

Технічні науки

УДК 622.692.4

**Якимів Йосип Васильович**

*кандидат технічних наук, доцент,*

*доцент кафедри транспорту і зберігання нафти і газу*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

**Якимив Иосиф Васильевич**

*кандидат технических наук, доцент,*

*доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа*

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

**Yakymiv Yosyp**

*PhD, Associate Professor,*

*Associate Professor of the Department of Transportation and Storing of Oil and Gas*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**Бортняк Олена Михайлівна**

*кандидат технічних наук,*

*доцент кафедри транспорту і зберігання нафти і газу*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

**Бортняк Елена Михайловна**

*кандидат технических наук,*

*доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа*

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

**Bortnyak Olena**

*PhD, Associate Professor of the Department of*

*Transportation and Storing of Oil and Gas*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**ОСОБЛИВОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ РІЗНОСОРТНИХ НАФТ  
МАГІСТРАЛЬНИМИ ТРУБОПРОВОДАМИ З ПЕРЕСІЧЕНИМ  
ПРОФІЛЕМ ТРАСИ**

**ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ РАЗНОСОРТНЫХ  
НЕФТЕЙ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ СО  
СЛОЖНЫМ РЕЛЬЕФОМ ТРАССЫ**

**PECULIARITIES OF TRANSPORTATION VARIOUS SORTS OF OIL  
VIA MAIN PIPELINES WITH SECTIONS OF GRAVITY FLOW**

***Анотація.** Розглянуті особливості транспортування різносортних нафт магістральними нафтопроводами з пересіченим профілем траси. Проведені дослідження енерговитратності нафтопроводу Одеса-Броди з метою підвищення енергоефективності його експлуатації у разі транспортування різносортних нафт в рамках реалізації проектів диверсифікації джерел та шляхів постачання вуглеводневої сировини.*

***Ключові слова:** магістральний трубопровід, енергоефективність, перевальна точка, самопливні ділянки, послідовне перекачування, сумішоутворення.*

***Аннотация.** Рассмотрены особенности транспортировки нефти разных сортов магистральными нефтепроводами со сложным рельефом трассы. Проведенные исследования энергоемкости нефтепровода Одесса-Броды с целью повышения эффективности его эксплуатации при транспортировке нефти разных сортов в рамках реализации проектов диверсификации источников и путей поставок углеводородного сырья.*

***Ключевые слова:** магистральный трубопровод, энергоэффективность, перевальная точка, самоотечные участки, последовательная перекачка, смесеобразование.*

**Summary.** *The peculiarities of transportation of various grades of oil via main pipelines with sections of gravity flow were considered. Energy consumption of oil transportation system Odesa-Brody to ensure its energy efficient operation in terms when transporting various oil brands in terms of diversification of sources of hydrocarbons was studied.*

**Key words:** *main pipeline, energy efficiency, transfer section, gravity flow, batching, mixture formation.*

Частка нафтової сировини у структурі споживання первинної енергії, а також обсяги товарно-обігових операцій, пов'язаних з її використанням, визначають провідну роль нафтотранспортних систем у процесі постачання рідких вуглеводнів кінцевому споживачу. Магістральний трубопровідний транспорт відноситься до потужних енергоємних об'єктів, проте за умов ефективної експлуатації, здатний не тільки вносити значний вклад в економічний розвиток держави, а й створювати передумови для вирішення проблем її енергетичної безпеки.

Вітчизняна нафтотранспортна система володіє потужними транспортними можливостями, здатними забезпечити постачання сировини у достатніх обсягах як на внутрішній ринок, так і транзитом до інших країн [1]. Належне використання її транзитного потенціалу за умов поступової виваженої реалізації проектів диверсифікації джерел та шляхів імпорту вуглеводневих енергоносіїв є надійним підґрунтям для покращення енергетичного становища країни. Отже, пошук альтернативних джерел постачання, раціональних шляхів надходження та застосування енергоефективних технологій, які б дозволили реалізовувати транспортування нафтової сировини з мінімальними затратами є надзвичайно актуальними питаннями.

Сучасні нафтопровідні системи характеризуються складною гідравлічною структурою, різноманітністю основного обладнання нафтоперекачувальних станцій та можливістю постачання різних сортів нафти, які відрізняються

няються фізико-хімічними властивостями. Аналіз трас вітчизняних магістральних нафтопроводів свідчить, що більшість з них має пересічений профіль траси і за певних умов, зокрема у разі зменшення обсягів постачання сировини, і транспортування її з меншими витратами і зниженими тисками, тобто, на так званих понижених режимах експлуатації, може виникати перевальна точка та ділянки із самопливним рухом рідини. До таких нафтопроводів відносяться не тільки нафтотранспортна система "Дружба" на ділянці Броди-Державний кордон, яка проходить у яскраво вираженій гірській місцевості, а й нафтопроводи Кременчук-Снігурівка (у реверсному напрямі перекачування) та Одеса-Броди, траси яких, на перший погляд, проходять територіями з порівняно спокійним рельєфом.

