

але й нафт перехідного стану. Експериментально вивчалися лише пластові нафти звичайного типу, що залягають переважно на глибинах до 3000–3200 м, максимальні газомісти яких не перевищують 200–250 м³/м³. Тому абсолютні значення V_n^d виявилися неістотними. Майже у повному діапазоні зниження тисків вони коливаються в межах $(0,4-0,8) \cdot 10^{-2}$ МПа⁻¹.

Розрахунки диференціального випарування V_n^d у поточному процесі рекомендуємо вести згідно з рівняннями

$$V_n^d = \frac{DG_i^d \cdot c_{gi}^{cp}}{\left(L_{пл}^d \cdot c_{пл} - \sum_{j=1}^{i-1} DG_j^d \cdot c_{ij}^{cp} \right) \Delta p_i}, \quad (6)$$

де Δp_i – падіння пластового тиску на даному ступені, МПа.

Якщо відомі експериментальні залежності $\lambda^d = f(p)$ і $\rho_n = f(p)$, то рівняння (6) можна записати у вигляді

$$V_n^d = \frac{1}{\Delta p_i} \left(1 - \frac{L_i^d \cdot c_{ni}}{L_{i-1}^d \cdot c_{ni-1}} \right). \quad (7)$$

Для першого ступеня падіння пластового тиску добуток $\lambda_{i-1}^d \cdot \rho_{ni-1}$ відповідає початковій масі флюїду $G_{нпл} = \lambda_{нпл}^d \cdot \rho_{нпл}$.

Застосовуючи рівняння (6) або (7), абсолютне значення V_n^d одержимо в частках одиниці. Його розмірність виражається у МПа⁻¹.

Диференціальні залежності випарування і функції коефіцієнтів розчинності газу однотипні. В цьому неважко переконатися, порівнюючи криві $V_n^d = f(\bar{p}_n)$ (рис. 4) і $b_{г}^d = f(\bar{p}_n)$ (див. рис. 2). Вони мають подібну конфігурацію. Згідно з результатами досліджень, значення V_n^d знижуються від $(4,5-28,0) \cdot 10^{-2}$ МПа⁻¹ (близько-критичні системи); $(1,8-2,2) \cdot 10^{-2}$ МПа⁻¹ (нафти перехідного стану) та $(1,0-1,7) \cdot 10^{-2}$ МПа⁻¹ (звичайні пластові нафти) для $\bar{p}_n \approx 1,0$; досягають мінімумів $(0,5-1,2) \cdot 10^{-2}$ МПа⁻¹ в області середніх тисків фазової рівноваги ($\bar{p}_n = 0,25-0,40$), а

Перша нитка нафтопроводу Лисичанськ-

УДК 622.691.4

ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ВИТІСНЕННЯ НАФТИ З ПЕРШОЇ НИТКИ НАФТОПРОВОДУ ЛИСИЧАНСЬК-ТИХОРЕЦЬК

М.Д.Середюк, А.С.Івоняк

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

Выполнены гидравлические расчеты последовательного перемещения нефти и воды по рельефному трубопроводу и разработаны рекомендации по освобождению от нефти первой нитки нефтепровода Лисичанск-Тихорецк.

Тихорецьк – це частина складної за структурою двониткової нафтопровідної системи, яка здійснювала перекачування нафти на експорт через морський порт у Новоросійську (Росія). У межах території України пролягає 179 км траси зазначеного нафтопроводу. Після спорудження в 2001 році обвідної ділянки нафтопроводу, яка проходить територією Росії, обсяги транзиту відтак знову зростають при $\bar{p}_n < 0,20-0,25$ (див. рис. 4). Отже, випарування різних вуглеводневих флюїдів змінюється в дуже широких межах.

Криві $V_n^d(p)$ і $V_n^d(\bar{p}_n)$ як функції p_n або \bar{p}_n можна будувати у повному діапазоні падіння тиску в покладі – від початкового $p_{нп}$ до атмосферного. Проте доцільно обмежувати розрахунки тиском закидування розробки (p_k). Останній диктується конкретними технічними і технологічними вимогами.

Величини $V_n^d(p)$ і $V_n^d(\bar{p}_n)$ рекомендується використовувати для оцінки запасів нафти та розчинених газових вуглеводневих сполук. Диференціальні залежності V_n^d знайдуть практичне застосування в розрахунках нафтовилучення продуктивних горизонтів, що розробляються на режимах розчиненого газу [4].

