

ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗОПРОВОДІВ НЕВЕЛИКИХ ДІАМЕТРІВ ІЗ ТРИВАЛИМ ТЕРМІНОМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Р. В. Кохтюк¹, В. Р. Маков'як²

¹ Стрийське ВУПЗГ; вул. Сколівська, 3, м. Стрий, обл. Львівська, 82400.
тел. +30979930213. e-mail: kohtyuk@mail.ru

² УМГ «Львівтрансгаз»; вул. І. Рубчака, 3, м. Львів, 79000.
тел. +30503713311. e-mail: makovyak@ltg.lviv.ua

Здійснено вибір методу підвищення коефіцієнта ефективності газопроводів невеликих діаметрів з тривалим терміном експлуатації. Проаналізовано варіанти зменшення пропускної здатності газопроводів за величиною зміни коефіцієнта гідравлічного опору та коефіцієнта ефективності. Запропоновано варіант очищення внутрішньої порожнини газопроводів невеликих діаметрів за допомогою інертного газу – азоту. Проведена порівняльна характеристика якості очищення газопроводів при використанні природного газу та при використанні азоту. Обґрунтовано доцільність і ефективність використання азоту з метою економії витрат природного газу.

Ключові слова: коефіцієнт ефективності, газова динаміка, нестационарні процеси

Проведен выбор метода повышения коэффициента эффективности газопроводов небольших диаметров с длительным сроком эксплуатации. Проанализирован вариант снижения пропускной способности газопроводов по показателям изменения коэффициента гидравлического сопротивления и коэффициента эффективности. Предложен вариант очистки внутренней полости газопроводов небольших диаметров с помощью инертного газа – азота. Проведена сравнительная характеристика качества очистки газопроводов при использовании естественного газа и при использовании азота. Обоснована целесообразность и эффективность использования азота с целью экономии расходов естественного газа.

Ключевые слова: коэффициент эффективности, газовая динамика, нестационарные процессы

We consider the determination method of increasing the coefficient of efficiency in small diameters pipelines of gas with long term of exploitation. Analyzed variant reducing bandwidth pipelines largest change in coefficient of hydraulic resistance and coefficient of efficiency. The proposed option clean the inside cavity of small diameter pipelines using an inert gas - nitrogen. Comparative characteristics of quality cleaning gas using natural gas and the use of nitrogen. The expediency and efficiency of nitrogen use in order to save the costs of natural gas is confirmed.

Keywords: Coefficient of efficiency, gas dynamics, non-stationary processes

Внаслідок тривалої експлуатації газопроводів відбувається забруднення його внутрішньої порожнини частинками порід, окалиною, яка відшарувалась від труб, конденсатом, водою, метанолом та інше. Цей призводить до зростання коефіцієнта гідравлічного опору і відповідно до зниження пропускної здатності газопроводів [2,4].

Основним фактором, що визначає гідравлічний опір в газопроводах, є шорсткість внутрішніх стінок газопроводу та ступінь забруднення внутрішньої порожнини газопроводу [2].

Ступінь забруднення внутрішньої порожнини газопроводу, а також зміни гідравлічного опору, що пов'язані зі зміною шорсткості в період експлуатації, враховуються величиною коефіцієнта ефективності E , який представлений відношенням фактичної витрати (об'ємної або масової) газу до її розрахункового значення при заданих значеннях режиму транспортування. Таким чином, фактична витрата газопроводу визначається, як добуток розрахункової (теоретичної) витрати і коефіцієнта ефективності E . Для оперативної оцінки реального гідравлічного опору ділянки газопроводу, ступеня забруднення ділянки, коефіцієнт E періодично визначають на основі фактичних параметрів режиму, користуючись залежністю [2,4].

$$E = \frac{Q_{\phi}}{Q_m} \quad (1)$$

де, Q_{ϕ} – фактична об'ємна витрата газу газопроводу, яка визначена на підставі даних заміру; Q_t – теоретична (розрахункова) об'ємна витрата газу газопроводу, яка розрахована за нормативними методиками на підставі реальних даних.

