

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ СКИНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ПАКЕТУ ПРОГРАМ SOLIDWORKS® І COSMOSFLOWWORKS® ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОМАГНІЧУЮЧОГО ПРИСТРОЮ

Б.В. Коней, І.Ф. Концур, В.В. Попадюк

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166,
факс (03422) 42139, e-mail: koreyb@nimg.edu.ua*

Описана конструкція скважного омагнічуючого пристрою діаметром 89 мм для предупреждения солеотложений при добычи флюида. Для исследования гидравлических параметров потока в этом устройстве использован пакет программ SolidWorks® и CosmosFlowWorks®. Получены диаграммы распределения скоростей в каналах устройства, турбулентной энергии, потерь давления и др.

The construction of the oilwell magnetic device of 89 mm diameter for the depositions of salt prevention is presented at fluid production. For study of hydraulic flow parameters in this device the software package SolidWorks® and CosmosFlowWorks® is used. Plots of a velocity distribution in channels of the device, turbulent energy, pressure losses are obtained, etc.

Видобування нафти – надзвичайно складний процес, який полягає у транспортуванні флюїду з пласта на поверхню до пунктів збору і підготовки. Від якісного його проведення залежить не тільки безаварійна робота свердловини, а й стабільні прибутки організації, які цим займаються.

В процесі видобування нафти постає багато проблем, пов'язаних в основному із частими поломками і виходом із ладу нафтогазопромислового обладнання. Однією із вагомих причин, які призводять до цього, є відкладення солей на нафтогазопромисловому обладнанні.

Найбільш інтенсивно проходять процеси відкладення солей на колоні насосно-компресорних труб, штанг, арматурі свердловини. Солі також відкладаються у викидних лініях і колекторах, на робочих деталях і вузлах свердловинних насосів тощо. Внаслідок постійного контакту обладнання із агресивним середовищем виникають корозійні, а згодом корозійно-втомні пошкодження і руйнування, причинами яких є:

- закупорювання колони насосно-компресорних труб, арматури і викидних ліній;
- вихід з ладу насосного обладнання;
- обрив колони насосних штанг і насосно-компресорних труб;
- поломки наземного і свердловинного обладнання.

Ліквідація таких серйозних аварій потребує значних затрат часу, коштів і зусиль. Крім цього під час ремонтів чи ліквідації аварій свердловина простоє. Тому роботи, пов'язані зі запобіганням виникненню солевідкладень, є актуальними.

На даний час з метою запобігання солевідкладень використовують різні способи і методи, в тому числі метод магнітної обробки пластового флюїду. Серед інших даний метод відрізняється простотою і хорошими результатами

використання. Крім цього він має низку суттєвих переваг :

- не вимагає зміни технології проведення основних робіт;
- не ставить додаткових вимог до технологічного обладнання;
- не становить потенційної загрози життю і здоров'ю людей чи навколишньому середовищу;
- не впливає на хімічний склад видобутого флюїду;
- є повністю екологічно чистим;
- обладнання, яке використовується для реалізації методу недороге, має просту конструкцію, довговічне, надійне та не потребує додаткового обслуговування.

Метод магнітної обробки полягає в тому, що полем напруженості діють на потік флюїду. Цією дією добиваються зміни властивостей флюїду для досягнення основної мети.

Основна причина солевідкладень – це утворення перенасичених розчинів попутної води при видобутку флюїду. Існує два основних процеси, від яких залежить еволюція системи при заданих умовах перенасичення. Перший процес – утворення зародків, а другий – їх ріст і взаємодія між собою та материнською фазою.

Під дією магнітного поля змінюються наступні властивості системи: густина, електропровідність, водневий показник рН, в'язкість, поверхневий натяг, діелектрична проникливість, розчинність газів, швидкість розчинення солей, швидкість фазових переходів тощо. Існує багато гіпотез, які пояснюють лише деякі аспекти цих змін.

У флюїді під дією магнітного поля виникають сили Гуї F_1 , Лоренца F_2 і сила Кулона F_3 :

$$F_1 = xVH \Delta H, \quad (1)$$

$$F_2 = q[Bv], \quad (2)$$

$$F_3 = q_1 q_2 / d^2, \quad (3)$$

де: x – магнітна сприйнятливість речовини;
 V – об'єм речовини;
 H – напруженість магнітного поля;
 ΔH – градієнт магнітного поля;
 q – заряд іона;
 B – індукція магнітного поля;
 v – швидкість іона;
 d – відстань між іонами.

