

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ ПОРШНІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ТРУБОПРОВОДІВ

Дорошенко Я.В.¹, Стецюк С.М.¹, Філіпчук О.О.²

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

²Акціонерне товариство «Укргазвидобування», Україна

Анотація. Чисельним моделюванням та експериментально досліджено вплив геометричної форми поршнів на їх прохідну здатність та ефективність очищення трубопроводів. Для цього побудовано 3D геометричну модель та виготовлено із силіконового компаунда експериментальні зразки з опуклою передньою та вгнутою задньою частиною. Властивості матеріалу поршня описано моделлю потенціальної енергії деформації Муні-Рівліна. Результати моделювання візуалізовано побудовою тривимірних кольорових полів еквівалентних напружень за Мізесом на контурах поршня для різних значень коефіцієнта тертя між його бічною поверхнею та внутрішньою стінкою трубопроводу. Встановлено, що виконання задньої частини поршня вгнутою призводить до суттєвого збільшення контактних сил між поршнем та внутрішньою стінкою труби, що має значний вплив на його прохідну здатність та ефективність очищення внутрішньої порожнини трубопроводу. Причому зі збільшенням коефіцієнта тертя еквівалентні напруження біля заднього торця поршня збільшуються, а отже і збільшуються контактні сили і зменшується перетікання через поршень.

Ключові слова: трубопровід, очищення, поршень, ефективність, прохідна здатність, чисельне моделювання.

Щоб запобігати втратам тиску в трубопроводах і зменшенню гідравлічної ефективності потрібно очищувати їх внутрішню порожнину від різноманітних забруднень. Підтримування на належному рівні гідравлічної ефективності систем збору газу газових родовищ до того ж забезпечує стабільну роботу газових свердловин і запобігає зменшенню обсягів видобування газу. Одним із найкращих способів очищення внутрішньої порожнини трубопроводів є пропускання ними поршнів, що не супроводжується втратами природного газу, забрудненням докільля парниковими газами та не потребує зупинки трубопроводу. Однак, ряд трубопровідних систем різноманітного призначення, зокрема системи збору газу газових родовищ, газові та теплові мережі спроектовані і побудовані без передбачення їх очищення поршнями. Вони містять відводи (коліна) малого радіусу вигину, зміщення кромки і

напливи в місці зварних швів, перехідники з більшого на менший діаметр та інші перешкоди у внутрішній порожнині, які можуть призвести до застрягання очисного поршня [1]. Крім того причинами застрягання очисного поршня може бути перетікання через нього транспортованого середовища через недостатнє його прилягання до внутрішньої стінки. Щоб цього запобігти необхідно підібрати такі матеріали і геометричну форму очисних поршнів, щоб вони були здатні проходити різноманітні перешкоди, які містяться у внутрішній порожнині трубопровідних систем та ефективно очищувати трубопроводи.

Спроможністю проходити різноманітні трубопровідні елементи вирізняються поршні виготовлені із гіперпружних матеріалів, які здатні сильно деформуватись під навантаженням та швидко відновлювати свою геометричну форму. Однак, різні гіперпружні матеріали мають різну механічну міцність, різні модулі пружності, різну густину. Тому поршні з таких матеріалів із різною ефективністю очищують трубопроводи, можуть застрягати, пошкоджуватись, руйнуватись під час проходження різних перешкод у внутрішній порожнині трубопроводів. Під час експериментальних досліджень найкраще зарекомендували себе очисні поршні із силіконового компаунда, які є міцними, надзвичайно пружними та гнучкими, а тому мають добру прохідну здатність та ефективно очищують трубопроводи [2].

Однак, крім матеріалу очисного поршня, суттєвий вплив на прохідну здатність, міцність та ефективність очищення чинить його геометрична форма. Так, як для очищення поршнями трубопровідних систем збору газу газових родовищ та трубопроводів газових і теплових мереж поршні повинні мати підвищену прохідну здатність то їх передня частина має бути опуклою. Не менш важливим є геометрична форма задньої частини поршня. Якщо її виконати вгнутою то це може забезпечити кращу герметизацію та підвищити прохідну здатність поршня.