Для магістральних газопроводів та газопроводів, які періодично очищають коефіцієнт ефективності знаходиться в межах 0,92 – 0,95. Для решти газопроводів його визначають шляхом розрахунків [2,4]. Внаслідок тривалої експлуатації газопроводів та при відсутності очищення трубопроводів величина коефіцієнта ефективності відчутно зменшується, що приводить до зниження продуктивності газопроводів та зростання величини падіння тиску і як наслідок знижується ефективність роботи газотранспортної системи в цілому та підвищуються затрати енергоресурсів.

Очищення внутрішньої порожнини газопроводу від забруднення здійснюють наступними способами [1,2,4]:

- періодичними очисними пристроями без зупинки транспортування газу;
- разовим використанням очисних пристроїв з зупинкою транспортування газу;
- встановленням конденсатозбірників та дренажів в понижених ділянках газопроводів;
- підвищенням швидкостей потоку газу в окремих нитках та наступним вловлюванням рідини в пиловловлювачах.

Розглянемо усі варіанти очищення внутрішньої порожнини газопроводу з характеристикою кожного.

Використання очисних пристроїв без зупинки транспортування газу, та разовим використанням очисних пристроїв з зупинкою транспортуванням газу вимагає будівництво камер «прийому-пуску» очисних пристроїв на окремій ділянці газопроводу, що в свою чергу потребує великих капіталовкладень на будівництво. Дані методи очищення мають позитивні результати тільки для однієї ділянки трубопроводу оскільки дозволяють проводити поетапне очищення порожнини з наступною діагностикою при застосуванні різних очисних пристроїв (очисний, діагностичний, калібрувальний поршні) Однак ці методи очищення вимагають великих затрат, як на придбання очисних пристроїв, так і на втрати природного газу в процесі очищення. Крім того використання очисних пристроїв не можливе при діаметрах газопроводів до 300 мм. та змінному діаметру газопроводу по довжині прокладання.

Використання конденсатозбірників та дренажів в понижених ділянках газопроводів можливе при великій протяжності газопроводів із змінним рельєфом прокладання по довжині. Однак кількість і величина забруднень, які вловлюються ними є незначною і підвищує коефіцієнт ефективності тільки на невеликих ділянках до та після конденсатозбірників (дренажів). Їх використання також пов'язане з втратами природного газу.

Найефективнішим з усіх методів очищення внутрішньої порожнини газопроводу невеликих газопроводів змінного діаметру по довжині є підвищення швидкостей потоку газу в окремих нитках та наступним вловлюванням рідини в пиловловлювачах. Однак в реальних умовах транспортування підвищення швидкості потоку вимагає зміни режиму транспортування, що є неможливим. Також використання даного методу очищення приводить до великих втрат та викидів в атмосферу природного газу, що в свою чергу призводить до значних фінансових затрат.

Розглянемо для прикладу степінь забруднення газопроводів-шлейфів ГЗП. Значне забруднення газопроводів-шлейфів газозбірних пунктів (ГЗП) пов'язано, в першу чергу, із збільшеними швидкостями руху потоку газу на початку періоду відбирання. За рахунок зростання швидкості руху газу відбувається виніс з свердловини пластової (мінералізованої) води та частинок порід. В подальшому за рахунок стабілізації режиму течії дані речовини осідають в шлейфі, не доходячи до пиловловлювачів та сепараторів. Значене забруднення внутрішньої порожнини шлейфів пластовою водою та мінеральними частинками збільшує ризик утворення корозійних руйнувань внутрішньої поверхні трубопроводу [1]. Протягом періоду відбирання швидкості руху газу недостатні в середньому 3,55 м/с ($v_{\max} - 5,5$ м/с) при необхідній 15 м/с для винесення забруднення до очисних пристроїв змонтованих на ГЗП, що на 76,3 % менше

рекомендованих значень [1,4,5]. Динаміка зміни швидкості потоку газу в газопроводах-шлейфах приведена на рисунку 1.

