

УДК 622.692.4

## РОЗРОБКА РЕЖИМІВ РОБОТИ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ СНІГУРІВКА-ОДЕСА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПРОТИТУРБУЛЕНТНОЇ ПРИСАДКИ

Л.Д.Пилипів

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166  
e-mail: tzgn@ifdtung.if.ua

*Рассмотрены вопросы разработки режимов работы магистрального нефтепровода Снигуривка-Одесса при использовании противотурбулентной присадки. Предложена методика гидравлического расчета магистрального нефтепровода при перекачке нефти с противотурбулентной присадкой. Разработана программа расчета пропускной способности магистрального нефтепровода для всех возможных схем работы насосов, разной концентрации присадки и различных расчетных значениях вязкости нефти. 41*

*Problems of oil-trunk pipeline Snigurivka-Odessa operation mode with DRA use are considered. Hydraulic design procedure of oil-trunk pipeline under the oil pumping with drug-reducing agent (DRA) is proposed. The calculation mode and software of oil trunk pipeline capacity determination for all possible pump work schemes, various DRA concentrations and various oil viscosity values are developed.*

Система магістральних нафтопроводів України, окрім функцій постачання внутрішніх споживачів, здійснює транзитні поставки російської нафти в ряд країн Європи. Пропускна здатність нафтопроводів ВАТ "Укртранснафта" становить 114,5 млн.т/рік, у тому числі 66 млн.т/рік — на експорт. Після введення в дію Морського нафтоперевального комплексу "Південний" і розширення можливостей експортних поставок нафти постала необхідність збільшення пропускної здатності існуючої мережі магістральних нафтопроводів.

Виконаний нами аналіз показав, що лімітуючим елементом в нафтотранспортній системі України є магістральний нафтопровід Снігурівка-Одеса. Це пояснюється тим, що на трасі трубопроводу довжиною 231 км передбачена тільки одна нафтоперекачувальна станція – НПС Снігурівка.

На магістральному нафтопроводі Снігурівка-Одеса з метою зменшення гідравлічного опору та збільшення продуктивності перекачування ще з 1999 року почали застосовувати протитурбулентну присадку Liquid Power<sup>TM</sup> фірми "Сопосо". Однак застосування зазначеної присадки не має методологічного та наукового обґрунтування. Вибір необхідної концентрації присадки залежно від заданої продуктивності нафтопроводу до недавнього часу проводився за графічними залежностями, що мали обмежену сферу застосування. Починаючи з середини 2002 року, фірма "Сопосо" постачає на НПС Снігурівка присадку з властивостями, які значно відрізняються від тих, що були передбачені при розробці графічних залежностей. Тому на сьогодні відсутня методика, яка б давала змогу визначити пропускну здатність нафтопроводу Снігурівка-Одеса при використанні протитурбулентної присадки.

Складність визначення пропускної здатності магістрального нафтопроводу при використанні протитурбулентної присадки полягає в

тому, що існуючі математичні моделі коефіцієнта гідравлічного опору не дають змоги з необхідною точністю описати гідродинамічні процеси в трубопроводі при зазначеній технології перекачування.

Нами запропонована аналітична залежність коефіцієнта гідравлічного опору від числа Рейнольдса та концентрації присадки, одержана шляхом обробки статистичної інформації режимних параметрів роботи магістрального нафтопроводу Снігурівка-Одеса за 2002 рік

$$\lambda = \frac{1}{(-1,855 \cdot \text{Lg}(Re) + 1,85)^2 + 1,5 \cdot 10^6 \cdot k}, \quad (1)$$

де:  $k$  – концентрація присадки в нафті;  
 $Re$  – число Рейнольдса.

Наведена залежність може бути закладена в основу методики розрахунку пропускної здатності нафтопроводу Снігурівка-Одеса та розробки режимів його роботи.

Пропускна здатність магістрального нафтопроводу визначається з рівняння балансу напорів, яке записується у вигляді

$$H_{np} = H_{заг}, \quad (2)$$

де:  $H_{np}$  – напір нафти після регулятора НПС;  
 $H_{заг}$  – загальні втрати тиску в нафтопроводі.

