



колтюбінгу для розбурювання шарів, багатоступеневого гідророзриву пластів та нормалізації вибоїв у цих свердловинах після ГРП.

З метою розвитку нових колтюбінгових технологій, інжинірингу та моделювання, обслуговування обладнання, зокрема внутрішньо-свердловинного, навчання фахівців, підприємство потребує більш тісної співпраці з науковцями, в тому числі кваліфікованими фахівцями Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

УДК 622.692.4

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОПРОВОДУ ЗА НЕПОВНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ З ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИМ ПРИВОДОМ

М. Д. Середюк

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.
(03422)99-41-96, e-mail: serediukm@gmail.com*

Магістральні нафтопроводи України сьогодні експлуатуються зі значним недовантаженням. При цьому реалізуються режими перекачування, параметри яких суттєво відрізняються від проектних. Насосні агрегати з електричним приводом, встановлені на нафтоперекачувальних станціях (НПС) працюють за низьких значень коефіцієнта корисної дії (ККД), що спричинює збільшення витрат електроенергії на транспортування нафти.

Як свідчить світова практика, ефективним шляхом підвищення енергоефективності трубопровідного транспорту нафти є застосування на НПС насосних агрегатів з частотно-регульованим приводом. ПАТ «Укртранснафта» планує у найближчий час реалізувати проект оснащення насосних агрегатів однієї із експлуатаційних ділянок нафтопроводу пристроями для регулювання обертової частоти. Тому важливе значення мають дослідження впливу насосних агрегатів із регульованим приводом на пропускну здатність та енерговитратність магістрального нафтопроводу, результати яких наведено нижче.

На кафедрі транспорту і зберігання нафти і газу проводяться дослідження технологічних аспектів застосування насосних агрегатів з частотно-регульованим приводом на магістральних нафтопроводах України. У роботі [1] нами розроблено метод математичного моделювання характеристик нафтових насосних агрегатів зі змінною оборотною частотою. Робота [2] представляє метод визначення пропускну здатності нафтопроводу та питомих витрат електроенергії



на транспортування нафти у випадку застосування насосних агрегатів зі змінною обертовою частотою.

На базі зазначених робіт розроблено методику, яка включає обчислювальний алгоритм та комп'ютерну програму визначення пропускної здатності та енергоефективності експлуатації магістрального нафтопроводу, НПС якого оснащені насосними агрегатами зі сталою і змінною обертовою частотою.

З метою апробації методики виконано дослідження впливу технології застосування насосних агрегатів зі змінною обертовою частотою на пропуску здатність та питомі витрати електроенергії конкретної експлуатаційної ділянки магістрального нафтопроводу. Це двониткова система з номінальним діаметром ниток DN 700 і DN 500, протяжністю 195 км. Траса нафтопроводу характеризується пересіченим профілем. НПС нафтопроводу оснащені насосами типу НМ 3600-230 з базовим і змінним роторами, які працюють зі сталою обертовою частотою. Різноманітні ротори насосів дають змогу реалізувати десятки режимів експлуатації нафтопроводу, що відрізняються комбінаціями працюючих на НПС насосів.

За розробленою ними програмою спочатку визначено пропуску здатність та енерговитратність ділянки нафтопроводу для тридцяти варіантів схем роботи насосних агрегатів зі сталою обертовою частотою. Побудовано технологічні карти оптимальних режимів експлуатації нафтопроводу за традиційною технологією. Критерієм оптимальності прийнято мінімальні значення питомих витрат електроенергії на транспортування нафти.

Дослідження довели, що використовуючи оптимальні за критерієм мінімальних витрат електроенергії варіанти працюючих на НПС насосів, що працюють із сталою обертовою частотою, можна забезпечити на ділянці нафтопроводу зміну витрати нафти від 1090 м³/год до 2630 м³/год. При цьому питомі витрати електроенергії на транспортування нафти коливаються у діапазоні від 14,1 кВт·год/(тис.т·км) до 17,8 кВт·год/(тис.т·км).

Після цього проведено багатоваріантні розрахунки зазначеного нафтопроводу у разі оснащення одного із насосів кожної НПС пристроями для регулювання обертової частоти. Окремо досліджені випадки встановлення відповідних пристроїв на насоси з базовим і змінним ротором. Оскільки три перегони ділянки мають приблизно однаковий гідравлічний опір, то доцільним є синхронне зменшення обертової частоти насосних агрегатів на всіх НПС.

Виконано аналіз закономірностей зміни пропускної здатності нафтопроводу, загальної величини дроселювання та питомих витрат електроенергії на транспортування нафти при зменшенні обертової частоти насосних агрегатів на НПС в діапазоні від 3000 до 2000 об/хв.



