

Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Тези

**76-ї наукової конференції професорів,
викладачів, наукових працівників,
аспірантів та студентів університету**

ТОМ 2

14 травня – 23 травня 2024 р.

Полтава 2024

*М.В.Петруняк М.В., к.т.н. доцент
В.О. Бовкун, аспірант
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Шудрик О.Л. к.т.н, головний інженер,
ТОВ «Регіон», головний інженер, м. Полтава,»*

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЇ АЗОТОВАНОЇ РІДИНИ ПІД ЧАС КИСЛОТНОЇ ОБРОБКИ СВЕРДЛОВИНИ

Більшість нафтогазових родовищ України знаходяться на пізній стадії розробки, експлуатації та мають низькі пластові тиски. Це викликає труднощі в якісному освоєнні та інтенсифікації. Одним із способів збільшення дебітів свердловин є кислотні обробки пластів – промивки або ванни. Але при виконанні промивок привибійних зон пластів свердловин та, зважаючи на низькі пластові тиски, з метою недопущення поглинання кислот пластами виникає необхідність зменшувати густину кислотних розчинів. Це забезпечується за рахунок використання ежекторів [1].

Ежектори застосовуються як змішувачі різноманітних середовищ – рідких, твердих, газоподібних. Варто зауважити, що картина течії газорідинних сумішей кардинально відрізняється від течій однофазних рідин. При розрахунках та розгляді гідродинамічної картини течії багатofазних рідин необхідно враховувати їх реологію, не зважаючи на те, що у випадку, який розглядається, кислота і азот – ньютонівські середовища та мають лінійну залежність швидкості зсуву від напруги зсуву.

Розглянемо процес азотування 10% соляної кислоти за допомогою ежектора. Для моделювання течії та змішування соляної кислоти та азоту було побудовано тривимірну твердотільну модель середовища, що заповнює внутрішню порожнину ежектора. Наступний етап – побудова розрахункової сітки. Розрахункова область розбита на осередки у вигляді тетраєдрів. Для максимально точного та якісного опису приграничного шару біля стінок додатково побудовано 15 призматичних шарів. Загальна кількість осередків склала 550000.

Моделювання течії проводилося у відкритому спеціалізованому пакеті *OpenFOAM* [2]. Робочі середовища задавалися наступні:

1. Рідина – соляна 10% кислота з постійною густиною 1048 кг/м^3 та динамічною в'язкістю $1,16 \text{ мПа}\cdot\text{с}$.
2. Газ – азот зі змінними параметрами в залежності від тисків та температур.

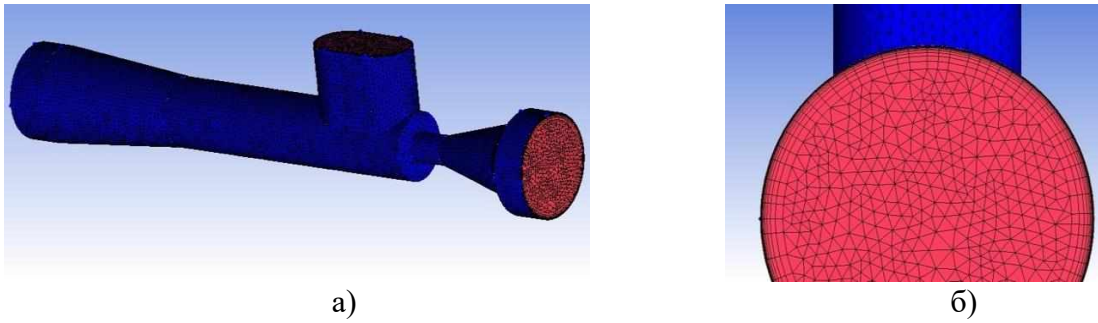


Рис. 1. Загальний вид сітки розрахункової моделі (а), призматичні шари у пристінній зоні (б)

Для розрахунку двофазної стисливої течії використовувався солвер *compressibleInterFoam*, який в процесі розрахунку при визначенні параметрів середовищ враховує термодинамічні умови течії – температура, тиски (рис. 1). Розрахунок проводився у нестационарній постановці для чотирьох режимів роботи ежектора при різних величинах вмісту азоту β в суміші. Витрата соляної кислоти склала у всіх випадках 120 л/хв, витрата азоту 10, 20, 30, 45 м³/хв.

Для визначення залежності напруги зсуву (τ) від швидкості зсуву або градієнту швидкості (*grad V*) використовуємо пост-процесор пакету *OpenFOAM* та визначаємо числові значення даних величин (табл. 1).

Таблиця 1. Значення швидкості зсуву та напруги зсуву середовища під час його течії через ежектор при різних об'ємних частках азоту β

β	<i>grad V</i>	τ
0,47	45438,21	11,27355
0,64	135794,5	14,3522
0,73	292918	17,44526
0,80	431217,6	20,93152

Варто зауважити, що кінематична в'язкість газорідинної суміші, також не має лінійного характеру в залежності від величини β [3, 4].

Висновки. Виходячи з отриманих результатів моделювання тривимірного потоку газорідинної суміші та визначених і розрахованих величин, можна зробити висновок про те, що суміш двох ньютонівських середовищ описується законом рідини неньютонівського типу. У випадку змішування соляної кислоти та азоту, отримана газорідинна суміш за характером реологічної кривої найбільш близька до моделі неньютонівської рідини Бінгама.

Література

1. Катеринчук П.О. Римчук Д.В. Цибулько С.В. Шудрик О.Л. // Освоєння інтенсифікація та ремонт свердловин.-Харків: «Пром-Арт», 2018р. – 608 с.
2. Shudryk A. Using open software application packages for simulation of viscous incompressible fluid Bulletin of NTU "KhPI". Ser.: Hydraulic machines and hydraulic units. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2016. No 20 (1192). P. 90–93.
3. Menter F. R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications / F. R. Menter // AIAA J. – 1994. – 32, №8. – P. 1598–1605.
4. Роговий А. С. Використання методів числового вирішення задач інженерного аналізу: навч. посіб. Харків: ХНАДУ, 2019. 112 с.