Загальні втрати тиску в трубопроводі можна виразити рівнянням

$$H_{заг} = \chi \cdot \lambda \cdot \frac{L}{D^5} \cdot Q^2 + \Delta Z + h_{кп}, \quad (3)$$

де:  $L$  – довжина нафтопроводу;  
 $\Delta Z$  – різниця геодезичних позначок кінця і початку нафтопроводу;

$h_{кп}$  – напір нафти, який необхідно забезпечити в кінці нафтопроводу з технологічних міркувань;

$\chi$  – постійний для даного трубопроводу коефіцієнт, який визначається за такою формулою:

$$\chi = 1,02 \cdot \frac{8}{\pi^2 \cdot g}, \quad (4)$$

де: 1,02 – коефіцієнт, що враховує втрати напору в місцевих опорах;

$g$  – прискорення вільного падіння.

Напір нафти після регулятора залежить від енергетичних показників насосних агрегатів НПС і визначається уставками по тиску  $P_{дон}$ , вибір яких залежить як від міцності труби, так і від інших технологічних і режимних параметрів. Тому даний параметр розраховується таким чином:

якщо

$$H_{nc} > H_{дон}, \quad (5)$$

то

$$H_{np} = H_{дон}; \quad (6)$$

якщо

$$H_{nc} < H_{дон}, \quad (7)$$

то

$$H_{np} = H_{nc}, \quad (8)$$

де:  $H_{nc}$  – напір нафти, що створює НПС;

$H_{дон}$  – допустимий напір нафти на початку перегону,

$$H_{дон} = \frac{P_{дон}}{\rho \cdot g}, \quad (9)$$

де  $\rho$  – розрахункова густина нафти.

Напір нафти, створений насосними агрегатами НПС, визначається за формулою

$$H_{nc} = A - B \cdot Q^2, \quad (10)$$

де  $A$  і  $B$  – коефіцієнти сумарної напірної характеристики насосів, що працюють на НПС.

Коефіцієнти сумарної напірної характеристики НПС залежать від схеми роботи і коефіцієнтів математичних моделей кожного із працюючих насосів.

Аналіз технологічної схеми НПС Снігурівка засвідчує, що два підпірні насоси НМП 2500-74 мають однакові ротори. В той же час чотири магістральні насоси НМ 2500-230 мають різні ротори: перший і другий насоси – звичайні ротори на номінальну подачу, а третій і четвертий – змінні ротори на подачу 3125 м<sup>3</sup>/год.

Обв'язка насосних агрегатів НПС Снігурівка дає змогу проводити перекачування нафти при таких схемах послідовної роботи підпірного і магістральних насосів:

варіант 1 – працює підпірний насос і магістральний насос з базовим ротором (діаметр колеса 430 мм);

варіант 2 – працює підпірний насос і магістральний насос з ротором на збільшену подачу (діаметр колеса 450 мм);

варіант 3 – працює підпірний насос і два магістральні насоси з базовими роторами (діаметр колеса 430 мм);

варіант 4 – працює підпірний насос і два магістральні насоси, один з яких з базовим ротором (діаметр колеса 430 мм), а другий – з ротором на збільшену подачу (діаметр колеса 450 мм);

варіант 5 – працює підпірний насос і два магістральні насоси з роторами на збільшену подачу (діаметр колеса 450 мм).

В практиці експлуатації магістрального нафтопроводу Снігурівка-Одеса часто виникає необхідність вибору раціональних та економічних режимів його роботи, знаходження фактичної пропускної здатності нафтотранспортної системи.

Рівняння балансу напорів (2) з врахуванням математичних виразів (3)-(10) набуває трансцендентного виразу відносно невідомої витрати нафти, яка є пропускною здатністю нафтопроводу. Таким чином, пропускна здатність магістрального нафтопроводу залежить від схеми роботи насосних агрегатів, розрахункової в'язкості нафти, концентрації протитурбулентної присадки і може бути визначена методом ітерацій шляхом розв'язування рівняння балансу напорів (2) з врахуванням математичної моделі коефіцієнта гідравлічного опору (1).