У флюїді завжди є домішки – це тверді частинки, пухирці повітря і газів, а також іони розчинених солей. Ці домішки починають рухатись в магнітному полі під дією сили F_1 , створюючи інтенсивні мікропотоки у всьому об'ємі (мікротурбулентність). Сила F_2 буде викликати зміну швидкості колового і гвинтового рухів пухирців газу і іонів. Іони з протилежними зарядами притягуються один до одного під дією сили F_3 , а сила F_2 діє в протилежному напрямку силі F_3 . Тому віддаль між іонами збільшується. Очевидно, це трапляється з усіма іонами у флюїді, а тому в зоні дії магнітного поля виникає неоднорідність густини. Крім цього, переміщення протилежно заряджених іонів до стінок труб призводить до виникнення поперечної різниці потенціалів.

Під дією сили Лоренца іони отримують коловий або гвинтовий рух з радіусом

$$r = \frac{mv}{qB}, \quad (4)$$

де m – маса іона.

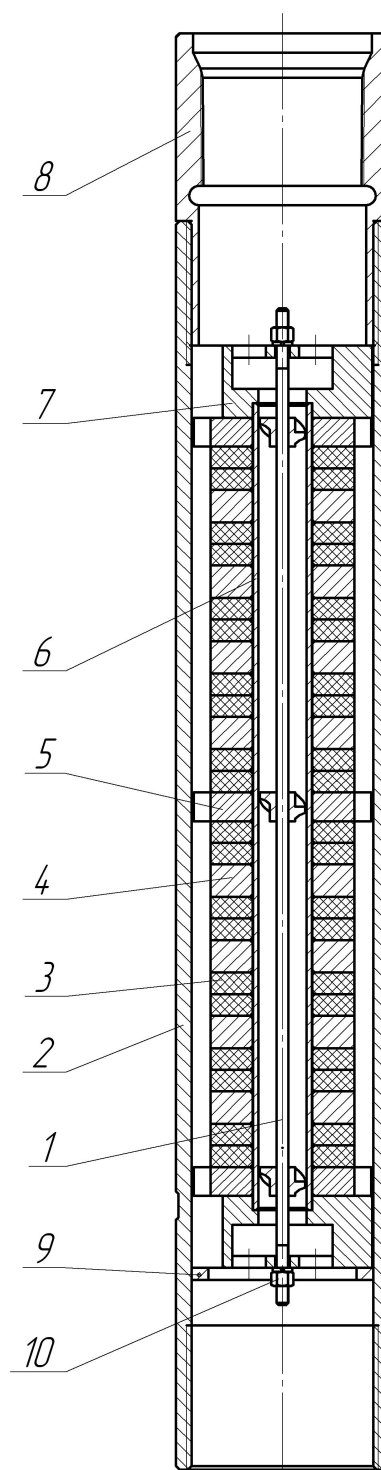
Таким чином, буде ефект магнітної обробки чи ні, залежить від відношення (l/r) (де l – шлях вільного пробігу іона), тобто від того, які саме іони знаходяться у флюїді (яка їх маса, заряд, концентрація, швидкість), і від значення магнітної індукції.

Зі сказаного впливає, що найбільш імовірним механізмом дії магнітного поля на флюїд необхідно признати мікротурбулізацію потоків, зв'язане з нею зменшення степені гідратації солей і пухирців газів, їх коагуляцію і коалесценцію.

Було розроблено різні конструкції омагнічуючих пристроїв для попередження солевідкладень. За даними досліджень конструкції постійно вдосконалювались. Було виявлено чинники, які тим чи іншим чином впливають на роботу пристроїв.

На даний час в результаті узагальнення досвіду в даному напрямі розроблено омагнічуючий пристрій за схемою (рис. 1). Він складається із корпусу 2, в якому за допомогою кільця 9 і перевідника 8 закріплено магнітну систему. Магнітна система виконана у вигляді набору із магнітів 3, зібраних на відштовхування і полюсників 4, вставлених після кожної пари магнітів, які разом розміщені на діамантній трубці 6 та стягуються за допомогою упорів 7, шпильки-завихрювача 1 гайками 10. Шпилька-завихрювач складається із шпильки і трьох приварених завихрювачів, розміщених рівномірно по довжині шпильки. Для реалізації закручування потоку у зовнішньому каналі передбачено три завихрювачі 5, виконані заодно з полюсниками. Пристрої такої конструкції випробовувались на

Шебелинському газоконденсатному родовищі і в НГВУ «Долинанафтогаз».