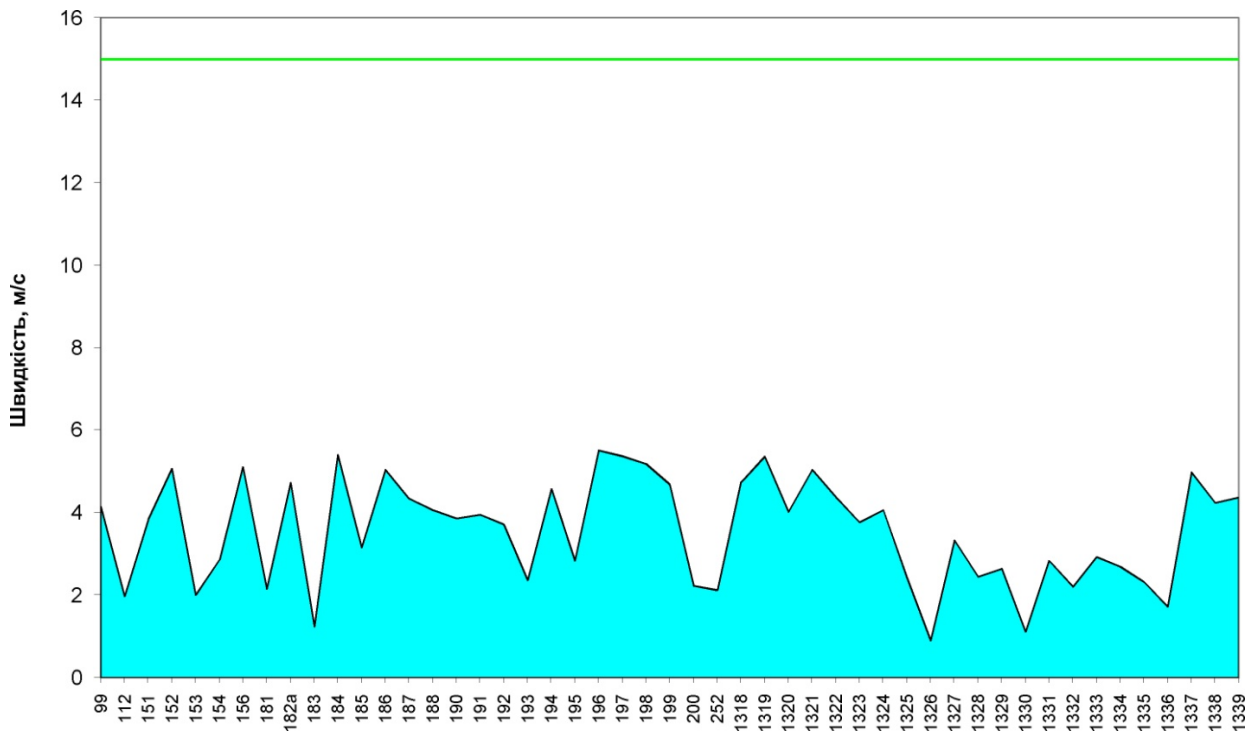


Рисунок 1 – Динаміка зміни швидкостей потоку газу в період відбору газу 2010-2011р. із Більче-Волицько-Угерського ПСГ, Угерського покладу XIV гор.

Аналіз режимів роботи газопроводів-шлейфів із 2008 по 2011 роки доводить про потребу проведення очищення внутрішньої порожнини останніх. Зміна коефіцієнта ефективності газопроводів приведена на рисунку 2.