Встановлено, що за варіанта переоснащення насосних агрегатів з базовим ротором синхронне зменшення обертової частоти від 3000 об/хв до 2000 об/хв спричинює зменшення пропускної здатності ділянки нафтопроводу від 2260 м³/год до 611 м³/год. Питомі витрати електроенергії на транспортування нафти зменшуються від 16,3 кВт·год/(тис.т·км) до 13,2 кВт·год/(тис.т·км) за зміни обертової частоти роторів насосів від 3000 об/хв до 2200 об/хв. При подальшому зменшенні обертової частоти від 2300 об/хв до 2000 об/хв питомі витрати електроенергії зростають від значення 13,2 кВт·год/(тис.т·км) до 14,9 кВт·год/(тис.т·км). Для розглянутого діапазону зміни обертової частоти необхідне дроселювання дорівнює нулю. Мінімум питомих витрат електроенергії відповідає витраті нафти в нафтопроводі

$$Q_{год} = 1100 \text{ м}^3/\text{год}; H_{e_{\min}} = 13,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{тис.т} \cdot \text{км}).$$

Аналогічні дослідження проведено для випадку, коли на кожній НПС ділянці нафтопроводу працюватимуть по одному магістральному насосу марки НМ 3600-230 зі змінним ротором на 0,7 номінальної подачі, які оснащені пристроями для регулювання обертової частоти. Одержано, що синхронне зменшення обертової частоти від 3000 об/хв до 2100 об/хв спричинює зменшення пропускної здатності ділянки нафтопроводу від 1950 м³/год до 470 м³/год. Питомі витрати електроенергії на транспортування нафти при цьому зменшуються від 14,7 кВт·год/(тис.т·км) до 13,3 кВт·год/(тис.т·км) за зміни обертової частоти роторів насосів від 3000 об/хв до 2500 об/хв. При подальшому зменшенні обертової частоти від 2500 об/хв до 2100 об/хв питомі витрати електроенергії зростають від значення 13,3 кВт·год/(тис.т·км) до 19,4 кВт·год/(тис.т·км). Для розглянутого діапазону зміни обертової частоти необхідне дроселювання дорівнює нулю. Мінімум питомих витрат електроенергії відповідає витраті нафти в нафтопроводі

$$Q_{год} = 1245 \text{ м}^3/\text{год}; H_{e_{\min}} = 13,32 \text{ кВт} \cdot \text{год}/(\text{тис.т} \cdot \text{км}).$$

Виконано порівняння двох розглянутих вище технологій використання насосних агрегатів із частотно-регульованим приводом на ділянці нафтопроводу (див. рис. 1). Із рисунка випливає, що якщо буде потреба зменшувати витрату нафти у нафтопроводі у діапазоні від 1949 м³/год до 1300 м³/год необхідно реалізувати варіант оснащення насосів із базовим ротором пристроями для регулювання обертової частоти. Для діапазону витрат від 1300 м³/год до 900 м³/год більшу енергоефективність забезпечує варіант застосування насосів зі змінними роторами і змінною обертовою частотою.

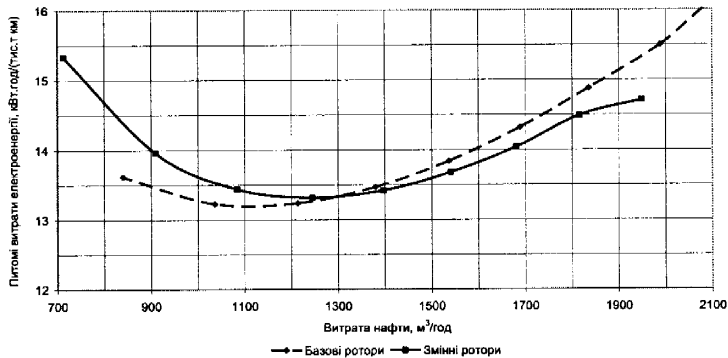


Рисунок 1 – Порівняння енергоефективності оснащення насосів з базовими і змінними роторами пристроями для зміни обертової частоти

Літературні джерела

1 Григорський С. Я., Середюк М. Д. Математичне моделювання характеристик нафтових насосів за зміни обертової частоти // Міжнародний науковий журнал. – 2017. – Т.1, № 1 (23). – С. 99-104.

2 Середюк М. Д., Григорський С. Я. Енергоефективність застосування насосів з регульованим приводом за неповного завантаження нафтопроводу // Міжнародний науковий журнал. – 2017. – Т.1, № 2 (24). – С. 165-172.

UDC061:62

PRE-CONDITIONS FOR SUSTAINED COOPERATIONS IN THE FIELDS OF RESEARCH AND INNOVATION

*Lesya Shkitsa¹, Volodymyr Kornuta¹,
Anamaria Dascalescu², Cristian Barz²*

*1 Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
76019 Ukraine, Ivano-Frankivsk, Str. Karpatska 15,
e-mail: lshkitsa@nung.edu.ua*

*2 Technical University of Cluj-Napoca, North University Center of Baia-
Mare, 430083 Romania, Baia-Mare, Str. Dr. Victor BABES 62A,
e-mail: anamaria.dascalescu@gmail.com*

The modern technological system leads to the need to reform the traditional system of education and scientific activity. The reform process takes place around the world. The European Union is not an exception, the reforms in which began in the early 2000's. In Europe, reforms were