1 – шпилька-завихрювач; 2 – корпус;
 3 – магніт; 4 – полюсник; 5 – полюсник-завихрювач; 6 – діамантна трубка; 7 – упор;
 8 – перевідник; 9 – кільце; 10 – гайка

Рисунок 1 – Омагнічуючий пристрій діаметром 89 мм

Дослідження засвідчили, що на ефективність магнітної обробки впливає: напруженість магнітного поля в пристрої; кількість пар полюсів; швидкість руху флюїду у робочих каналах пристрою; довжина магнітної системи чи час дії магнітного поля; величина масштабу дрібних турбулентних пульсацій; число Рейнольдса для потоку; градієнт поля напруженості; наявність ефекту закручування потоку; магнітна пам'ять оброблюваного середовища.

Недопустимими є значні гідравлічні втрати тиску під час проходження флюїду через омагнічуючий пристрій, оскільки це негативно вплинуло б на роботу насосного обладнання і свердловини.

Величина напруженості магнітного поля в пристрої забезпечується використанням ферито-барієвих постійних магнітів, впродовж тривалого періоду часу залишається стабільною (зменшується лише на 5% за 10 років) і становить $20 \cdot 10^4$ А/м. Збільшення напруженості магнітного поля на якість обробки суттєво не впливає, тому використання потужніших магнітів або електромагнітів є недоцільним з погляду зростання енерговитрат і витрат на охорону праці, ускладнення конструкції обладнання, виникнення небезпек пов'язаних із застосуванням електричного струму.

Склад магнітної системи і використання діамантної трубки забезпечує стабільність величини магнітної індукції, при цьому магнітні силові лінії проходять перпендикулярно до потоку флюїду. Магнітна система зібрана як відштовхувальна із використанням полюсників, що забезпечує багатократну магнітну обробку потоку у внутрішньому і зовнішньому каналах.

Оптимальна швидкість потоку флюїду у магнітній системі становить 1-5 м/с. Час магнітної обробки взаємопов'язаний із швидкістю, і його зміна в магнітному пристрої без зміни швидкості неможлива. Тому забезпечення цього параметра є основою умовою ефективної роботи досліджуваного обладнання. Оскільки швидкість напряму залежить від витрати рідини і площі поперечного перерізу каналу, то за умови незмінності конструкції даний параметр можна забезпечити зміною витрати. Отже, омагнічуючий пристрій даної конструкції може ефективно використовуватися тільки в певному діапазоні значень дебітів свердловин.

Омагнічуючий пристрій – складна гідравлічна система, де конфігурація потоку зазнає суттєвих змін під час проходження через неї. Із цим також пов'язані інші гідравлічні фактори, а саме: число Рейнольдса для потоку, наявність і величина масштабу дрібних турбулентних пульсацій, ефект закручування потоку тощо. Точне визначення цих параметрів пов'язано із громіздкими розрахунками, що базується на наближених методиках гідравліки, які не дають повної картини досліджуваного процесу; так і експериментальний метод який потребує використання складних методик, дорогого обладнання, великих затрат часу, уважної праці, а отримані результати при цьому не вирізняються своєю якістю і оперативністю.

Тому в даному випадку доцільно використати параметричне моделювання процесу із застосуванням методу скінченних елементів.

Метод скінченних елементів являє собою ефективний числовий метод вирішення інженерних та фізичних задач. В основі числових методів лежить заміна континуальної моделі дискретною, яка має скінченну кількість невідомих. У зв'язку з тим, що кількість невідомих може бути дуже великою, що вимагає багаторазового застосування обчислювальних процедур, обчислення за цим методом виконується за допомогою комп'ютерів. Метод скінченних елементів вперше було застосовано для розв'язання задач будівельної механіки в 1950-х роках. Він входить до десятки найбільш поширених комп'ютерних методів минулого століття. Сьогодні область застосування методу скінченних елементів надзвичайно широка: аналіз напруженого стану складних конструкцій, аналіз швидкостей потоку рідини та газу, аналіз коливань систем, аналіз акустичного та електромагнітного поля та інші задачі. Серед сучасних комп'ютерних програм, які реалізують цей метод: Ansys®, Nastran®, Cosmos/M®, CosmosWorks®, CosmosFlowWorks®, ICFM CFD®. [1]

