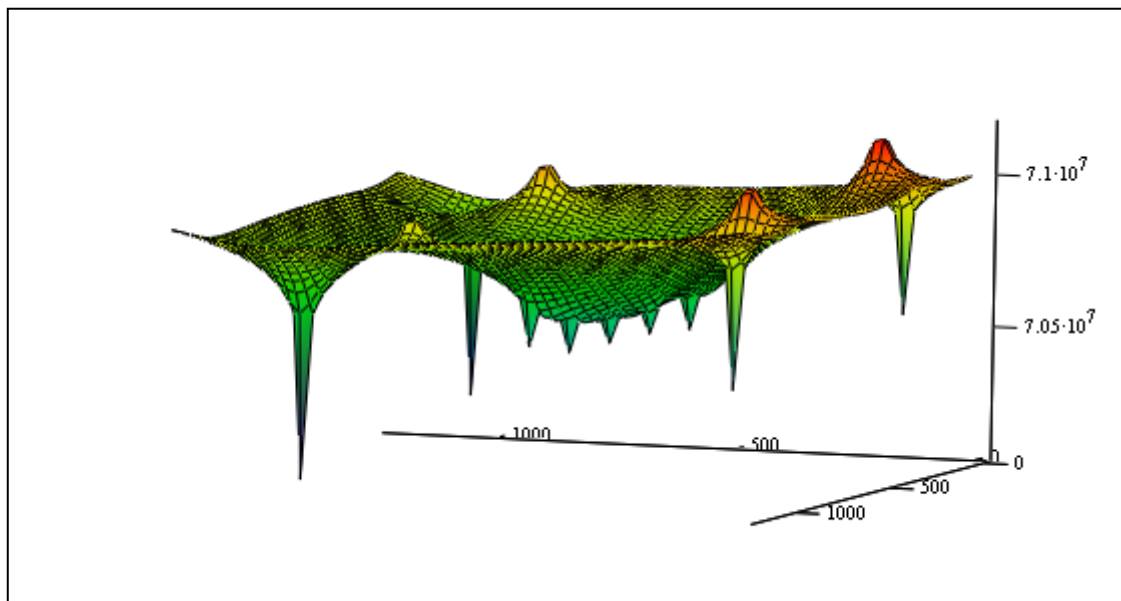
```

p1(x,y) :=
    sum ← 0
    n_вид ← rows(X)
    n_нагн ← rows(X_нагн)
    n ← n_вид + n_нагн
    for i ∈ 0..n - 1
        if i < n_вид
            xi ← Xi
            yi ← Yi
            Qi ←  $\frac{Q_i}{h}$ 
        if i ≥ n_вид
            xi ← X_нагнi-n_вид
            yi ← Y_нагнi-n_вид
            Qi ←  $\frac{Q_{нагн_{i-n_вид}}}{h}$ 
        r0,i ←  $\sqrt{(x - xi)^2 + (y - yi)^2}$ 
        r0,i ← rсв if r0,i = 0
        for j ∈ 1..n_нагн
            rj,i ←  $\sqrt{(X_{нагн_{j-1}} - xi)^2 + (Y_{нагн_{j-1}} - yi)^2}$ 
            rj,i ← rсв if rj,i = 0
        for i ∈ 0..n_нагн - 1
            Φi ←  $\frac{k \cdot p_{нагн_i}}{\mu}$ 
            ΦM ←  $\sum_{i=0}^{n_{нагн}-1} \Phi_i - \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} \left( q_i \cdot \ln \left( \frac{\prod_{j=1}^{n_{нагн}} r_{j,i}}{r_{0,i}} \right) \right)$ 
            P ←  $\left( \frac{\mu}{k} \right) \cdot \Phi_M$ 
    
```



(x, y, pressure1)

**Рисунок 2. Розподіл тиску в пласті згідно створеної нами блок-програми**



(x, y, pressure1)

**Рисунок 3. Запроектована горизонтальна свердловина**

Література:

1. Бойко В.С., Бойко Р.В. Підземна гідрогазомеханіка: Підручник. – Львів: Априорі, 2007. – 452 с.
2. Бойко Р.В. Регулювання розробки нафтових родовищ застосуванням горизонтальних свердловин. – Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук: 05.15.06. – Київ, ВАТ Укр НДПІ, 1996. – 306 с.
3. Дослідження закономірностей процесу взаємодії у газовому родовищі різнопроникних ділянок пласта з перетіканням газу між ними / Р. М. Кондрат, О. Р. Кондрат // Нафтогазова галузь України. - 2015. - № 6. - С. 22-25.



4. Журавчак, Л. М. Математичне моделювання розподілу пластового тиску з урахуванням фізичної неоднорідності пласта / Л. М. Журавчак, А. Є. Струк // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. - 2012. - № 3. - С. 47-55.

**Abstract.** *The work describes a composite universal program block in the MathCAD software environment. The proposed mathematical model allows us to construct a 3D surface of the pressure distribution. The calculation allows you to get pressure at any point of the reservoir with the work of any number of extraction and injection oil wells.*

**Key words:** *Interference of wells, pressure, repair of wells, design of wells, distribution of pressure in the reservoir, well.*

**References:**

1. Boyko V.S., Boyko R.V. *Pidzemna hidrogazomechanika: Pidruchnik.* – Lviv: Apriori, 2007. – 452 p.
2. Boyko R.V. *Reguluvanya rozrobky naftovyh rodovyshch zastosuvannam goryzontalnyh sverdlovyh.* – Dysertacia na zdobuttya naukovoogo stupenyu kandydata tehnicnyh nauk: 05.15.06. – Kyiv, VAT Ukr NDPI, 1996. – 306 p.

Науковий керівник: Асистент Щепанський М.І.

Стаття відправлена: 12.05.2018 р.

© Журавчак В.Ю.