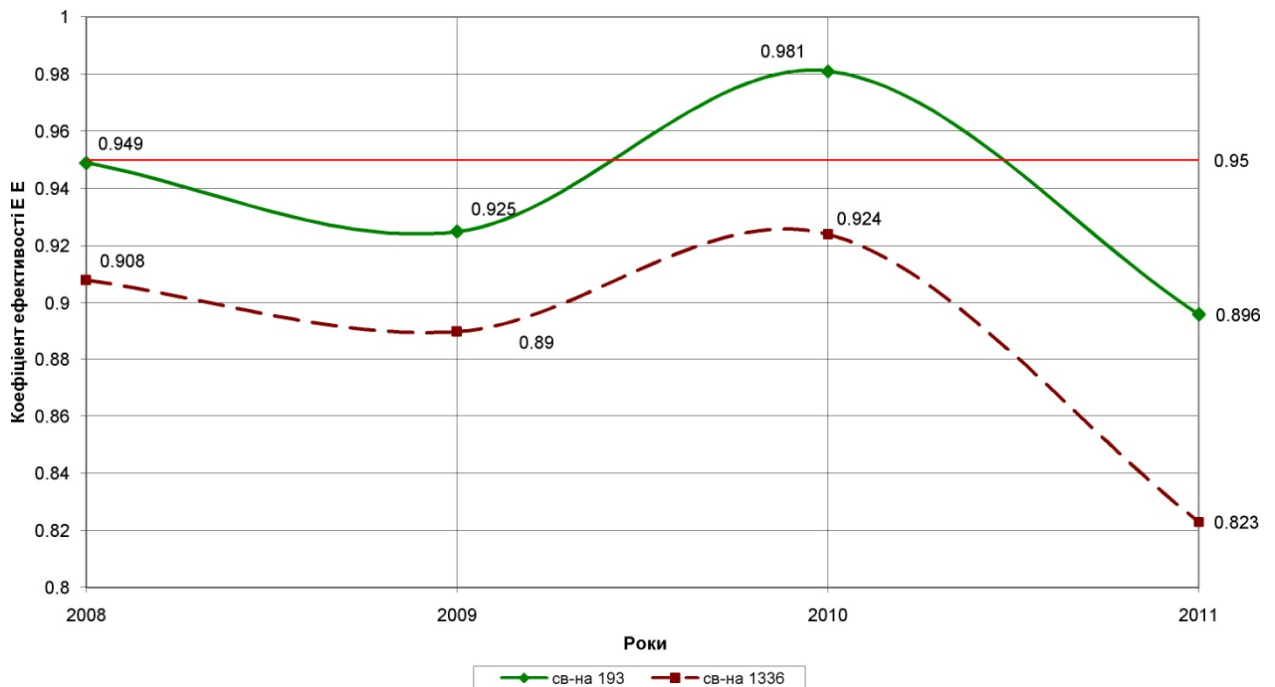


Рисунок 2 – Зміна коефіцієнта ефективності в період відбору газу 2008-2011 р.р.

З рисунка 2 спостерігаємо, що динаміка зміни коефіцієнта ефективності E для газопроводу-шлейфа свердловини У-193 становила від 0,908 до 0,823, а для газопроводу-шлейфа свердловини У-1336 від 0,949 до 0,896, падіння коефіцієнта для першого склало 9,36% та 5,58% для другого відповідно. Зростання коефіцієнту ефективності $E=0,924$, $E=0,981$ в період відбору газу 2009-2010 р.р. пояснюється створенням швидкісних режимів на початкових етапах відбирання газу і ефективним виносом забруднень із порожнин газопроводів-шлейфів. Проте впродовж останнього періоду спостерігаємо зменшення коефіцієнта ефективності на 10,93% (0,823) для газопроводу свердловини У-193 та 8,66 % (0,896) – У-1336, що склало на 13,37% і 5,68% менше поряд з рекомендованим значенням $E=0,95$. Внаслідок таких змін пропускна здатність зменшилась на 7,82 тис.м³/добу для газопроводу-шлейфа свердловини У-193 і на 25,96 тис.м³/добу – У-1336 [1,3,5].

Для вирішення питання вибору і ефективності методу очищення газопроводів невеликих та змінних діаметрів по довжині, підвищення коефіцієнту ефективності, зменшення капітальних затрат на процес очищення, зменшення втрат природного газу та викидів в атмосферу запропонований варіант використання інертного газу – азоту.

Розглянемо варіанти використання природного газу та азоту для очищення внутрішньої порожнини газопроводів-шлейфів свердловин газозбірного пункту. Величини коефіцієнта стисливості, динамічної в'язкості та теплоємності азоту моделювалися за двох параметричним рівнянням стану Соаве-Редліха-Квонга за допомогою програмного забезпечення PVTSIM16. Результати моделювання коефіцієнта стисливості наведені на рисунку 3.

