

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

**Бортняк Олена Михайлівна**

Кандидат технічних наук,  
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

**Бортняк Елена Михайловна**

Кандидат технических наук,  
доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа  
Ивано-Франковский национальный технический  
университет нефти и газа

**Yakymiv Yosyp**

Ph.D., associate professor, department of transportation  
and storing of oil and gas,  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

**Bortnyak Olena**

Ph.D., associate professor, department of transportation  
and storing of oil and gas,  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

**ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВОДІВ  
ЗА ПЕРІОДИЧНИХ ПІДКАЧУВАНЬ ЧАСТИНИ НАФТИ  
ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ МАГИСТРАЛЬНЫХ  
НЕФТЕПРОВОДОВ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОДКАЧКАХ ЧАСТИ  
НЕФТИ  
FLOW CAPACITY OF MAIN OIL PIPELINES WITH PERIODICAL  
PARTIAL OIL PUMPING**

**Анотація.** Досліджено вплив величини періодичних підкачувань нафти на пропускну здатність магістральних нафтопроводів при заданому розміщенні нафтоперекачувальних станцій. Розроблено алгоритм і програмне забезпечення визначення пропускну здатності нафтопроводів з періодичними підкачуваннями за будь-яких комбінацій включення насосів на станціях.

**Ключові слова:** пропускну здатність, лімітуючи ділянка, періодичне підкачування, магістральний нафтопровід.

**Аннотация.** Исследовано влияние величины периодических подкачек нефти на пропускную способность магистральных нефтепроводов при заданном размещении нефтеперекачивающих станций. Разработан алгоритм и программное обеспечение определения пропускной способности нефтепроводов с периодическими подкачками при любых комбинациях включения насосов на станциях.

**Ключевые слова:** пропусчная способность, лимитирующий участок, периодическая подкачка, магистральный нефтепровод.

**Summary.** The impact of volume of periodical oil pumpings on oil pipelines flow capacity with predefined oil pumping stations location was studied. The algorithm and software for determining the flow capacity of oil pipelines with periodical oil pumpings at any combinations of working pumps at pump stations were developed.

**Keywords:** flow capacity, limiting segment, periodical pumping, main oil pipeline.

Зручним способом доставки нафти, що видобувається на нафтових промислах, які знаходяться неподалік від трас магістральних нафтопроводів, є її підкачування на нафтоперекачувальних станціях у трубопроводи і подальше транспортування до нафтопереробних заводів або інших споживачів. Таким же способом можна доставляти до споживачів світлі нафтопродукти від нафтопереробних заводів, якщо поблизу прокладений магістральний нафтопродуктопровід.

За періодичних підкачувань порушується нормальний режим роботи магістрального нафтопроводу: на виході нафтоперекачувальних станцій тиски можуть зростати вище максимально допустимих із умови міцності трубопроводів, підпори на вході в проміжні станції можуть знижуватись нижче мінімально допустимої величини із умови безкавітаційної роботи насосів на станціях. Це залежить від витрати, з якою здійснюється підкачування рідини в трубопровід.

Питання визначення витрати нафти на ділянках нафтопроводів до пунктів періодичних скидань і підкачувань розглядаються в [1, с. 133-137, 2, с. 49-54], методика розрахунку пропускної здатності і виявлення лімітуючої ділянки магістральних нафтопроводів за умов заданого розміщення нафтоперекачувальних станцій без врахування періодичних скидань і підкачувань висвітлюється в [3, 4]. Важливим є визначення впливу періодичних підкачувань на пропускну здатність магістральних нафтопроводів великої протяжності.

Особливістю експлуатації нафтопроводів, на яких здійснюються періодичні підкачування частини нафти є те, що окремі ділянки такого нафтопроводу будуть працювати за різних гідравлічних режимів.