Література

1. Намиот А.Ю. Фазовые равновесия в добыче нефти. – М.: Недра, 1976. – 183 с.
2. Філяс Ю.Г. Нафти перехідного стану і близькокритичні вуглеводневі системи // Геологія і геохімія горючих копалин. – № 1-2 (94-95). – С. 96-106.
3. Чекалюк Э.Б. Основы пьезометрии залежей нефти и газа. – К.: Гос. изд-во технич. лит. УССР, 1961. – 286 с.
4. Філяс Ю.Г. Випарування пластових нафт // Нафта-Газ України-98. Матеріали 5-ї Міжнародної конференції: Зб. наук. праць – Полтава: УНГА, 1998. – С. 82-83.

нафти по вітчизняній ділянці нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк різко скоротилися. Суттєве зменшення обсягів перекачування нафти по ділянці Лисичанськ-Родіонівка призвело до економічної недоцільності експлуатації двони-

ткової системи. Тому у лютому 2002 року ВАТ “Укртранснафта” прийняла рішення звільнити від нафти першу нитку нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк на ділянці 0-179 км як більш пошкоджену корозією та з нижчим робочим тиском.

Аналіз особливостей прокладання траси, технічних характеристик ділянки нафтопроводу дали змогу вибрати таку технологію звільнення від нафти порожнини трубопроводу. До початку процесу витіснення нафти демонтуються ділянки перемичок між двома нитками нафтопроводу. Далі проводиться очищення внутрішньої порожнини ділянки трубопроводу шляхом перекачування нафти з очисними пристроями у межах території України. Витіснення нафти з ділянки трубопроводу проводиться водою, яка подається насосними агрегатами з природних джерел з тиском, котрий визначається гідравлічним опором системи та умовами приймання нафти.

Нафта, витіснена з нафтопроводу, приймається в один з резервуарів НПС Лисичанськ. Для створення умов приймання та подальшого відкачування нафти процес витіснення нафти проводиться в три етапи з послідовним перебезуванням насосних агрегатів з 179 на 161 км, а відтак з 161 км на 88 км траси нафтопроводу.

Профіль траси ділянки нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк є перерізанним, характеризується значною різницею геодезичних позначок проміжних точок траси. Це ускладнює процес витіснення нафти з трубопроводу, звужує діапазон допустимих продуктивностей, робить можливим виникнення перевальних точок і самопливних ділянок при певних режимах закачування води у трубопровід. Тому виникла практична необхідність розробки методики і програмного забезпечення для проведення гідравлічних розрахунків процесу витіснення нафти з нафтопроводу з врахуванням рельєфу траси і динаміки просування зони контакту нафта-вода по довжині рельєфного трубопроводу.

При витісненні з трубопроводу нафти за допомогою води реалізується процес послідовного перекачування двох рідин з суттєвою різницею фізико-хімічних властивостей. Процес послідовного перекачування за своєю природою є неусталеним, однак, як показали наші дослідження [1, 2], з достатньою для інженерних розрахунків точністю, його можна розглядати як послідовність квазістаціонарних станів. Це дає змогу застосувати при гідравлічному розрахунку процесу витіснення нафти водою рівняння усталеного руху реальної рідини в трубопроводі.

Комплект вихідних даних для розрахунку режимних параметрів роботи нафтопроводу у період витіснення нафти водою включає:

- розрахункову густину нафти ρ_n ;
- розрахункову кінематичну в'язкість нафти ν_n ;
- розрахункову густину води ρ_e ;

- розрахункову кінематичну в'язкість води ν_e ;
- внутрішній діаметр трубопроводу D ;
- довжину ділянки нафтопроводу L ;
- масив геодезичних позначок характерних точок траси нафтопроводу z_i ;
- перепад тиску на механічних роздільниках, що запускаються у зону контакту нафта-вода ΔP_p ;
- технологічно необхідний тиск у кінці нафтопроводу P_k ;
- абсолютну еквівалентну шорсткість внутрішньої поверхні труби k_e ;
- масив коефіцієнтів математичних моделей напірних характеристик насосних агрегатів для закачування води.

Як зазначено раніше, процес неусталеного послідовного перекачування двох різних рідин по рельєфному трубопроводу можна представити як послідовність квазістаціонарних станів, кожен з яких відповідає певному положенню зони контакту нафта-вода на трасі нафтопроводу.