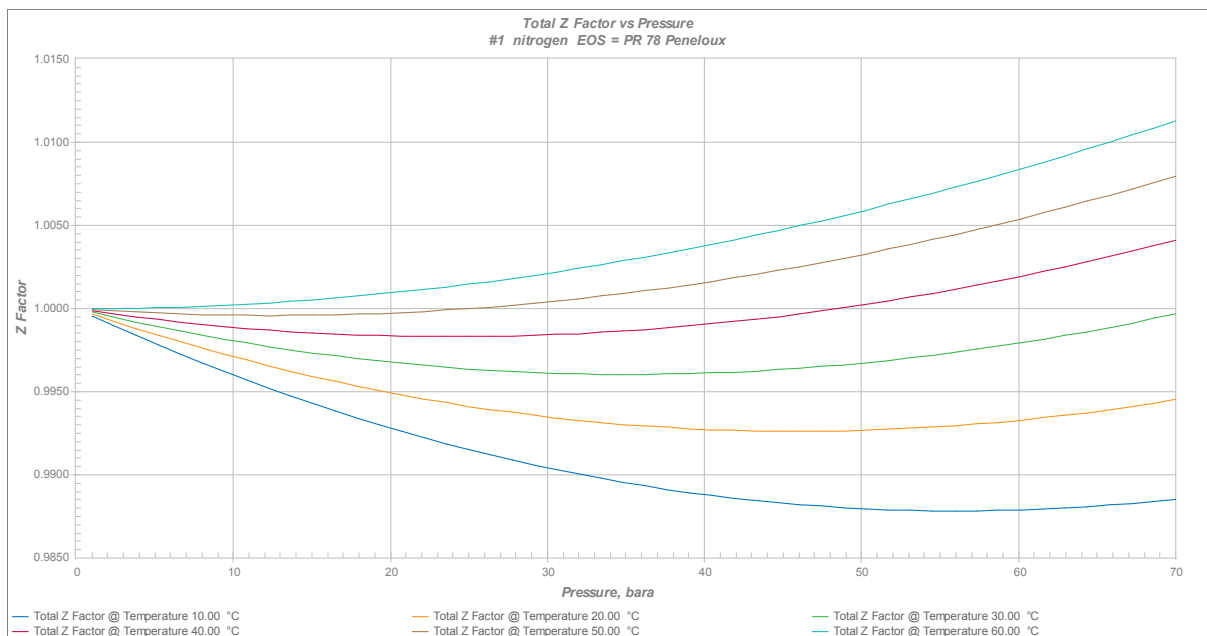


Рисунок 3 – Результати моделювання коефіцієнта стисливості азоту за двох параметричним рівнянням стану

Враховавши властивості азоту та природного газу були проведені розрахунки режимів роботи газопроводів-шлейфів та визначені швидкості потоків в них при тиску 5 кгс/см² та температурі 10 °C. Динаміка швидкості руху потоку природного газу та азоту приведені на рисунку 4.

З наведеного рисунку спостерігаємо, що швидкість руху потоку для азоту змінюється в діапазоні від 56,01 м/с до 126,26 м/с, що в 3,73?8,42 раз перевищує значення рекомендованої швидкості для виносу забруднень із порожнини газопроводу. Для природного газу швидкість руху потоку змінюється в діапазоні 44,13?101,11 м/с, що перевищує значення рекомендованої швидкості (15 м/с) в 2,94?6,74 рази. З отриманих результатів можна зробити висновок, що використання азоту є більш ефективне ніж використання природного газу, оскільки при однакових умовах руху швидкість потоку азоту є більша швидкості природного газу на величину від 24,87 % до 26,92 %, що покращує якість очищення внутрішньої порожнини газопроводів.

Порівняльний аналіз витрати природного газу та азоту при однакових умовах руху потоку представлений на рисунку 5.

