

Тому особливу увагу потрібно звернути на безаварійну експлуатацію неізотермічних нафтопроводів, що неможлива без комплексного підходу, суть якого полягає в розгляді у взаємозв'язку даних діагностування трубопроводів інтелектуальними поршнями, технологічних режимів експлуатації та рельєфу місцевості, що призведе до зменшення ризиків небезпеки при експлуатації нафтопроводів.

Література

1. Кривенко Г. М., Возняк М. П., Возняк Л. В. Математичне моделювання повного коефіцієнта теплопередачі для нафтопроводу // Нафтова і газова промисловість. – 2001. – № 5. – С. 41–42.
2. Возняк М. П., Кривенко Г. М., Возняк Л. В. Математична модель неізотермічного руху високо-в'язкої парафінової нафти з урахуванням її ньютонівської поведінки // Нафтова і газова промисловість. – 1996. – № 4. – С. 41–42.

УДК 622.692.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА РЕЖИМНІ ПАРАМЕТРИ РОБОТИ МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВОДІВ

М. П. Возняк

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, e-mail: dis@nung.edu.ua*

М. М. Сlepко

*Одеське районне нафтопровідне управління
м. Одеса, вул. Атамана Головатого, 16 а, e-mail: slepko13@mail.ru*

Исследуется влияние частоты электрического тока в сетях внешнего электроснабжения на пропускную способность магистрального нефтепровода и напоры, развиваемые насосами.

Investigation of influence current frequency in electrical transmission network on the mass flow rate of main oil pipeline and heads of pump are given.

На нафтоперекачувальних станціях використовуються відцентрові насоси, робочі характеристики яких побудовані при сталій частоті (номінальній) обертання ротора насоса. Так, для підпірних насосів обертова частота становить 1500 об/хв., а для магістральних – 3000 об/хв. Така частота обертання роторів насосів забезпечується за допомогою приводу.

Як привід на магістральних нафтопроводах використовуються синхронні електродвигуни, обертова частота яких залежить від частоти електричного струму в мережах зовнішнього електропостачання нафтоперекачувальної станції. Одним із основних якісних показників електричного струму в промисловій мережі є частота електричного струму. Згідно з ГОСТ 13109-97 – “Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения” за нормальну прийнята частота 50 Гц. Проте внаслідок сезонної та добової нерівномірності електроспоживання частота струму в електричній мережі може знижуватися. В Україні були періоди, коли частота струму знижувалася більше ніж на 1 Гц і наближалася до 48 Гц.

Вплив частоти струму на параметри насоса досліджено в роботі [1], але враховуючи те, що нафтоперекачувальна станція і лінійна частина нафтопроводу є єдиною гідравлічною системою, виникає запитання, як впливає на режимні параметри системи обретова частота електродвигуна, яка в свою чергу функціонально залежить від частоти струму.

Обертова частота n електродвигуна пов'язана з частотою струму лінійною залежністю

$$n = \frac{f \cdot 60}{p}, \quad (1)$$

де f – частота електричного струму;

p – кількість пар полюсів на роторі електродвигуна.

В приводі магістрального насоса є одна пара полюсів, а в приводі підпірного – дві пари.

Математична модель напірної характеристики насоса, що працює при змінній частоті обертання n , може бути одержана за формулами [1]:

$$H = a - b \cdot Q^2, \quad (2)$$



$$a = a_n \left(\frac{n}{n_n} \right)^2, \quad (3)$$

$$b = b_n, \quad (4)$$

де a_n , b_n – коефіцієнти математичної моделі напірної характеристики насоса при номінальній обертовій частоті.

Формула (2) з урахуванням (3) і (4) виглядатиме так:

$$H = a_f - b_f \cdot Q^2, \quad (5)$$

$$a_f = a_n \left(\frac{60 \cdot f}{n_n \cdot p} \right)^2, \quad (6)$$

$$b_f = b_n. \quad (7)$$

Оскільки на нафтоперекачувальній станції одночасно може працювати підпірний і декілька (r) магістральних насосів, які з'єднані між собою послідовно, то сумарна характеристика нафтоперекачувальної станції записується так:

$$H_{\text{НПС}} = (a_{\text{Пф}} + r \cdot a_{\text{Мф}}) - (b_{\text{Пф}} + r \cdot b_{\text{Мф}}) \cdot Q^2, \quad (8)$$

де $a_{\text{Пф}}$ і $b_{\text{Пф}}$, $a_{\text{Мф}}$ і $b_{\text{Мф}}$ – відповідно коефіцієнти математичної моделі напірної характеристики підпірного і магістрального насоса.