Дослідження впливу геометричної форми очисних поршнів із силіконового компаунду на їх прохідну здатність виконано чисельним моделюванням та експериментально. Для цього розроблено 3D геометричну

модель поршня та виготовлено із силіконового компаунда експериментальні зразки (рисунок 1).

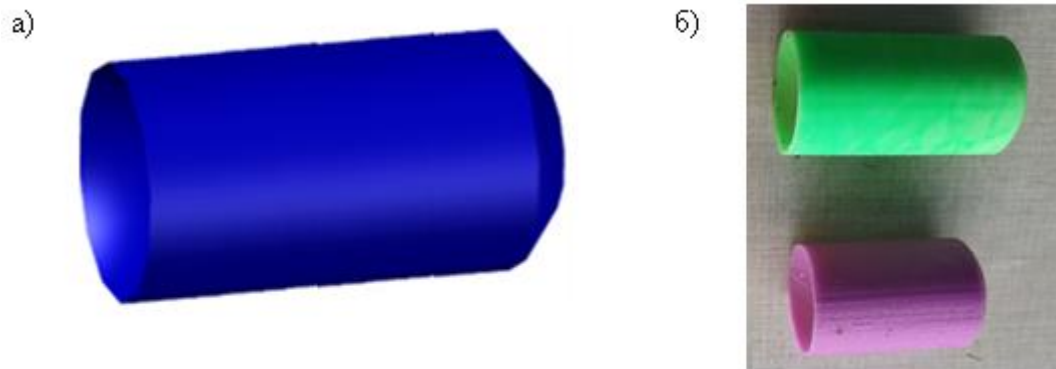


Рисунок 1 – Поршні для очищення трубопроводів
а) – геометрична модель; б) – експериментальні зразки

Властивості гіперпружного матеріалу, з якого виготовлено очисні поршні, під час чисельного моделювання описано моделлю потенціальної енергії деформації Муни-Рівліна, яка визначає величину накопиченої в матеріалі енергії деформації на одиницю його об'єму.

Контактну взаємодію поршня з внутрішньою стінкою трубопроводу модельовано контактом поверхня-поверхня. Контактною поверхнею задана зовнішня поверхня поршня, а спрямовуючою поверхнею – внутрішня стінка труби. Коефіцієнт динамічного тертя між заданими поверхнями залежить від матеріалу поршня та стану внутрішньої стінки труби (шорсткість, вологість) тому він був заданий рівним 0,2 та 0,4.

Для надання поршню руху внутрішньою порожниною трубопроводу задано переміщення заднього торця поршня в напрямку осі трубопроводу.

Результати моделювання візуалізовано побудовою тривимірних кольорових полів еквівалентних напружень за Мізесом на контурах поршня (рис. 2) для різних значень коефіцієнту тертя між бічною поверхнею поршня та внутрішньою стінкою трубопроводу.

Як видно з результатів моделювання виконання заднього торця поршня вгнутим призводить до суттєвого збільшення еквівалентних напружень біля задньої його частини, що свідчить про виникнення в цьому місці великих контактних сил між поршнем і внутрішньою стінкою труби. Тому якщо поршень містить вгнуту задню частину то перетікання через нього буде

мінімальним, а прохідна здатність великою. Зі збільшенням коефіцієнта тертя еквівалентні напруження біля заднього торця поршня збільшуються, а отже і збільшуються контактні сили і зменшується перетікання через поршень.

За результатами експериментальних досліджень динаміки руху поршнів різної геометричної форми трубопроводами встановлено, що поршні з вгнутою задньою частиною мають велику прохідну здатність, а перетікання через них є мінімальним, що підтвердило достовірність чисельного моделювання.