В процесі роботи для дослідження гідравлічних параметрів течії було використано пакет програм SolidWorks®, CosmosFlowWorks®. Було створено тривимірну модель омагнічуючого пристрою діаметром 89 мм в реальних розмірах. Проведено гідравлічне моделювання течії флюїду, отримано діаграми розподілу швидкостей в каналах пристрою (рис. 2), турбулентної енергії (рис. 3), втрат тиску (рис. 4), форми струмин потоку (рис. 5) та ін. В результаті аналізу отриманих під час моделювання даних визначено діапазон миттєвих витрат Q_{max} і Q_{min} , які забезпечуватимуть ефективну роботу даного обладнання:

$$Q_{min} = 0,01 \text{ м}^3 / \text{с} = 864 \text{ м}^3 / \text{добу},$$

$$Q_{max} = 0,025 \text{ м}^3 / \text{с} = 216 \text{ м}^3 / \text{добу}.$$

Порівняно з даними, отриманими на Шебелінському ГКР, де подача газорідинної суміші становила 20-48 тис. м³/добу, було отримано позитивний ефект – збільшення міжремонтного періоду у 4-20 разів [2]. Швидкості в каналах пристрою при цьому досягали 200-650 м/с, що встановлено за результатами розрахунків. Це свідчить про те, що оптимальну швидкість для газорідинних сумішей ще треба визначити.

Отримані результати можна використати в подальших роботах з дослідження і модернізації омагнічуючого пристрою, розширення уявлень про процеси, що відбуваються під час протікання флюїду. Ефективно використовувати комп'ютерне моделювання можна також в процесі проектування нового обладнання. Це прискорить виконання проектно-конструкторських робіт і поліпшить їх якість.