Гідравлічна характеристика прилеглої ділянки нафтопроводу виглядатиме так [2]:

$$H_L = 1,02 \frac{8 \cdot \lambda \cdot L}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} Q^2 + \Delta Z + h_K, \quad (9)$$

де 1,02 – коефіцієнт, який враховує втраги напору в місцевих опорах магістральних нафтопроводів;

λ – коефіцієнт гідравлічного опору;

L і D – відповідно довжина і внутрішній діаметр трубопроводу;

Q – продуктивність нафтопроводу;

ΔZ – різниця геодезичних позначок кінця і початку трубопроводу;

h_K – залишковий напір в кінці трубопроводу.

Підставивши у формулу (10) значення величин з формул (8) і (9) визначимо пропускну здатність нафтопроводу при змінній частоті обертання:

$$H_{\text{НПС}} = H_L. \quad (10)$$

$$Q = \sqrt{\frac{a_{\text{Пф}} + r \cdot a_{\text{Мф}} - \Delta Z - h_K}{1,02 \frac{8 \lambda \cdot L}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} + b_{\text{Пф}} + r \cdot b_{\text{Мф}}}}. \quad (11)$$

Розглянемо вплив частоти струму на пропускну здатність магістрального нафтопроводу завдовжки $L=120$ км, внутрішнім діаметром $D=0,8$ м і різницею геодезичних позначок кінця і початку трубопроводу $\Delta Z = -60$ м.

На насосній станції працюють:

один підпірний насос марки НПВ 3600-90, для якого коефіцієнти математичної моделі напірної характеристики при номінальній обертовій частоті $a_{\text{ПН}}=123,3$ м, $b_{\text{ПН}}=33,33$ с²/м⁵;

від $r=0$ до $r=3$ послідовно з'єднаних магістральних насосів марки НМ 3600-230, для яких відповідно $a_{\text{МН}}=303,3$ м, $b_{\text{МН}}=73,33$ с²/м⁵.

За формулою (11) в діапазоні змін частоти електричного струму від 48,8 Гц до 50,2 Гц визначимо пропускну здатність нафтопроводу при в'язкості нафти 10 мм²/с і 50 мм²/с і за результатами будемо графік залежності пропускну здатності магістрального нафтопроводу від частоти при послідовній роботі підпірного і трьох магістральних насосів (рисунок 1).

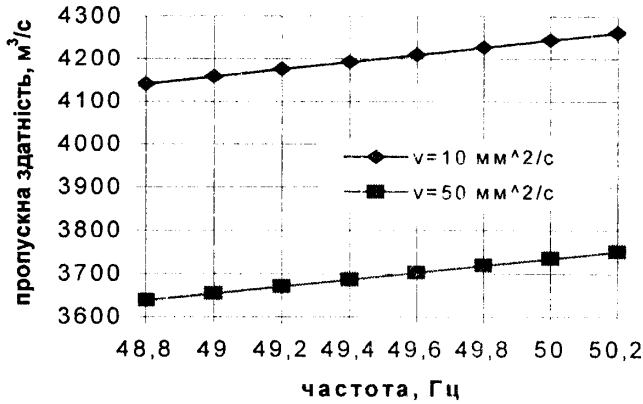


Рисунок 1. Залежність пропускної здатності нафтопроводу від частоти електричного струму

Також досліджено вплив частоти електричного струму на пропускну здатність нафтопроводу для трьох можливих варіантів включення насосів, як при в'язкості нафти $10 \text{ мм}^2/\text{с}$ (рисунок 2), так і $50 \text{ мм}^2/\text{с}$ (рисунок 3).