Для початкових ділянок магістрального нафтопроводу, що знаходяться до пункту періодичного підкачування, рівняння балансу напорів для кожного із перегонів буде мати вигляд

$$A_i - B_i Q^2 = \kappa \lambda_i \frac{l_i}{D_i^5} Q^2 + \Delta z_i + h_{n_i}, \quad (1)$$

де  $A_i, B_i$  – коефіцієнти математичної моделі напірної характеристики нафтоперекачувальної станції, що знаходиться на початку  $i$ -го перегону ділянки нафтопроводу до пункту підкачування;

$Q$  – витрата рідини на ділянці нафтопроводу до пункту підкачування;

$\kappa$  – постійний коефіцієнт,  $\kappa = 1,02 \frac{8}{\pi^2 g}$ ;

1,02 – коефіцієнт, що враховує 2 % на втрати напору в місцевих опорах від втрат напору на тертя;

$g$  – прискорення вільного падіння;

$\lambda_i$  – коефіцієнт гідравлічного опору для  $i$ -го перегону між станціями, що визначається за відомими формулами гідродинаміки залежно від зони гідравлічного тертя;

$l_i, D_i$  – довжина і внутрішній діаметр  $i$ -го перегону;

$\Delta z_i$  – різниця геодезичних позначок кінця і початку  $i$ -го перегону;

$h_{n_i}$  – напір в кінці  $i$ -го перегону, що передається на наступну станцію.

Для головної нафтоперекачувальної станції (першої на трубопроводі)

$$A_1 = a_n + \sum_{j=1}^r a_{j1}; \quad B_1 = b_n + \sum_{j=1}^r b_{j1},$$

де  $a_n, b_n$  – коефіцієнти математичної моделі напірної характеристики підпірного насоса вигляду  $h_n = a_n - b_n Q^2$ ;

$r$  – кількість основних насосів, що включаються в роботу на головній нафтоперекачувальній станції;

$j$  – номер насоса на станції;

$a_{j1}, b_{j1}$  – коефіцієнти математичної моделі напірної характеристики

$j$ -го основного насоса на першій станції вигляду  $h = a - bQ^2$ .

Для всіх проміжних станцій

$$A_i = \sum_{j=1}^r a_{ji} ; B_i = \sum_{j=1}^r b_{ji} .$$

Рівняння балансу напорів для всіх перегонів, що знаходяться після пункту підкачування частини нафти має вигляд

$$A'_i - B'_i(Q + Q_n)^2 = \kappa \lambda_i \frac{l_i}{D_i^5} (Q + Q_n)^2 + \Delta z_i + h_{n_i}, \quad (2)$$

де  $A'_i$ ,  $B'_i$  – коефіцієнти математичної моделі напірної характеристики нафтоперекачувальної станції, що знаходиться на початку  $i$ -го перегону ділянки нафтопроводу після пункту підкачування;

$Q_n$  – витрата, з якою підкачується частина рідини.

Нафтоперекачувальні станції багатьох магістральних нафтопроводів оснащені різнотипними насосами, напірні та енергетичні характеристики яких суттєво відрізняються. Лінійна частина нафтопроводів характеризується складною гідравлічною структурою, значною протяжністю і певною кількістю перегонів, які помітно різняться гідравлічним опором. В такому випадку лімітуючими можуть бути параметри вже не тієї станції, на якій реалізоване підкачування нафти, а будь-якої іншої, а це викликає необхідність регулювання режиму роботи нафтопроводу.

Вибір та реалізація найбільш ефективного, з мінімальними енергетичними затратами способу регулювання режимів роботи нафтопроводів, на яких організоване підкачування, у кожному конкретному випадку потребує визначення відповідних режимних параметрів роботи кожної нафтоперекачувальної станції, розташованої на трубопроводі. З метою проведення аналізу залежності витрати рідини в магістральному нафтопроводі та величини підпору на вході в станції від величини витрати підкачування розроблене програмне забезпечення, яке дає змогу на основі отриманих результатів розрахунку оцінити транспортні можливості нафтопроводу, спрогнозувати обсяги постачання та запропонувати найбільш ефективну технологію перекачування нафти.

## **Література**

1. *Коршак А.А. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов / А.А. Коршак, А.М. Нечваль; под ред. А.А. Коршака. – СПб.: Недра, 2008. – 488 с.*
2. *Якимів Й. В. Проектування та експлуатація нафтопроводів / Й. В. Якимів, О. М. Бортняк. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2015. – 171 с.*
3. *Якимів Й. В. Мінімальні витрати електроенергії як критерій оптимізації режимів роботи магістральних нафтопроводів / Й. В. Якимів, В. М. Кацаба // Прикарпатський вісник НТШ. Число. – 2012. – № 1(17). – С. 271 - 277.*
4. *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.*