Нами розроблений обчислювальний алгоритм та програмне забезпечення, які дають змогу визначити пропускну здатність нафтопроводу Снігурівка-Одеса при звичайній технології перекачування нафти і з використанням протитурбулентних присадок. Виконані гідравлічні розрахунки нафтопроводу для всіх схем роботи насосних агрегатів, різної концентрації присадки та можливого діапазону зміни в'язкості транспортованої нафти. На основі проведених розрахунків побудовано графічні залежності зміни пропускної здатності нафтопроводу Снігурівка-Одеса залежно від в'язкості нафти та концентрації присадки для середньорічного значення в'язкості нафти (рисунки 1-2).

Аналіз графіків 1-2 свідчить, що використання протитурбулентної присадки дає змогу значно збільшити пропускну здатність нафтопроводу Снігурівка-Одеса. Для варіанта 5, що відповідає максимальному завантаженню НПС, пропускна здатність зростає з 1803 м<sup>3</sup>/год для технології перекачування без присадки до 2487 м<sup>3</sup>/год – при перекачуванні з концентрацією присадки 30 ppm (мільйонних часток). Зростання пропускної здатності становить 38%, що в річному прирості обсягів поставки нафти становить 4,98 млн. т (при розрахунковій густині нафти 0,867 т/м<sup>3</sup>).

За результатами розрахунків на ЕОМ можна побудувати суміщену характеристику нафтопроводу і НПС Снігурівка для різних схем роботи насосів та різної концентрації присадки, аналіз якої уможливило прогнозування обсягів поставок нафти на експорт (рисунок 3).

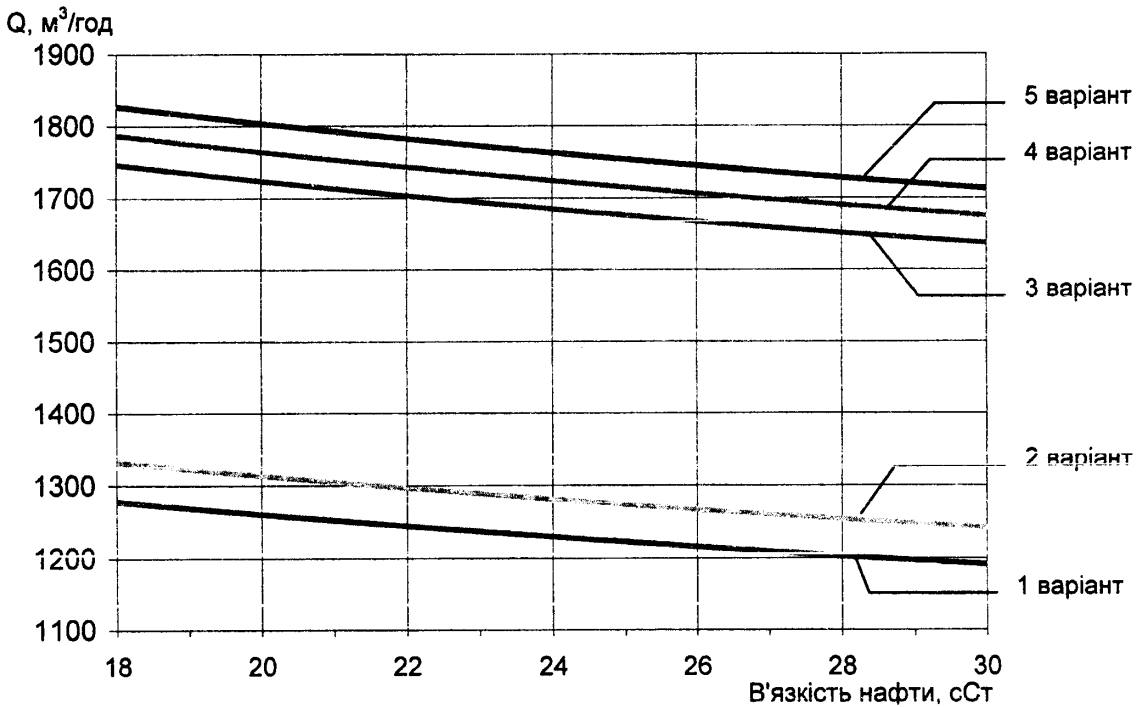


Рисунок 1 — Залежність пропускної здатності нафтопроводу від в'язкості нафти при перекачуванні без присадки