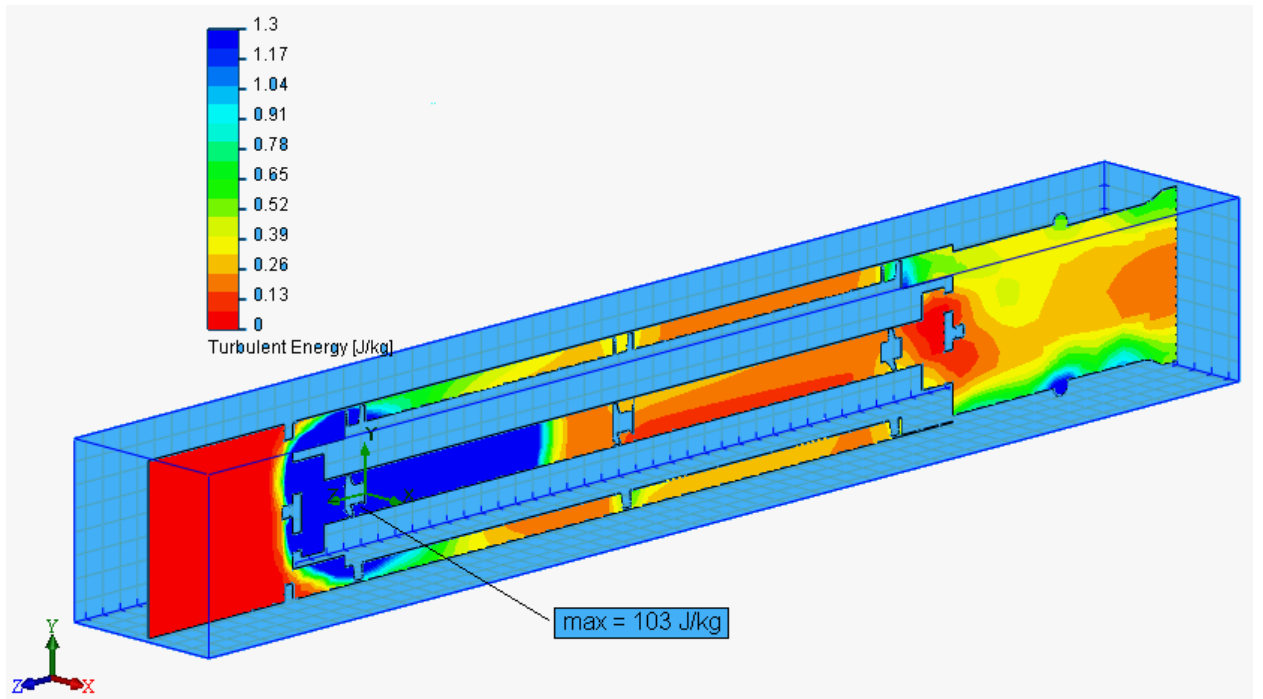


Рисунок 2 – Діаграма розподілу турбулентної енергії в перерізі омагнічуючого пристрою

