Дослідження впливу поворотної заслінки на гідродинамічний режим нафтопроводу

Сергій Кріль, Богдан Кріль, Олександр Кріль

Кафедра автоматизації теплових та хімічних процесів,
Національний університет "Львівська політехніка",
УКРАЇНА, м. Львів, вул. Устияновича, 5,
E-mail: sergiy_kril@ukr.net

Abstract –The article discusses the positive aspects of the using a butterfly valve to control the outlet pressure of the oil pumping station. Also it emphasizes the importance of the pressure control in oil pipeline to ensure its safe operation . The dependence of the differential pressure on the butterfly valve position, which was experimentally obtained in the oil pipelines in operation, is also analyzed in this article. The uneven impact of butterfly valve on the hydrodynamic regime of the main oil pipeline is demonstrated. The article points out the need to change velocity of the butterfly valve rotary especially in the inefficient and too large throttling areas.

Ключові слова – магістральний нафтопровід, поворотна заслінка, гідродинамічний режим нафтопроводу, нафтоперекачувальна станція, дроселювання.

I. Вступ

В зв'язку з постійним збільшенням видобутку нафти росте мережа магістральних нафтопроводів – найекономнішого виду транспортування нафти. Основна перевага трубопровідного транспортування нафти - це можливість повної автоматизації процесу.

Для створення і підтримки в трубопроводі напору, достатнього для забезпечення транспортування нафти, вздовж трубопроводу розміщені нафтоперекачувальні станції. Основне призначення нафтоперекачувальної станції полягає в тому, щоб забрати нафту з вхідного трубопроводу з низьким напором, за допомогою насосів збільшити цей напір і потім подати нафту у вихідний трубопровід з високим напором.

Зазвичай на проміжних станціях магістральних нафтопроводів застосовують технологічну схему перекачування «з насосу в насос». При цій схемі роботи весь потік нафти подається на прийом основних насосів, тому на станціях не встановлюються резервуари та підпірні насоси [1]. Така схема виключає проміжні технологічні операції і пов'язані з ними втрати нафти. Крім того, вона значно здешевлює реалізацію технологічного процесу, оскільки не потребує спорудження дорогих резервуарних парків. Недоліком цієї схеми є "жорсткий" гідравлічний зв'язок всіх ділянок, що працюють у цьому режимі, оскільки, будь-яка зміна режимів роботи на одній з них викликає зміну режимів на всіх інших. Зокрема, аварійна зупинка однієї станції веде до зупинки всіх інших станцій, які пов'язані з нею режимом перекачування. Будь-які зміни режиму роботи насосної призводять до зміни тиску і витрати вздовж усього магістрального нафтопроводу, що зумовлює необхідність якісного регулювання режиму роботи насосних агрегатів на всіх нафтоперекачувальних станціях.

II. Регулювання тиску на нафтоперекачувальних станціях

При експлуатації нафтопровода необхідно постійно підтримувати встановлений режим тисків на вході та на виході насосних агрегатів, оскільки від цього залежить його продуктивність та зменшується кількості непередбачених зупинок.

Регулювання тиску важливе для забезпечення безпечної та безперервної експлуатації нафтопровода. Занадто низький тиск на вході насосного агрегату може призвести до виникнення кавітації, внаслідок чого швидко пошкоджуються насоси, а їхня несправність насоса приводить до зменшення продуктивності або повної зупинки нафтопроводу. Надто високий тиск може спричинити пошкодження лінійної частини нафтопроводу.

Найпростішим на даний момент часу методом регулювання гідродинамічного режиму роботи нафтопроводу є дроселювання потоку нафти після кожної нафтоперекачувальної станції в перехідних режимах [2].

Для регулювання тиску на нафтоперекачувальних станціях дросельним методом застосовують такі регулюючі органи: односідловий клапан, двосідловий клапан, поворотна заслінка. Найбільш ефективним є застосування поворотної заслінки, оскільки вона створює менший опір потокові у повністю відкритому положенні.

Поворотна заслінка являє собою конструкцію запірної арматури у вигляді відрізка труби або вставки з фланцями, всередині якого знаходиться диск, який закріплений на валу .

При відкритій заслінці площина диску встановлена вздовж осі потоку середовища, при закритій – диск повертається на 70-90°.

Регулювання тиску на магістральних нафтопроводах має декілька взаємовиключаючих особливостей.

Перша особливість полягає в тому, що регулювання використовується не постійно, а застосовується тільки як засіб плавного обмеження тиску при однобічному відхиленні його від заданого значення. Звідси випливає, що коли немає необхідності в регулюванні виконавчий пристрій повинен перебувати в положенні максимального відкриття й енергетичні втрати на ньому повинні бути мінімальними [2].

Інша особливість застосування регулювання полягає в тому, що воно використовується як складова частина в комплексі заходів щодо обмеження тисків у магістральних нафтопроводах, регулювання призначається для підтримання тиску на вході станції на рівні не нижчому від заданого, а на виході - не вищому від заданого. Тому, щоб не допустити підвищення тиску в трубопроводах до спрацювання захисту, швидкість реакції системи і відповідно переміщення виконавчого механізму в бік закриття повинна бути достатньою, щоб динамічне відхилення при розрахунковому збуренні не перевищило певного значення.