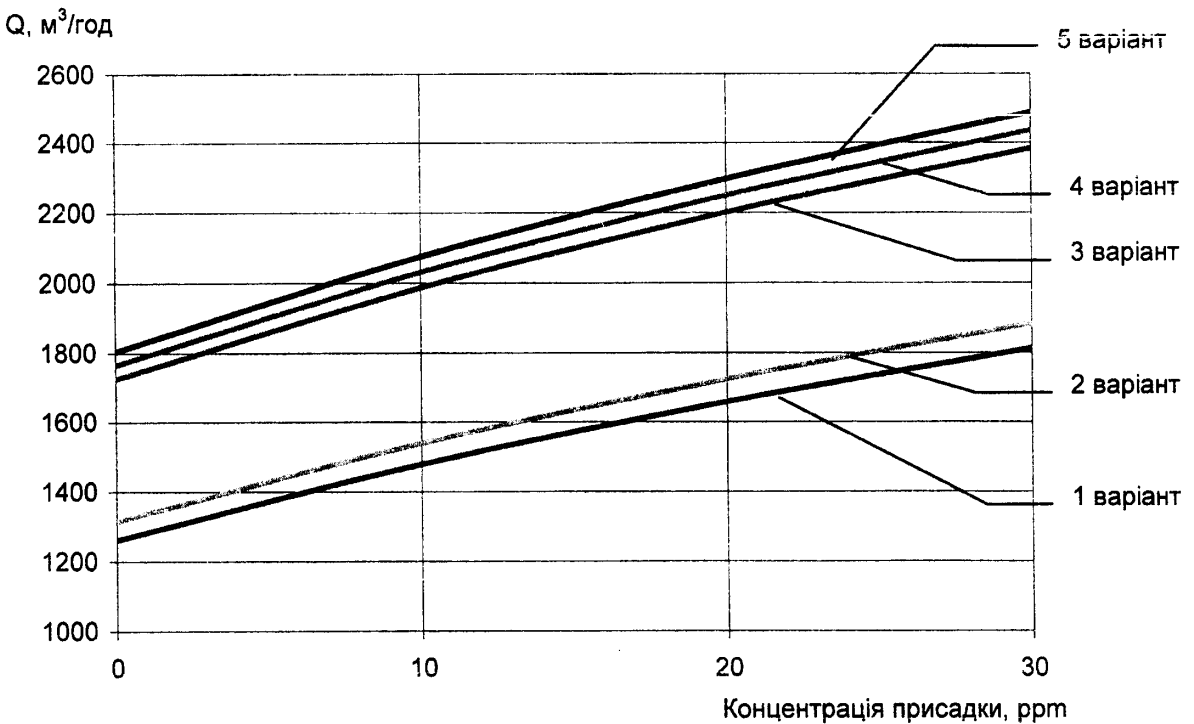


Рисунок 2 — Залежність пропускної здатності нафтопроводу від концентрації присадки при розрахунковій в'язкості нафти 20 сСт

Таким чином, запропонована методика гідравлічного розрахунку нафтопроводу Снігурівка-Одеса дає змогу визначити його пропускну здатність при використанні протитурбулентної присадки довільної концентрації, вибрати раціональну схему роботи насосних агрегатів на

НПС Снігурівка, розрахувати режимні та енергетичні параметри роботи насосів, оцінити вплив сезонних змін в'язкості нафти на параметри перекачування та прогнозувати обсяги транзитних поставок нафти на експорт.