Кожен квазістаціонарний стан процесу послідовного перекачування нафти і води характеризується певним гідравлічним опором системи і відповідними режимними параметрами роботи насосного обладнання та ділянки нафтопроводу, яка звільняється від нафти.

Для кожного квазістаціонарного стану процесу витіснення нафти режимні параметри роботи системи можуть бути визначені із рівняння балансу енергії, яке для випадку послідовного перекачування рідин з суттєвою різницею фізико-хімічних властивостей набуває вигляду рівняння балансу тисків.

Робоча витрата рідин у трубопроводі знаходиться із умови, що тиск, створений насосними агрегатами, дорівнює загальним втратам тиску у трубопроводі. Останні включають втрати тиску від тертя на ділянках, заповнених нафтою і водою, втрати тиску на подолання різниці геодезичних позначок кінця і початку кожної із двох партій рідин, втрати тиску на механічних роздільниках і технологічно необхідний тиск у кінці нафтопроводу.

Аналітичний вигляд рівняння балансу тисків для i - положення зони контакту нафта-вода має вигляд

$$P_{nc} = 1,02P_{\tau_n} + \rho_n g(z_k - z_i) + 1,02P_{\tau_e} + \rho_e g(z_i - z_o) + \Delta P_p + P_k, \quad (1)$$

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

P_{τ_n}, P_{τ_e} – втрати тиску на тертя на ділянці, яка заповнена нафтою і водою відповідно;

g – прискорення сили тяжіння;

z_o – геодезична позначка початку траси ділянки нафтопроводу, що звільняється від нафти;

z_k – геодезична позначка кінця траси ділянки нафтопроводу, що звільняється від нафти;

z_i – геодезична позначка точки траси ділянки нафтопроводу, що відповідає зоні контакту нафта-вода;

ΔP_p – перепад тиску на механічних роздільниках;

P_k – технологічно необхідний тиск нафти у кінці ділянки нафтопроводу, що звільняється від нафти.

Після підстановки аналітичного виразу для втрат тиску від тертя рівняння (1) набуває такого вигляду:

$$P_{nc} = 1,02\lambda_n \frac{L_n}{2D} w^2 \rho_n + \rho_n g(z_k - z_i) + 1,02\lambda_g \frac{L_g}{2D} w^2 \rho_g + \rho_g g(z_i - z_o) + \Delta P_p + P_k, \quad (2)$$

де: λ_n, λ_g – коефіцієнт гідравлічного опору на ділянці, що заповнена нафтою і водою відповідно;

L_n, L_g – довжина частини ділянки нафтопроводу, що заповнена нафтою і водою відповідно;

w – середня швидкість руху рідин на ділянці нафтопроводу.

Тиск, створюваний насосними агрегатами, залежить від схем роботи насосів, їх напірних характеристик, витрати рідини через насос і густини рідини, що заповнює порожнину насоса. Математична модель сумарної напірної характеристики насосної установки має вигляд

$$P_{nc} = (A - BQ^2) \rho_g g, \quad (3)$$

де A, B – коефіцієнти математичної моделі сумарної напірної характеристики насосної установки.

Складність спільного розв'язування системи рівнянь (2) і (3) полягає в тому, що коефіцієнти гідравлічного опору λ_n, λ_g є складними залежностями від невідомої витрати рідини, тому рівняння (2) є трансцендентним і його розв'язування потребує використання методу послідовних наближень.

Тому пропонується такий алгоритм гідравлічного розрахунку процесу витіснення нафти водою з ділянки нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк.

Використовуючи профіль траси ділянки нафтопроводу, формують масив геодезичних позначок z_i через кожний кілометр його довжини.

Нехай зона контакту нафта-вода знаходиться на i -ому кілометрі траси ділянки нафтопроводу. Тоді довжина партії води і нафти у трубопроводі буде дорівнювати відповідно

$$L_{gi} = i \cdot 1000, \quad (4)$$

$$L_{ni} = L - L_{gi}. \quad (5)$$

Різниця геодезичних позначок частини ділянки, яка заповнена водою і нафтою відповідно

$$\Delta z_{gi} = z_i - z_o, \quad (6)$$

$$\Delta z_{ni} = z_k - z_i. \quad (7)$$

Задають перше наближення витрати рідини

$$Q_i = Q_l \quad (8)$$

і визначають середню швидкість послідовного перекачування нафти і води

$$w_i = \frac{4Q_i}{\pi D^2}, \quad (9)$$

де D – внутрішній діаметр ділянки нафтопроводу.

