Технічні науки

УДК 622.691.4

Бортняк Олена Михайлівна
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспорту та зберігання нафти і газу
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Якимів Йосип Васильович
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспорту та зберігання нафти і газу
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Бортняк Елена Михайловна
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
Якимив Иосиф Васильевич
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
Bortnyak O.
Ph.D., associate professor,
department of transportation and storing of oil and gas,
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
Yakymiv Y.
Ph.D., associate professor,
department of transportation and storing of oil and gas,
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НАФТОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ В УМОВАХ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ДЖЕРЕЛ ПОСТАЧАННЯ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ЕНЕРГОНОСІЇВ

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕФТЕТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ПОСТАВОК УГЛЕВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

PROSPECTS OF USE OF UKRAINIAN OIL TRANSPORTATION SYSTEMS IN TERMS OF DIVERSIFICATION OF SOURCES OF HYDROCARBONS ENERGY SOURCES SUPPLIES

Анотація. *Досліджена енерговитратність вітчизняних нафтотранспортних систем з метою забезпечення їх енергоефективної експлуатації в умовах диверсифікації джерел надходження вуглеводневої сировини.*

Ключові слова: *альтернативні джерела надходження нафти, іранська нафта, нафтотранспортні системи, енергоефективність, енерговитратність.*

Аннотация. *Исследована энергозатратность отечественных нефтетранспортных систем с целью обеспечения их энергоэффективной эксплуатации в условиях диверсификации источников поставок углеводородного сырья.*

Ключевые слова: *альтернативные источники поставок нефти, иранская нефть, нефтетранспортные системы, энергоэффективность, энергозатратность.*

Summary. *Energy consumption of domestic oil transportation systems to ensure their energy efficient operation in terms of diversification of sources of hydrocarbons was studied.*

Keywords: *alternative sources of oil, Iranian oil, oil transportation systems, energy efficiency, energy consumption.*

Диверсифікація джерел та шляхів постачання енергоносіїв є одним з найважливіших елементів енергетичної безпеки країни. Наша держава частково забезпечена традиційними видами первинної енергії, отже, повинна їх імпортувати. За рахунок імпорту Україна задовольняє понад 70 % потреб у паливно-енергетичних ресурсах. Відповідно до міжнародних критеріїв такий рівень не вважається надмірним. Проблема полягає в тому, що основні обсяги енергоносіїв (до 80 % нафтових потоків) надходять від однієї країни-постачальника або її територією. Вважається, що імпорт енергоносіїв є надійним за наявності якнайменше трьох джерел постачання, що дозволяє підвищити надійність надходження вуглеводневої сировини, отримати можливість зниження цін на енергетичні ресурси, внаслідок створення конкуренції між постачальниками, а також підвищити рівень енергетичної безпеки країни.

Географічне розташування України та наявність унікальної системи магістральних нафтопроводів дозволяють реалізувати різні варіанти маршрутів постачання нафти. Нафтотранспортний сектор України представлений трьома потужними системами, розгалужена мережа трубопроводів яких охоплює практично усю територію країни: магістральні нафтопроводи “Дружба” – на заході, Придніпровські магістральні нафтопроводи – на сході та Південні магістральні нафтопроводи – на півдні.

На сьогоднішній день нафтотранспортна система використовується не на повну потужність, в експлуатації знаходяться лише 14 % внутрішніх нафтопроводів. З кожним роком обсяги транзиту територією України зменшуються. Внаслідок цього значна частина вітчизняних нафтопроводів простоює, або виведена з експлуатації і на даний час знаходиться у режимі безпечного утримання. Зрозуміло, що такий стан системи має негативний вплив на економіку держави в цілому. Транзит нафти територією України дозволяє отримати чималі додаткові фінансові надходження до бюджету

країни, отже, необхідно шукати альтернативні російським нафтовим потокам варіанти заповнення власних транзитних трубопроводів.