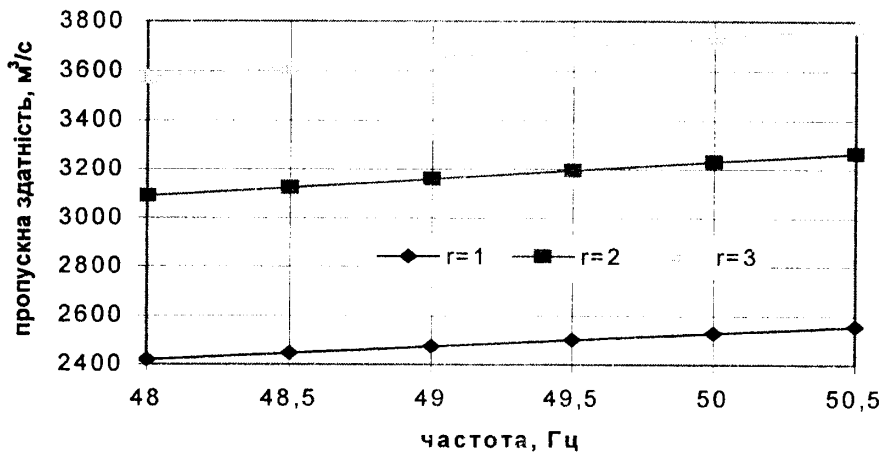


Рисунок 2. Залежність пропускної здатності нафтопроводу від частоти електричного струму при в'язкості нафти $10 \text{ мм}^2/\text{с}$

Як видно з рисунків 1 і 2 при зміні частоти з 50 Гц до 49 Гц при в'язкості нафти $10 \text{ мм}^2/\text{с}$ пропускну здатність нафтопроводу знижується на $2,04 \%$, а при в'язкості $50 \text{ мм}^2/\text{с}$ знижується на $2,16 \%$. Тобто при збільшенні в'язкості нафти, що перекачується, значення частоти електричного струму більше впливає на пропускну здатність нафтопроводу.



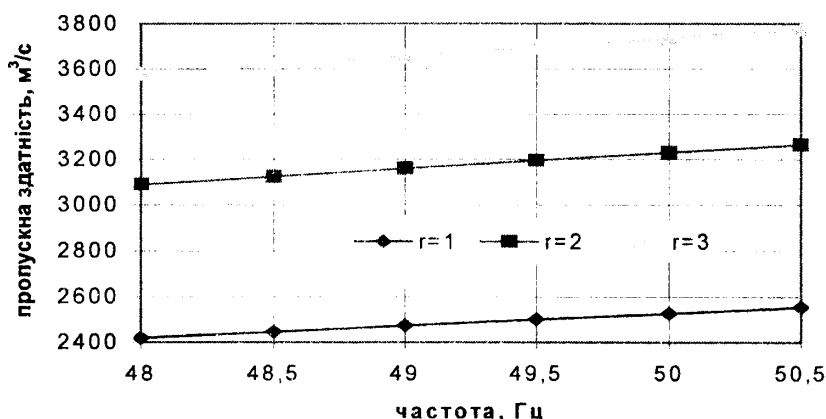


Рисунок 3. Залежність пропускної здатності нафтопроводу від частоти електричного струму при в'язкості нафти 50 мм²/с

Результати визначення впливу можливих варіантів включення насосів при в'язкості 50 мм²/с при зниженні частоти електричного струму на пропускну здатність нафтопроводу зведено в таблицю 1.

Таблиця 1. Результати визначення пропускної здатності нафтопроводу при в'язкості 50 мм²/с

Насоси, що працюють на нафтоперекачувальній станції	Пропускна здатність нафтопроводу в м ³ /год при частоті струму, Гц		Зниження пропускної здатності, %
	50	49	
Підпірний	1389,9	1362,8	1,95
Підпірний +1 магістральний	2527,6	2473,4	2,14
Підпірний +2 магістральні	3229,8	3159,6	2,17
Підпірний +3 магістральні	3735,1	3654,4	2,16

Спочатку збільшення кількості насосів, що працюють, призводить до збільшення відсотків зниження пропускної здатності, а вже при роботі одного підпірного і трьох магістральних незначно зменшується.

Результати визначення впливу можливих варіантів включення насосів при в'язкості 50 мм²/с при зниженні частоти електричного струму на напори, які розвивають насоси, зведено в таблицю 2.

Таблиця 2. Результати визначення напорів, які розвивають насоси при в'язкості 50 мм²/с

Насоси, що працюють на нафтоперекачувальній станції	Напори, які розвивають насоси, м		Зниження напорів, %
	50	49	
Підпірний	118,3	113,6	3,94
Підпірний +1 магістральний	374,0	359,4	3,90
Підпірний +2 магістральні	585,1	562,4	3,88
Підпірний +3 магістральні	760,5	731,2	3,85

На ділянці нафтопроводу, що досліджується, при зміні частоти з 50 Гц до 49 Гц при в'язкості нафти 50 мм²/с напори, які розвивають насоси, знижуються в межах від 3,85% (працюють всі насоси) до 3,94 (працює тільки підпірний насос).