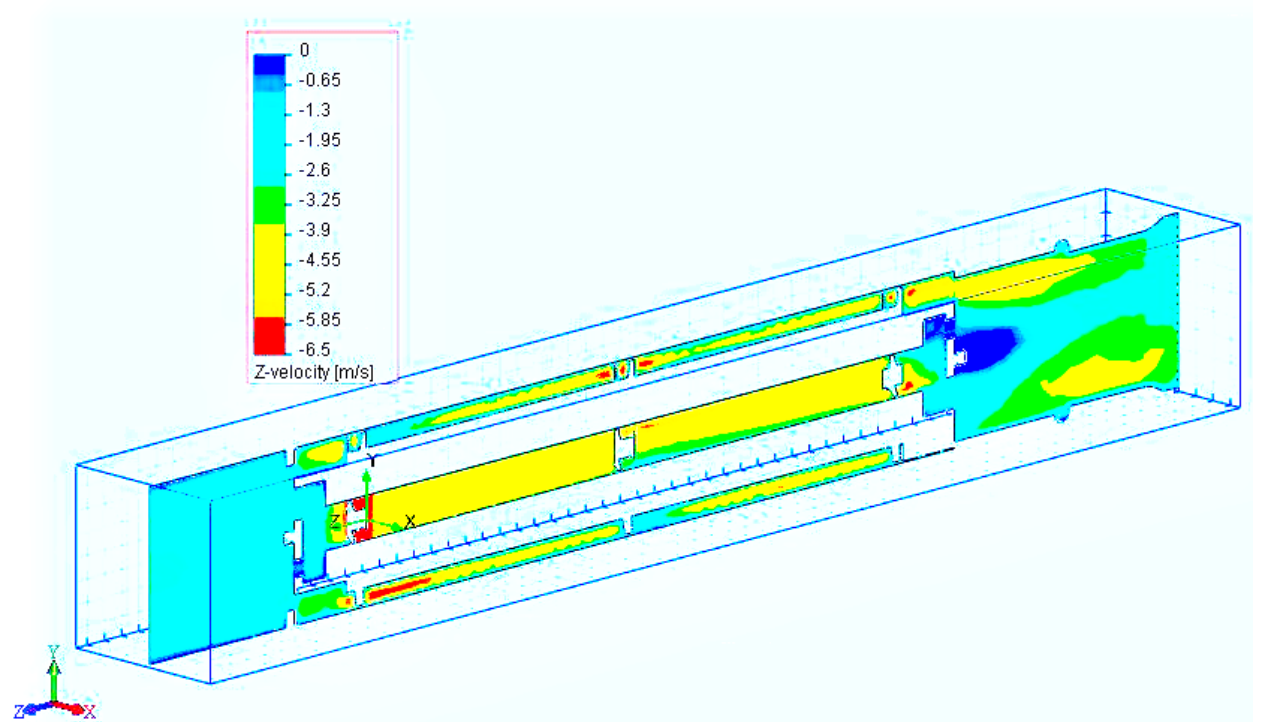
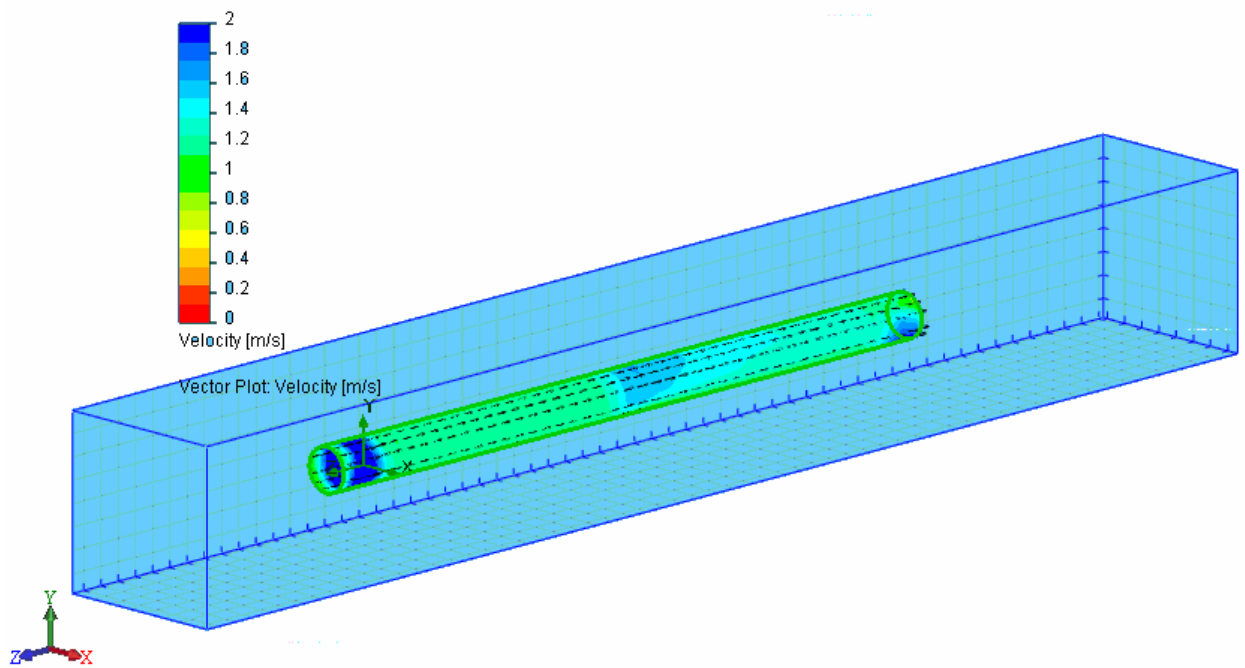
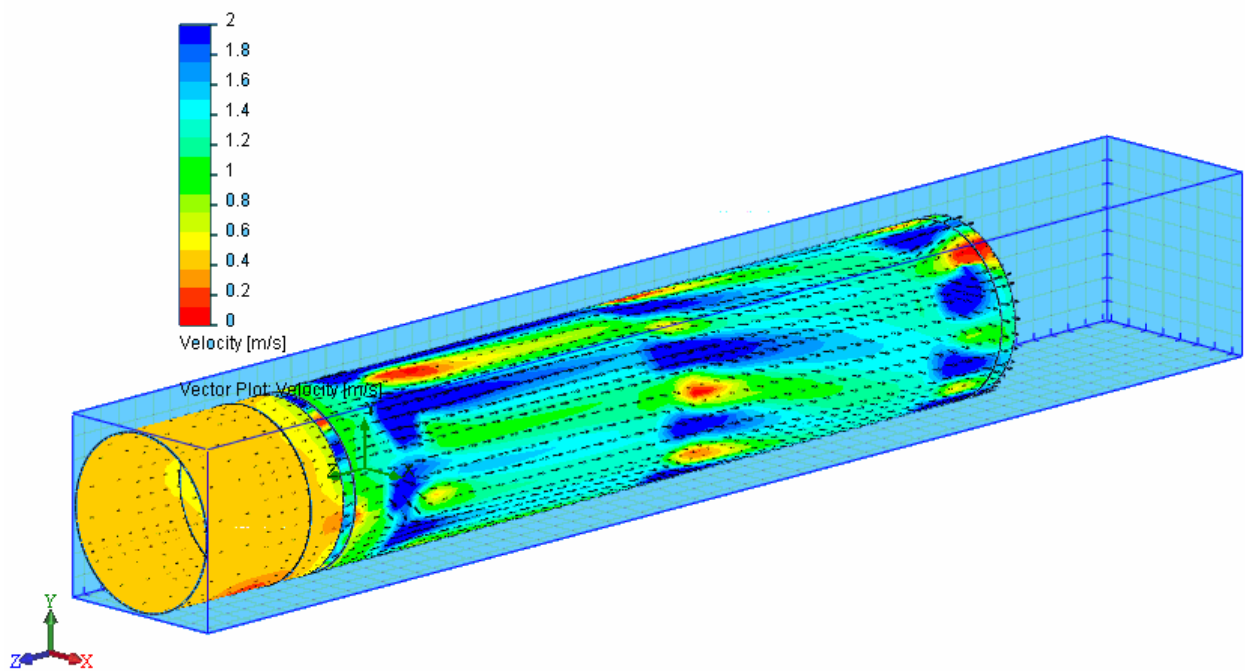