III. Вплив роботи поворотної заслінки на гідродинамічний режим нафтопроводу

Переваги застосування поворотної заслінки нівелюються основним її недоліком – нелінійною характеристикою. На рис. 1 відображена експериментально знята залежність перепаду тиску на поворотній заслінці від її положення для трубопроводу з діаметром 500 мм (кут повороту 0-90 відповідає 0-100 %, причому 100% - це повне відкриття).

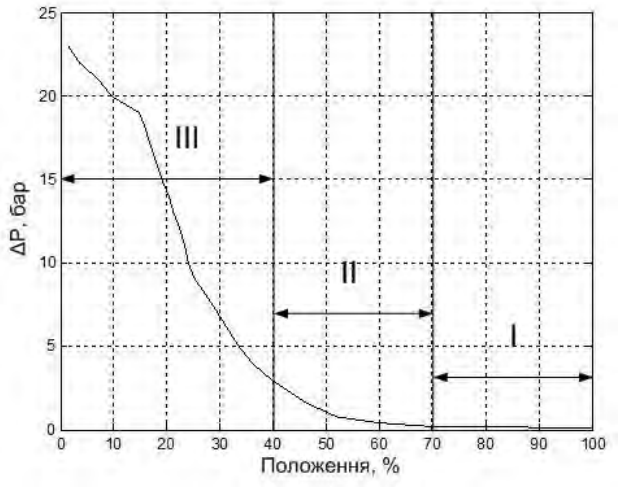

Рис. 1. Експериментальна характеристика залежності перепаду тиску на поворотній заслінці діаметром 500мм від її положення

Якщо поворотна заслінка повністю відкрита, то вона практично не створює опору потокові нафти і перепад тиску на ній мінімальний значення (на рівні 1-2 % від максимального). Коли в процесі регулювання заслінка рухається в сторону закриття від положення повного відкриття, до певного кута повороту заслінки (зона I на рис.1, коливається в межах 60-70% відкриття залежно режиму перекачування) перепад тиску на ній зростає незначно (до 5 % від максимального значення). Наявність такої зони негативно впливає на динамічні характеристики процесу регулювання.

На переміщення заслінки на цей кут повороту потрібний досить значний час, ефективного дроселювання потоку при цьому не буде, але виставляти заслінку на певний початковий кут відкриття для зменшення цього часу не можна, оскільки для великих матеріальних потоків це призведе до значних економічних втрат (потужність приводу перекачувальних агрегатів на нафтопроводах великого діаметру сягає кількох МВт). Щоб забезпечити достатню якість процесу регулювання виконавчий механізм у цій області повинен рухатись з максимальною швидкістю. Зона II, зображена на рис.1 характеризується поступовим зростанням перепаду тиску на поворотній заслінці при її закритті.

При подальшому переміщенні заслінки (зона III на рис.1, 40-50% відкриття) перепад тиску на ній почне різко зростати. Якщо швидкість закриття виконавчого механізму у цій області буде надто високою, то це негативно позначиться на процесі регулювання, оскільки легко можна досягти перерегулювання або повної втрати стійкості системи регулювання через великий коефіцієнт передачі системи в цілому.

При застосуванні в системах регулювання тиску поворотних заслінок необхідно забезпечити швидку зміну положення у початковій зоні до 60% та повільну при положенні меншому ніж 40%. Одним з варіантів покращення характеристик регулювання таких систем є зміна швидкості ходу виконавчого механізму в залежності від положення поворотної заслінки [3].

Аналіз експериментально знятої залежності (рис.1), показує, що поворотна заслінка нерівномірно впливає на гідродинамічний режим нафтопроводу і цей вплив залежить від її положення. В нормальному режимі роботи нафтопроводу не потрібно здійснювати дроселювання і тому слід забезпечити положення поворотної заслінки у повністю відкритому стані для мінімізації енергетичних втрат

Висновки

Для забезпечення надійної роботи нафтопроводу необхідно регулювати тиск на виході з кожної нафтоперекачувальної станції. Найбільш простим методом регулювання є дроселювання потоку нафти.

Поворотна заслінка має ряд переваг, що дозволяють застосовувати її для регулювання гідродинамічного режиму роботи нафтопроводів великих діаметрів.

Вплив роботи поворотної заслінки на гідродинамічний режим роботи нафтопроводу є непропорційним через нелінійність характеристики поворотної заслінки.

Для покращення процесу регулювання необхідно збільшити час переміщення заслінки у зоні, де вона майже не впливає на тиск у нафтопроводі та зменшити час переміщення у зоні, де тиск значно зростає при невеликому переміщенні заслінки.

References

[1] S.M. Vajnshtok, Ed.,Truboprovodnyj transport nefti [Oil pipeline transport], vol.1. Moscow: Nedra Publ., 2002.

[2] L.A. Zajcev, G.S. Jasinskij, Regulirovanie rezhimov magistral'nyh nefteprovodov [Control of the main oil pipelines modes]. Moscow: Nedra Publ., 1980.

[3] N.S. Arbuzov, “Vlijanie vremeni zakrytija sudovyh zadvizhek na uroven' maksimal'nogo davlenija v truboprovodah neftenalivnyh terminalov” [“The influence of the marine valves closing time at the level of the maximum pressure in the pipelines of oil terminals”] Nauka i tehnologija truboprovodnogo transporta nefti i gaza - Science and technology pipeline transportation of oil and gas, no.1, pp. 38-40, 2011.