На магістральних нафтопроводах в межах експлуатаційних ділянок, як правило, працює декілька нафтоперекачувальних станцій за системою "з насоса в насос". Як засвідчили дослідження,

добові коливання частоти струму в мережах зовнішнього електропостачання на 1 Гц можуть викликати зміну пропускної здатності ділянок між нафтоперекачувальними станціями до 2,17 % і напорів, які розвивають насоси, до 3,97%, а оскільки електроживлення станцій забезпечується різними енергетичними системами, то не врахування фактору добового коливання частоти електричного струму може викликати відхилення режиму роботи нафтопроводу від нормального.

Література

1. Колпаков Л. Г. Эксплуатация магистральных центробежных насосов. Учебное пособие. – Уфа: Изд. Уфим. Нефт. Ин-та, 1988. – 116 с.
2. Середюк М. Д., Якимів Й. В., Лісафін В. П. Трубопровідний транспорт нафти і нафтопродуктів: Підручник. – Івано-Франківськ. – 2001. – 517 с.

УДК (504.05+504.06):622.692.4

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗТІКАННЯ НАФТИ ТА ЗОНИ ЗАБРУДНЕННЯ

Г. М. Кривенко

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, e-mail: dis@nung.edu.ua

Разработана компьютерная технология моделирования процесса истечения нефти для определения направления течения и площади загрязненной территории с целью прогнозирования экологического риска. Показано, что рельеф местности значительно влияет на величину площади загрязнения. Даны рекомендации по использованию предложенной компьютерной технологии.

Computers model the flow of oil through the orifices gives the direction and covered of oil area and allows to forecast the ecological risk. Relief of place has influence on the covered of oil area. Recommendations for further use computers model are given.

На Україні експлуатуються нафтопроводи з пересіченим профілем траси вже не один десяток літ. Незважаючи на важливість безаварійної експлуатації магістральних нафтопроводів, проблемі прогнозування ризиків, за результатами внутрішньотрубного діагностування з урахуванням технологічних режимів і рельєфу місцевості, приділяється мало уваги. Цю проблему можна вирішити, розробивши геоінформаційну систему, в основі якої лежить ідея сумісної комп'ютерної обробки картографічного матеріалу у вигляді електронних карт та атрибутивної інформації, що характеризує об'єкти цих карт (у нашому випадку об'єкти магістрального нафтопроводу). При цьому необхідно розглядати у взаємозв'язку технічний та екологічний ризики, пов'язані з технологічними режимами експлуатації та з прогнозуванням можливих витікань нафти і площі забрудненої території в разі виникнення аварійної ситуації.

Широке використання геоінформаційних систем (ГІС) відкриває нові перспективи управління магістральними нафтопроводами. На принципово новому рівні розв'язуються задачі екологічного моніторингу траси магістральних нафтопроводів, проводиться моделювання наслідків аварійних розливів нафти і ранжування ділянок магістральних трубопроводів за екологічним ризиком для розробки планів проведення ремонтних робіт та обслуговування трубопроводів.

Враховуючи, що велика частина інформації, необхідна для управління процесом транспорту нафти, характеризує географічне територіальне розташування об'єктів, використання ГІС дозволить вирішити значну кількість виробничих питань.

Є три основних класи задач, які розв'язуються за допомогою ГІС-технологій: інформаційно-довідкові; сіткові; просторовий аналіз та моделювання.

Інформаційно-довідкові системи є найбільш поширеним на першій стадії впровадження ГІС класом систем. Створення цих систем дозволяє проглянути будь-яку ділянку будь-якої карти з наявної бази даних. При цьому в якісно створених ГІС виконуються дві основні властивості: зумеризації та генералізації [1].

Властивість зумеризації (від англійського слова Zoom) означає відображення ділянки карти на весь екран, при цьому відбувається автоматичне розтягування або стиснення зображення на весь екран з перерахунком масштабу ділянки карти.

Властивість генералізації в загальному випадку означає постійне збереження насиченості ділянки карти, яка відображає цю інформацію.

Сіткові задачі. Цей клас задач зв'язаний з необхідністю аналізу географічних сіток вулиць, рік, доріг, трубопроводів, ліній електропередач або зв'язку і ін.

Одним з найбільш важливих класів сіткових задач у трубопровідному транспорті є оптимізація маршрутів перекачування нафти на заданій сітці трубопроводів з різними критеріями