Рисунок 3 – Діаграма розподілу швидкості в напрямі осі Z в перерізі омагнічуючого пристрою у разі максимальної подачі



a)



б)

Рисунок 4 – Діаграма розподілу швидкості в циліндричній площині внутрішнього каналу (а) та зовнішнього каналу (б) омагнічуючого пристрою у разі мінімальної подачі

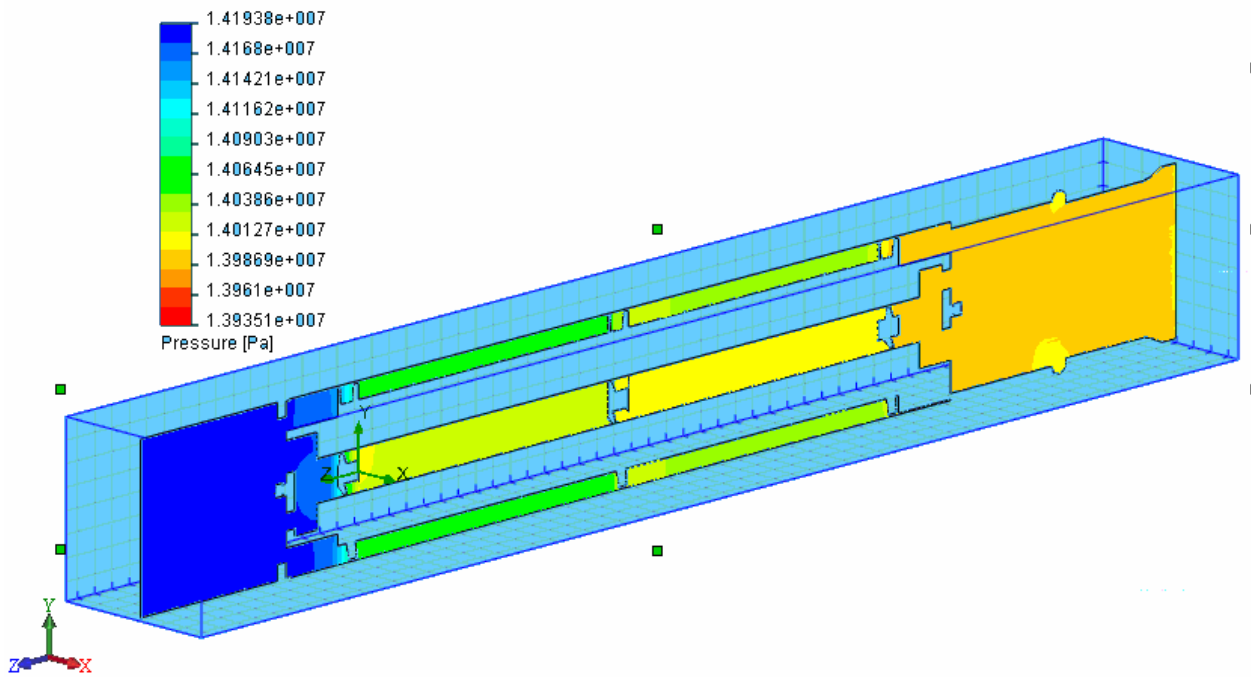


Рисунок 5 – Діаграма розподілу величини статичного тиску в перерізі омагнічуючого пристрою

Література

1 Копей Б.В., Копей В.Б. Використання методу скінченних елементів та тривимірного комп'ютерного моделювання для конструювання та оптимізації параметрів нафтогазового обладнання: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2007. – 120 с.

2 Кусакин А.В., Курников Ю.А., Концур И.Ф., Паневник А.В. Результаты исследований омагничивающих устройств для предупреждения солеотложений на скважинах Шебелинского ГКМ // Газовая промышленность. – 1990. – № 10. – С. 7–9.