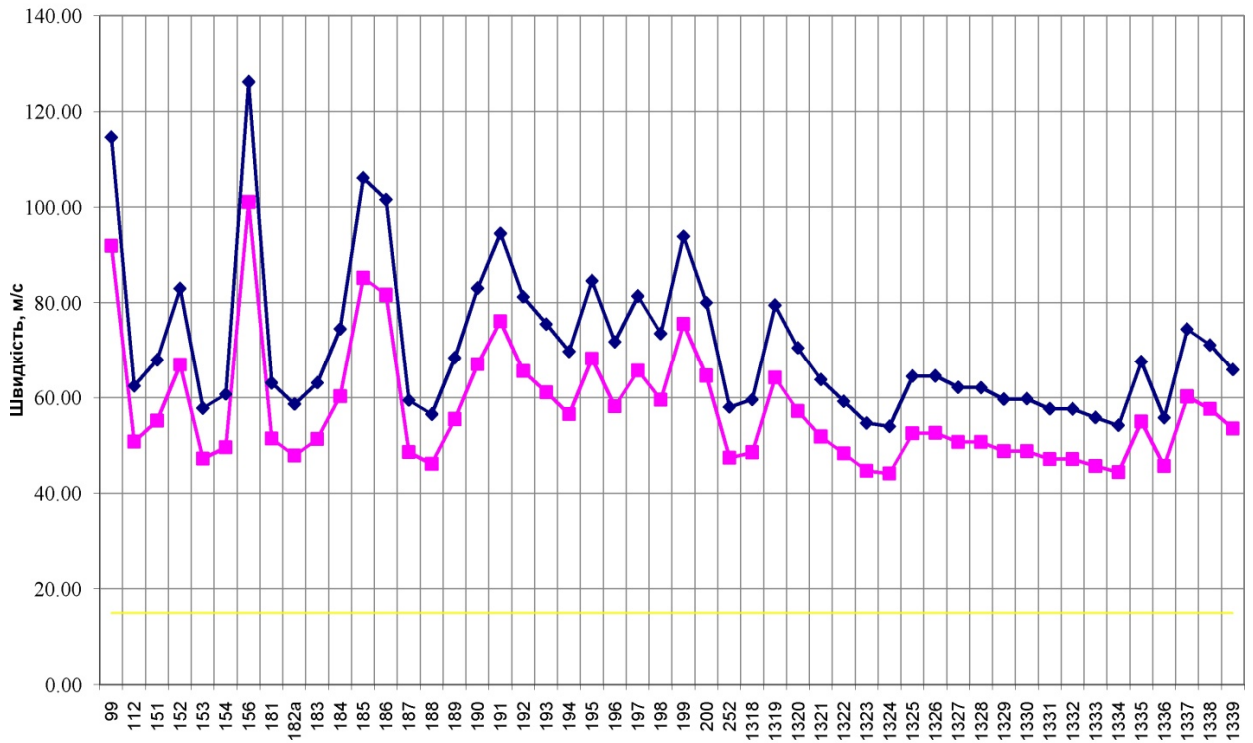


Рисунок 4 – Показники швидкостей потоку природного газу та азоту газопроводах-шлейфах газозбірному пункту