У разі реверсного перекачування нафти трубопроводом Одеса-Броди, реалізація певних режимів експлуатації, за умов часткового завантаження, призводить до виникнення на певних перегонах ділянок із рухом рідини неповним перерізом. Рідина в такому випадку рухається під дією сили тяжіння, інша частина перерізу трубопроводу зайнята парами цієї рідини. Інтенсивне пароутворення і виділення газів може призвести до виникнення кавітаційних явищ та порушення цілісності потоку. Підвищений вміст у нафті сірчистих з'єднань можуть викликати прискорений перебіг корозійних процесів на внутрішній поверхні стінки труби над вільною поверхнею рідини. У випадку послідовного перекачування різносортних нафт, внаслідок повного змішування сусідніх партій на ділянках із самопливним рухом, значно збільшуються об'єми суміші нафт у зоні їх контакту, суттєво знижуючи економічну доцільність застосування даної технології. Наявність самопливних ділянок у трубопроводі призводить до необхідності підвищення тиску на станціях, а отже, вимагає більших затрат електроенергії на перекачування порівняно з нафтопроводами, в яких самопливні ділянки відсутні.

Таким чином, враховуючи можливі негативні наслідки експлуатації трубопроводних систем за умов наявності ділянок із самопливним рухом, доціль-

но уникати їх утворення реалізацією режимів, які виключають появу перевальної точки або шляхом підтримання підвищеного тиску рідини на кінцевому пункті нафтопроводу.

Експлуатація нафтопровідних систем передбачає можливість реалізації значної кількості різних варіантів їх роботи, які відрізняються відповідними комбінаціями включення насосних агрегатів і проміжних перекачувальних станцій, а також відповідними умовами транспортування. Кожний такий варіант характеризується певними режимними параметрами і відповідними затратами на перекачування. З метою зниження собівартості транспортування нафти, серед усіх можливих, доцільно обирати режими роботи нафтопроводів з найменшими питомими затратами. Вирішення даного завдання вимагає проведення багатоваріантних розрахунків, а отже, передбачає застосування методів чисельного програмування.

Розроблене програмне забезпечення дає змогу проводити багатоваріантні розрахунки прогнозування пропускної здатності та енергетичних параметрів магістральних нафтопроводів за різних схем роботи обладнання перекачувальних станцій, лінійної частини, а також зміни умов транспортування різносортних нафт. Отримані результати виводяться у вигляді технологічних карт для усіх можливих режимів транспортування. Оптимізація останніх за критерієм мінімальних питомих затрат електроенергії дає змогу запропонувати найбільш енергоефективні варіанти експлуатації відповідної нафтотранспортної системи з дотриманням виконання встановлених план-графіків постачання вуглеводневої сировини. Візуалізація отриманих результатів у вигляді графічної інтерпретації, тобто побудови профілю лінійної частини та гідравлічного нахилу, що відображає падіння напору на ділянці між НПС дає наочне уявлення щодо відповідного режиму роботи нафтопроводу, дозволяє встановити розподіл тисків по довжині перегонів між НПС та перевірити наявність перевальних точок трубопроводу з пересіченим профілем.

За результатами апробації запропонованого методу для умов експлуатації існуючої інфраструктури нафтопроводу Одеса-Броди у разі транспортування нафт різних сортів, зокрема азербайджанської Azeri Light та російської експортної суміші Urals, як у аверсному так і реверсному напрямках, були розроблені рекомендації щодо вибору енергоефективних режимів експлуатації даної системи, реалізація яких дозволяє знизити енерговитратність транспортування в деяких випадках на 35-40 % [2].

У разі виникнення необхідності транспортування нафти у незначних обсягах, тобто на понижених режимах роботи, трубопроводами зі складним рельєфом траси і наявними ділянками із самопливним рухом рідини, відповідно до правил експлуатації магістральних нафтопроводів, необхідно розробляти технологічний регламент та відповідні карти безпечних режимів їх експлуатації, що вимагає внесення певних корективів в існуючі методики розрахунку параметрів роботи нафтотранспортних систем.

### **Література**

1. Бортняк О. М. Перспективи використання нафтотранспортних систем України в умовах диверсифікації джерел постачання вуглеводневих енергоносіїв / О. М. Бортняк, Й. В. Якимів // Міжнародний науковий журнал. – К.: № 7. – 2016. – С. 64 – 67.
2. Бортняк О. М., Якимів Й. В., Фішев Д.О. Дослідження енергоефективних режимів експлуатації нафтопроводів з пересіченим профілем траси: Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції [“Машини, обладнання і матеріали для нарощування вітчизняного видобутку нафти і газу PGE – 2018”], (Івано-Франківськ, 24-27 квітня 2018 р.) – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018.