Нещодавно Україна та Тегеран підписали меморандум щодо розвитку економічних зв'язків між країнами, в якому окреслені перспективи постачання іранської нафти транзитом через Одесу до країн Західної Європи та можливості завантаження нафтопереробних заводів України. Пропонується реалізація так званої європейської схеми транспортування нафти з Ірану до Одеси танкерами з подальшою перевалкою і завантаженням сировиною нафтопроводу Одеса-Броди. Реалізація даного маршруту дозволить забезпечити сировиною Дрогобицький та Надвірнянський НПЗ. Наявність збудованої на 52 км нафтопроводу Одеса-Броди перемички, яка з'єднує його на 154 км трубопроводу Снігурівка-Августівка з трубопроводом Кременчук-Снігурівка, дозволяє скерувати потік іранської нафти у напрямку нафтопереробних заводів, розташованих у східній частині України, зокрема на Кременчуцький та Лисичанський НПЗ.

Враховуючи можливість реалізації зазначених маршрутів постачання іранської нафти, основними експортними сортами якої є легка Iranian Light та важка Iranian Heavy, виникає практична необхідність у розробленні енергоефективної технології її транспортування вітчизняними нафтопроводами шляхом застосування оптимальних з точки зору енерговитратності режимів їх експлуатації. Оптимізація режимів транспортування дозволяє значно зменшити собівартість перекачування нафти. В такому випадку виникає задача вибору серед ряду можливих режимів найбільш доцільних, реалізація яких дозволить мінімізувати вартість витраченої електроенергії за умов обов'язкового виконання плану приймання та здавання нафти за певний встановлений період.

З метою оцінки можливості реалізації альтернативних маршрутів постачання нафти на внутрішній ринок та транзитом із залученням існуючих нафтотранспортних систем України за умов їх енергоефективної експлуа-

тації були проведені розрахунки енерговитратності режимів роботи нафтопроводу Одеса-Броди (у аверсному напрямі) та системи нафтопроводів Одеса-Броди, Кременчук-Снігурівка та Снігурівка-Августівка у реверсному напрямі за маршрутом МНТ "Південний"-Снігурівка-Кременчук. Дані нафтопроводи характеризуються пересічним профілем траси, що у разі їх експлуатації у зазначених напрямках ускладнює визначення пропускної здатності і енергетичних параметрів перекачування нафти, проведення експлуатаційних гідравлічних розрахунків і потребує дещо іншого підходу до вирішення даних питань.

Нафтотранспортний коридор МНТ "Південний" – Кременчуцький НПЗ, як було зазначено, утворений шляхом з'єднання перемичкою 52 км нафтопроводу Одеса-Броди та 154 км нафтопроводу Снігурівка-Августівка і Кременчук-Снігурівка у реверсному напрямі постачання нафти від НПС "Снігурівка" до НПС "Кременчук". Дана нафтотранспортна система характеризується доволі складною структурою, яка окрім однониткових ділянок включає ділянки зі вставкою іншого діаметра та лупінгами. Шість нафтоперекачувальних станцій оснащені насосами різних типів, експлуатація яких передбачає використання нестандартних роторів, виготовлених за спеціальним замовленням. Напірні та енергетичні характеристики таких насосів суттєво відрізняються від характеристик нафтових насосів нормального параметричного ряду з базовими стандартними роторами. На ряді НПС насосний парк включає чотири насосні агрегати з різними типами роторів, зокрема МНТ "Південний", НПС "Широке" та НПС "Пролетарська".

За критерії оптимальності з метою встановлення енергоефективних режимів експлуатації зазначених трубопровідних мереж були вибрані питомі затрати потужності на перекачування нафти та величина загального обсягу дроселювання, яка складається з величини дроселювання для забезпечення міцності трубопроводу та додаткового дроселювання, спричиненого необхідністю забезпечення виконання технологічного обмеження ти-

ску на вході в перекачувальну станцію, де нафта приймається в резервуари, тобто в кінцевий пункт (КП) для даної ділянки нафтопроводу.

З метою достовірного визначення величини коефіцієнта гідравлічного опору на перегонах між нафтоперекачувальними станціями у гідравлічних експлуатаційних розрахунках була застосована зручна для реалізації в обчислювальних алгоритмах і програмах методика запропонована авторами [1 с. 35-37] і побудована на використанні універсальної формули Колбрука і Уайта.