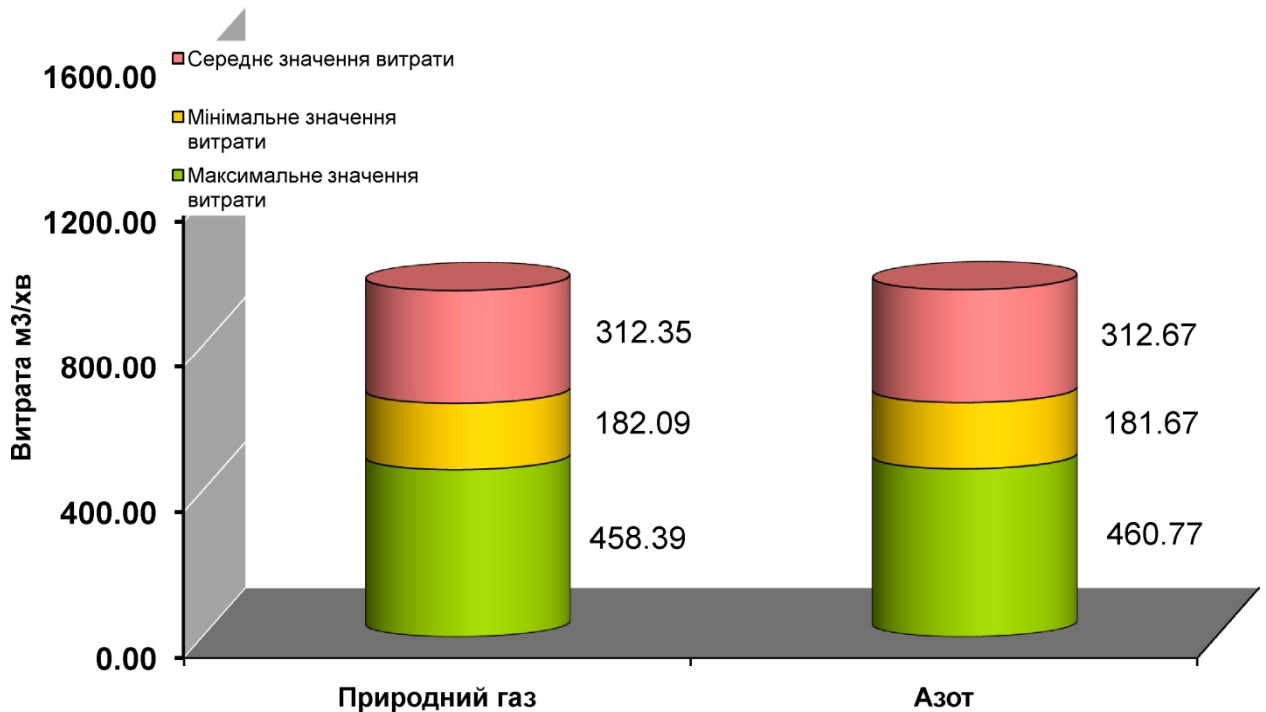


Рисунок 5 – Техніко-економічні показники використання природного газу та азоту

Таким чином при використанні азоту для очищення газопроводів-шлейфів від забруднення мінімальна витрата становитиме $181,67 \text{ м}^3/\text{хв.}$, а максимальна $460,77 \text{ м}^3/\text{хв.}$. При використанні природного газу – $182,09 \text{ м}^3/\text{хв.}$ та $458,39 \text{ м}^3/\text{хв.}$ відповідно. Порівнюючи середню витрату азоту $312,67 \text{ м}^3/\text{хв.}$ із середньою витратою природного газу $312,35 \text{ м}^3/\text{хв.}$ відхилення становить $0,102\%$. Сумарна економія природного газу при використанні азоту для очищення внутрішньої порожнини газопроводів-шлейфів становитиме 15617 м^3 газу.

Результати підвищення коефіцієнта ефективності E до величини $0,95$ приведені на рисунку 6.