Обчислюють числа Рейнольдса для умов перекачування води і нафти відповідно

$$Re_{gi} = \frac{w_i \cdot D}{\nu_g}, \quad (10)$$

$$Re_{ni} = \frac{w_i \cdot D}{\nu_n}, \quad (11)$$

де ν_g, ν_n – розрахункове значення кінематичної в'язкості води і нафти відповідно.

Особливість гідравлічного розрахунку послідовного перекачування нафти і води полягає в тому, що при однаковій об'ємній витраті в трубопроводі гідравлічний режим перекачування в'язкої нафти і малов'язкої води буде різний. Перекачування нафти здебільшого буде відбуватись у зоні гідравлічно гладких труб. Режим перекачування води відповідає розвинутому турбулентному руху в зоні змішаного тертя. Тому для визначення коефіцієнта гідравлічного опору у різних зонах гідравлічного тертя можуть бути застосовані математичні моделі, які забезпечують стикування результатів на границях зон.

Використаємо для розрахунку процесу витіснення води нафтою методику визначення коефіцієнта гідравлічного опору, запропоновану нами у роботі [3], яка відповідає зазначеній вище умові.

Порядок розрахунків за даним методом такий. Спочатку для умов перекачування як нафти, так і води значення коефіцієнта гідравлічного опору обчислюється за формулою Блазіуса. Методом послідовних наближень знаходиться перше перехідне число Рейнольдса Re_{PI} . Визначається ефективна еквівалентна шорсткість труби k_{ee} . Методом послідовних наближень знаходиться значення коефіцієнта гідравлічного опору за модифікованою формулою

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{k_{ee}}{3,7D} \right). \quad (12)$$

Як кінцевий результат вибирається більше із двох значень коефіцієнта гідравлічного опору, розрахованих за формулою Блазіуса або модифікованою формулою Колбрука.

Знаходяться втрати тиску на тертя і загальні втрати тиску на ділянці, яка заповнена водою,

$$P_{\tau_{\theta i}} = \lambda_{\theta i} \frac{L_{\theta i}}{D} \cdot \frac{w_i^2}{2} \rho_{\theta}, \quad (13)$$

$$P_{\text{заг}_{\theta i}} = 1,02 P_{\tau_{\theta i}} + \Delta z_{\theta i} \rho_{\theta} g. \quad (14)$$

Обчислюються втрати тиску на тертя і загальні втрати тиску на ділянці, яка заповнена нафтою,

$$P_{\tau_{\theta i}} = \lambda_{\theta i} \frac{L_{\theta i}}{D} \cdot \frac{w_i^2}{2} \rho_{\theta}, \quad (15)$$

$$P_{\text{заг}_{\theta i}} = 1,02 P_{\tau_{\theta i}} + \Delta z_{\theta i} \rho_{\theta} g. \quad (16)$$

Визначаються загальні втрати тиску на ділянці нафтопроводу

$$P_{\text{заг}_i} = P_{\text{заг}_{\theta i}} + P_{\text{заг}_{\theta i}} + \Delta P_p + P_k. \quad (17)$$

За формулою (3) знаходиться тиск $P_{\text{нс}_i}$, який створює насосна установка при заданому значенні витрати рідини у трубопроводі. Перевіряється виконання умови балансу тисків. Якщо абсолютна величина різниці тиску насосної установки і загальних втрат тиску в трубопроводі перевищує точність гідравлічного розрахунку ε

$$|P_{\text{нс}_i} - P_{\text{заг}_i}| > \varepsilon, \quad (18)$$

то коригується витрата рідини в нафтопроводі так:

$$Q_i = Q_i - \Delta Q \quad \text{при} \quad H_{\text{нс}_i} < H_{\text{заг}_i}, \quad (19)$$

$$Q_i = Q_i + \Delta Q \quad \text{при} \quad H_{\text{нс}_i} > H_{\text{заг}_i}, \quad (20)$$

де ΔQ – крок зміни витрати рідини в нафтопроводі.

Далі розрахунки повторюються, починаючи з визначення середньої швидкості руху рідини у трубопроводі до досягнення необхідної точності гідравлічного розрахунку ε .