Розроблений алгоритм визначення енергоефективних режимів експлуатації нафтопровідних систем був реалізований у програмному комплексі, який дає змогу визначити пропускну здатність та питомі витрати потужності для будь-якого варіанта роботи нафтопроводу, що має довільну кількість НПС, оснащених насосами з різними типами роторів і отримати розподіл тиску нафти в трубопроводі по довжині перегону між нафтоперекачувальними станціями з побудовою ліній гідравлічного нахилу для відповідного режиму перекачування.

Наявність шести нафтоперекачувальних станцій на маршруті МНТ “Південний” – НПС “Кременчук”, обладнаних насосними агрегатами з різними типами роторів, а також складна конфігурація лінійної частини трубопроводу передбачає можливість реалізації значної кількості експлуатаційних режимів з відповідними параметрами роботи системи. На базі розробленого програмного забезпечення було опрацьовано понад 90 тисяч можливих режимів як для випадку транспортування важкої так і легкої іранської нафти. Аналіз отриманих результатів свідчить, що значна кількість режимів характеризується суттєвою величиною загального обсягу дроселювання, вагому частину якого складає величина додаткового дроселювання, необхідного для забезпечення виконання технологічного обмеження тиску (до 0,25 МПа) на вході в перекачувальну станцію, де нафта приймається в резервуари НПС “Кременчук”. При цьому забезпечити під-

хід нафти на кінцевий пункт даної експлуатаційної ділянки нафтопроводу з технологічно необхідним залишковим напором, що відповідає тиску 0,25 МПа шляхом дроселювання у повному обсязі на попередній станції стає неможливим, оскільки внаслідок особливості траси, у разі застосування даної технології, на останньому перегоні виникає перевальна точка та утворюються ділянки з самопливним рухом. З метою уникнення появи самопливних ділянок, дроселювання можна частково здійснити на виході попередньої станції і повністю зменшити тиск до технологічно необхідної величини на вході у кінцевий пункт даної експлуатаційної ділянки нафтопроводу, тобто на вході НПС "Кременчук". Існує практичний досвід раціонального використання зайвого напору на вході у КП, наприклад для приводу невеликої електростанції. Реалізація режиму транзитного перекачування через НПС "Пролетарська" з метою зниження технологічно необхідного дроселювання також призводить до появи перевальної точки на останньому перегоні Пролетарська-Кременчук.

Кожний режим характеризується певною величиною питомих затрат на перекачування (рис. 1). Тобто один і той же обсяг нафти можна перекачати, затративши при цьому різну кількість електроенергії. Зрозуміло, що найбільш енергоефективним буде той режим, за якого затрати на транспортування будуть найменшими.

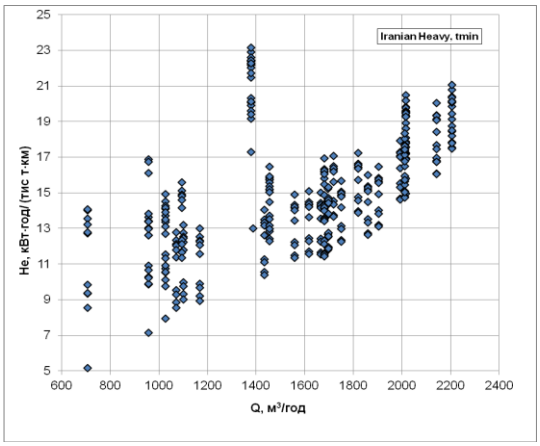


Рис.1. Результати розрахунку енерговитратності режимів експлуатації нафтотранспортної системи МНТ "Південний" – НПС "Кременчук"

На основі опрацювання отриманих результатів розрахунку робочих параметрів системи для усіх можливих режимів та умов транспортування важкої і легкої марок іранської нафти за напрямком Південний-Кременчук були встановлені оптимальні з точки зору енерговитратності режими його експлуатації, які характеризуються найменшою величиною питомих затрат потужності на перекачування нафти та загального обсягу дроселювання (табл. 1).