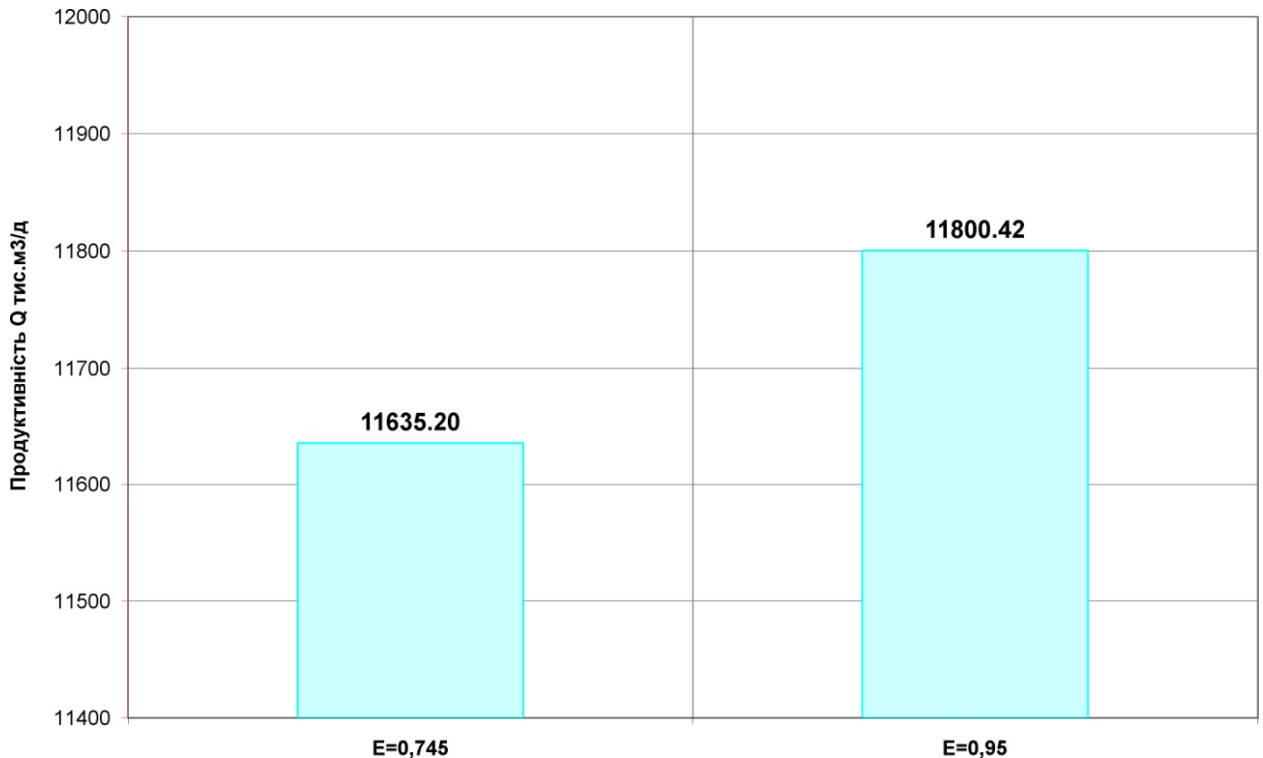


Рисунок 6 – Зміна продуктивності газозбірної пункту зі зростанням коефіцієнта ефективності

На основі отриманих результатів можна вказати на те, що при зростанні середнього значення коефіцієнта ефективності на $21,58\%$ збільшиться продуктивність (пропускна здатність) газозбірної пункту на $165,22 \text{ тис. м}^3/\text{добу}$, тобто $22,8 \text{ млн. м}^3/\text{сезон}$ відбору [5].

Враховуючи все вище наведене, найефективнішим методом очищення складних газопроводів невеликих діаметрів є використання методу підвищених швидкостей потоку з використанням інертного газу азоту та наступним вловлюванням забруднень в сепараційному обладнанні.

В системі підземного зберігання газу враховуючи розташування та віддаленість об'єктів найефективнішим є використання мобільних азотних установок, які наведені на рисунку 7

Таким чином використання інертного газу азоту дозволить підвищити пропускну здатність газопроводів, провести економію природного газу, який витрачається на процес очищення, зменшить затрати за викиди газу в атмосферу, дозволить проводити очищення не тільки газопроводів-шлейфів ГЗП, але і газопроводів-відводів до ГРС, та інших складних газопроводів, в яких існує режим транспортування газу з недостатніми швидкостями потоку газу для виносу забруднень. Крім того азот за своїми властивостями захищає трубопроводи від окислення запобігаючи їх корозії, низька густина і високий тиск азоту ідеально підходять для очищення свердловин і витіснення рідин. Застосування азоту можливе і при виконанні ремонтних робіт, як на газопроводах, так і в емностях, апаратах, посудинах, що працюють під тиском, а також для витіснення газоповітряної суміші після проведених ремонтних робіт в газотранспортній системі.



Рисунок 7 – Азотні газогенераторні установки на базі автомобільних шасі

Література

1. Зотова Г.А. Инструкция по комплексному исследованию газовых и газоконденсатных пластов и скважин. Г.А. Зотова, З.С Алиева – М.: Недра, 1980. - 300 с.
2. Розгонюк В.В. Довідник працівника газотранспортного підприємства. [Розгонюк В.В., Руднік А.А., Коломєєв В.М і ін.] – К.: Росток, 2001. – 1090 с.
3. Методика визначення питомих втрат природного газу під час його транспортування газотранспортною системою та зберігання в підземних сховищах. – К.: ДК «Укртрансгаз», 2007. – 106 с.
4. Довідник інженера диспетчерської служби. – К.: ВАТ «УЦЕБОПнафтогаз», 2007. – 248 с.
5. Звіти геолого-технологічні з експлуатації Угерського ПСГ за період закачування і відбирання у 2007 – 2011 р.р.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
10.06.12*

*Рекомендована до друку оргкомітетом
міжнародної науково-технічної конференції
“Проблеми і перспективи транспортування нафти і газу”,
яка відбулася 15-18 травня 2012 р.*