Визначається час, протягом якого зона контакту нафта-вода переміститься по трасі трубопроводу на відстань від $(i-1)$ -ого до i -ого кілометра

$$\tau_i = \frac{1000}{w_i}. \quad (21)$$

Обчислюється загальна тривалість процесу витіснення нафти водою з ділянки нафтопроводу

$$\tau_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n \tau_i, \quad (22)$$

де n – кількість розрахунків режимних параметрів за час витіснення нафти; якщо розрахунки проводяться через кожен кілометр траси,

$$n = L, \quad (23)$$

де L – розрахункова довжина ділянки нафтопроводу в кілометрах.

Знаходиться середня витрата рідини за час заміщення нафти водою

$$Q_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=0}^n Q_i}{n+1}. \quad (24)$$

Наведений алгоритм реалізований нами в програмі **NAF-VOD**, яка дає змогу для будь-якого положення зони контакту нафта-вода визначити режимні параметри роботи системи, обчислити середнє значення витрати послідовно транспортованих рідин і знайти загальну тривалість процесу звільнення від нафти ділянки нафтопроводу.

Методика і програма **NAF-VOD** використані нами для проведення гідравлічних розрахунків витіснення нафти водою з першої нитки нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк

Для подачі води у трубопровід використовувались насосна установка АН 261, змонтована на базі відцентрового насоса ЦНС 300-180, і насосна установка АН 501А, змонтована на базі відцентрового насоса ЦНС 400-210. Використовуючи паспортні характеристики насосів, знаходимо математичні моделі їх напірних характеристик

$$H_1 = 217 - 7129Q^2, \quad (25)$$

$$H_2 = 298 - 7130Q^2. \quad (26)$$

Зазначені вище насоси можуть працювати за різними схемами. Математична модель сумарної напірної характеристики групи насосів буде визначатись схемою їх спільної роботи.

Використовуючи розроблену нами програму **NAF-VOD**, виконуємо гідравлічні розрахунки процесу витіснення нафти водою з першої нитки нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк. При цьому розглядаємо різні схеми роботи насосних установок та різні технології подавання води у трубопровід. Процес витіснення нафти водою може бути одноетапним, при якому вода закачується у трубопровід насосними установками, розміщеними на 179 кілометрі траси нафтопроводу. При двоетапному процесі витіснення спочатку за допомогою насосної установки звільняється ділянка нафтопроводу, розміщена між 179 і 161 кілометрами траси нафтопроводу. Після цього насосні агрегати перебазовуються на 161 км траси і далі проводиться звільнення від нафти ділянки нафтопроводу, що залишилася. При триетапному процесі витіснення нафти водою після 161 кілометра траси насосні установки перебазовуються на 88 кілометр траси нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк.

Результати гідравлічних розрахунків процесу витіснення нафти водою з першої нитки нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк оформлені у вигляді технологічних карт та графічних залежностей. На графіках для кожного варіанта звільнення нафтопроводу від нафти наведені залежності годинної продуктивності, середньої швидкості, загальних втрат тиску і тривалості процесу витіснення від місця розташування зони контакту нафта-вода (кілометр траси нафто-

проводу Лисичанськ-Тихорецьк). Один із одержаних графіків наведений на рисунку 1.

У зв'язку з тим, що на 150 км трасі нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк є значне підвищення рельєфу з позначкою $z_{150} = 297$ м, то за певних режимів перекачування тут може ви-

го, окрім певної витрати рідини, є рівність нулю надлишкового тиску на підвищеній точці траси. Рівняння балансу тисків для підвищеної точки траси нафтопроводу набуває вигляду