Таблиця 1

Оптимальні з точки зору енерговитратності режими експлуатації нафтопровідної системи МНТ "Південний"-НПС "Кременчук"

№ режиму	Схема роботи насосних агрегатів на станціях						Питомі витрати електроенергії, кВт·год/(тис.т·км)	Загальна величина дроселювання, МПа	Пропускна здатність, $м^3$/год	Обсяг перекачування, млн. т/рік
	Південний	Миколаївська	Снігурівка	Андріївка	Широке	Пролетарська				
IRANIAN HEAVY EXPORT CRUDE OIL (ρ=871,8 кг/$м^3$)										
1	1	ТР	ТР	ТР	ТР	ТР	4,66	0,74	793	5,55
2	2	ТР	ТР	ТР	ТР	ТР	5,31	0,7	862	6,00
3	3	ТР	ТР	ТР	ТР	ТР	5,35	0,68	914	6,36
4	1	ТР	2	ТР	ТР	ТР	5,47	0,51	1171	8,16
5	1	ТР	2	2	ТР	ТР	7,3	0,54	1537	10,74
6	2	ТР	1(3,4)	ТР	2	ТР	7,73	0,53	1540	10,75
7	3	ТР	2	ТР	2	ТР	7,75	0,48	1558	10,86
8	1,3	ТР	2	2	1,4	ТР	11,72	0,82	2154	15,10
9	2	2(3)	2	2	1,4	ТР	11,87	0,81	2155	15,09
IRANIAN LIGHT EXPORT CRUDE OIL (ρ=855,9 кг/$м^3$)										
1	1	ТР	ТР	ТР	ТР	ТР	4,39	0,73	852	5,55
2	2	ТР	ТР	ТР	ТР	ТР	5	0,69	926	6,41
3	3	ТР	ТР	ТР	ТР	ТР	5,04	0,67	982	6,80
4	1	ТР	2	ТР	ТР	ТР	5,23	0,51	1255	8,70
5	1,2	ТР	ТР	ТР	ТР	ТР	5,53	0,88	1281	8,81
6	3	ТР	ТР	ТР	4	ТР	6,32	1,01	1287	8,92
7	3	ТР	2	ТР	2	ТР	7,48	0,49	1656	11,53
8	1,3	ТР	2	1(3,4)	1,4	ТР	11,27	0,44	2243	15,75
9	2	2(3)	2	1(3,4)	1,4	ТР	11,3	0,43	2246	15,76

Примітка: У схемі роботи насосних агрегатів на станціях цифри 1,2,3,4 вказують номер насоса, що включається в роботу, ТР – нафта проходить транзитом через станцію

Аналогічні розрахунки енерговитратності режимів експлуатації за умов різного ступеня завантаження системи у разі перекачуванні обох сортів іранської нафти були виконані і для нафтопроводу Одеса – Броди.

Висновки. Оскільки імпорт нафти є і залишатиметься надалі важливим елементом у енергозабезпеченні нашої країни, диверсифікація постачання даного енергоносія може стати одним з напрямків зменшення енергетичної залежності держави. Україна володіє потужною нафтотранспортною системою, яка за раціональної технологічної і політичної організації, може забезпечити реалізацію альтернативних маршрутів нафтових потоків, привабливих як для країн-експортерів, які шукають ринки збуту нафти, так і для забезпечення потреб внутрішнього ринку сировиною за умов узгодженості заходів диверсифікації з модернізацією нафтопереробної галузі.

Існуючі потужності Південних та Придніпровських нафтопровідних систем у напрямках Південний-Кременчук та Південний-Броди можуть забезпечити транспортування іранської нафти у широкому діапазоні річних об'ємів перекачування (від 5 до 16 млн. т нафтопроводом МНТ "Південний" - НПС "Кременчук" для внутрішніх потреб країни та від 4 до 12 млн. т експорту у європейському напрямку трубопроводом Одеса-Броди) із мінімальними затратами та ризиками технічного характеру. За необхідності та наявних вільних обсягів нафтових потоків пропускну спроможність системи Одеса-Броди можна збільшити до 30 млн. т/рік шляхом введення в експлуатацію другої черги нафтопроводу, зокрема нафтоперекачувальних станцій "Степова" та "Кам'яногірка".

Література

1. Середюк М.Д. Обґрунтування вибору математичних моделей для коефіцієнта гідравлічного опору в нафтопроводах/ М.Д. Середюк, Н.В. Люта // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 2. – С. 35-37.