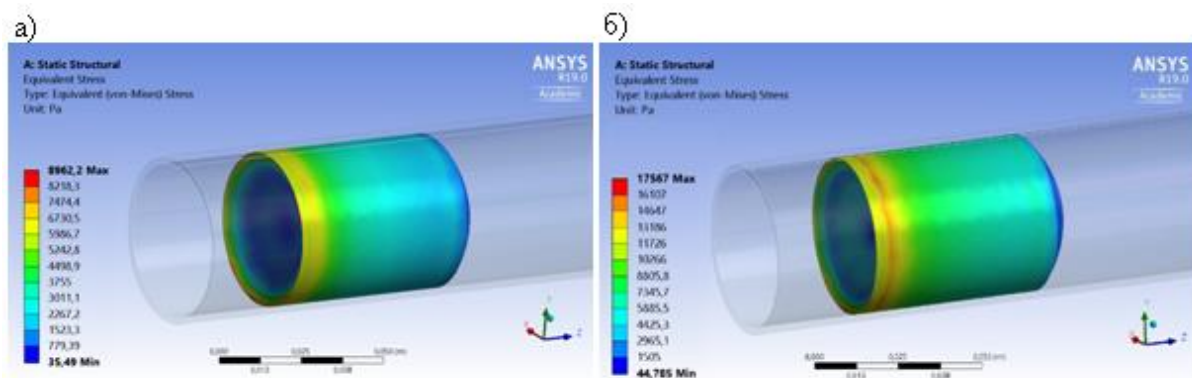


Рисунок 2 – Розподіл еквівалентних напружень Мізеса на контурах поршня

а) – коефіцієнт динамічного тертя рівний 0,2;

б) – коефіцієнт динамічного тертя рівний 0,4

Висновок. Для очищення внутрішньої порожнини трубопроводів систем збору газу газових родовищ, газових та теплових мереж від різноманітних забруднень очисні поршні потрібно виготовляти суцільнолитими із гіперпружних матеріалів. При цьому задній кінець поршня повинен бути вгнутим, що суттєво збільшує контактні сили між поверхнею поршня і внутрішньою стінкою трубопроводу, мінімізує перетікання через нього та підвищує його прохідну здатність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стецюк С. М. Експериментальні дослідження динаміки руху очисних поршнів із гіперпружних матеріалів відводами і перехідниками трубопроводів. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2022. № 4(85). С. 28 – 42.
2. Стецюк С. М. Експериментальні дослідження очищення внутрішньої порожнини трубопроводів поршнями із гіперпружних матеріалів. – 2022. Нафтогазова енергетика. № 2(38). С. 62 – 75.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE GEOMETRIC FORM OF PIGS ON THE EFFICIENCY OF CLEANING PIPELINES

Yaroslav Doroshenko, Serhii Stetsiuk, Oleksandr Filipchuk

Abstract. *The effect of the geometric shape of the pigs on their passage and pipeline cleaning efficiency was investigated by numerical modeling and experimentally. For this, a 3D geometric model was built and experimental samples with a convex front and a concave back part were made from silicone compound. The properties of the pigs material are described by the Mooney-Rivlin deformation potential energy model. The simulation results are visualized by constructing three-dimensional colored fields of equivalent Mises stresses on the contours of the pigs for different values of the friction coefficient between its side surface and the inner wall of the pipeline. It was found that making the rear part of the pigs concave leads to a significant increase in the contact forces between the pigs and the inner wall of the pipe, which has a significant impact on its passage and the efficiency of cleaning the internal cavity of the pipeline. Moreover, with an increase in the coefficient of friction, the equivalent stresses near the rear end of the pigs increase, and therefore the contact forces increase and the flow through the pigs decreases.*

Keywords: *pipeline, cleaning, pigs, efficiency, passage, numerical simulation.*

REFERENCE

1. Stetsiuk S. M. Experimental studies of cleaning the internal cavity of pipelines with pigs made of hyperelastic materials. Prospecting and Development of Oil and Gas Fields. – 2022. No 4(85). P. 28 – 42.
2. Stetsiuk S. M. Experimental studies of the dynamics of the movement of cleaning pigs made of hyperelastic materials through bends and reducers of pipelines. – 2022. Oil and Gas Power Engineering. No 2(38). P. 62 – 75.