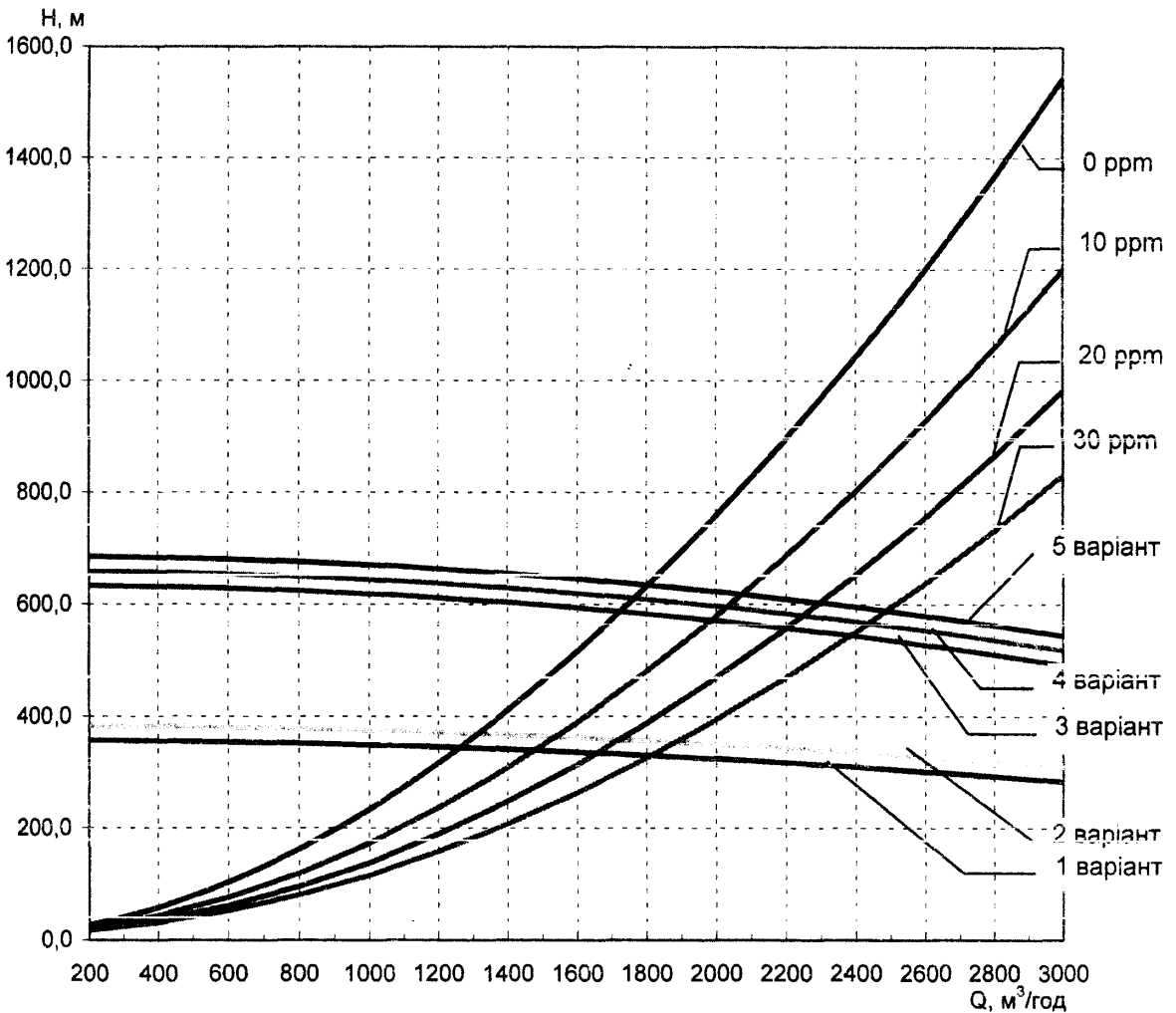


Рисунок 3 — Суміщена характеристика НПС і нафтопроводу

*Література*

1. Середюк М.Д., Якимів Й.В., Лісафін В.П. Трубопровідний транспорт нафти і нафтопродуктів: Підручник. – Івано-Франківськ, 2001. – 517 с.

2. A chemical method to boost pipeline flow // Petroleum Review. – 1990, V. – Vol.44, N 520. – P.250-251.

3. Снижение потерь энергии при перекачке нефти // Экспресс-информация. Зарубежный опыт. Серия: Транспорт и хранение нефти. – М.: ВНИИОЭНГ, 1989. – Вып. 10. – С. 1-7.

МИ ЧЕКАЄМО НА ВАС !

МІСЦЕ  
ВАШОЇ  
РЕКЛАМИ

З питань виготовлення і розміщення реклами звертатися м. Івано-Франківськ, 76019, вул. Карпатська 15, ІФНТУНГ, Редакція журналу "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ", тел.: (03422) 42002, тел./факс: (03422) 42139, ел. пошта: rozvidka@ifdtung.if.ua