$$P_{150} = P_{nc} - P_{\tau_{nc-150}} - \rho g(z_{150} - z_{nc}), \quad (28)$$

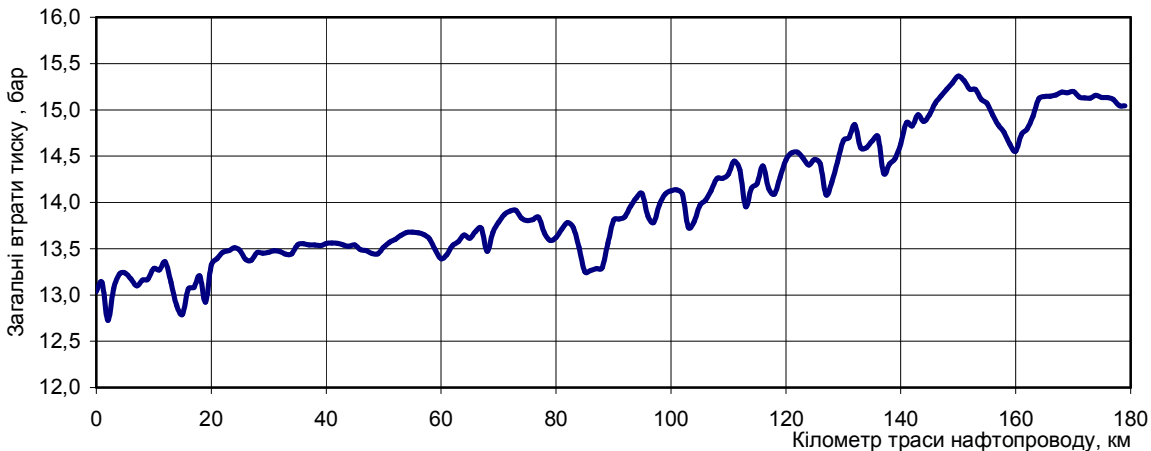


Рисунок - Залежність загальних втрат тиску нафтопроводі від місця знаходження зони контакту нафта-вода

никати перевальна точка з самопливною течією рідини за нею. Окрім того, при низьких тисках, створених насосними установками, сам процес перекачування рідини по рельєфному трубопроводу може стати неможливим. Використовуючи результати гідравлічних розрахунків за програмою **NAF-VOD**, перевіримо виконання нормального режиму перекачування рідин для різних схем роботи насосних установок та різних місць їх розташування на трасі нафтопроводу.

Визначимо максимальну витрату в трубопроводі, при якій нафта і вода можуть самопливно досягти кінця нафтопроводу за рахунок різниці геодезичних позначок 150 км траси і кінцевої точки. Рівняння балансу тисків для зазначених вище двох точок траси нафтопроводу має вигляд

$$P = \rho g(z_{150} - z_k) = P_{\tau_{150-0}} + P_{k_{min}}, \quad (27)$$

де: $P_{\tau_{150-0}}$ – втрати тиску від тертя на ділянці від 150 км до кінця трубопроводу, функція невідомої витрати рідини;

$P_{k_{min}}$ – мінімальне значення технологічно необхідного напору в кінці трубопроводу.

Використовуючи метод послідовних наближень, знаходимо верхню межу витрати нафти і води на ділянці нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк, при якій 150 км може стати перевальною точкою

$$Q_n = 830 \text{ м}^3/\text{год}, \quad Q_e = 1080 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Таким чином, при перекачуванні нафти при витратах менших за $830 \text{ м}^3/\text{год}$ і витратах води, менших за $1080 \text{ м}^3/\text{год}$, 150 км траси нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк може стати перевальною точкою. Додатковою умовою цю-

де: P_{nc} – тиск, створений насосною установкою при конкретному режимі перекачування, що визначається схемою роботи насосів і фізичними властивостями рідин, яка перекачуються нафтопроводом;

$P_{\tau_{nc-150}}$ – втрати тиску від тертя на ділянці, що розміщена між місцем розташування насосної установки і підвищенням траси, функція режиму перекачування та фізичних властивостей рідин;

z_{nc} – геодезична позначка місця розташування насосних установок.

Розрахунки засвідчили, що для першого варіанта, при якому на 179 км траси нафтопроводу працюють паралельно дві насосні установки АН 501А, забезпечується нормальний режим роботи, а саме: 150 км траси не стане перевальною точкою, і тиск насосів буде достатнім для подолання різниці геодезичних позначок найвищої і початкової точок траси нафтопроводу.

Для іншого варіанта, при якому послідовно працюють насосна установка АН 501А і дві паралельно з'єднані насосні установки АН 261, розрахований за формулою (28) надлишковий тиск на 150 км, близький до нуля, що свідчить про можливість утворення перевальної точки і самопливних ділянок за нею. Таким чином, виконані нами гідравлічні розрахунки довели недоцільність використання зазначеної схеми спільної роботи насосних установок як на 179, так і на 161 км траси нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк.

З точки зору гідравлічних міркувань оптимальним є використання схеми двох паралельно працюючих насосних установок АН 501 А для витіснення нафти водою з першої нитки

нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк. Допустимим є використання схеми паралельної роботи двох різнотипних установок АН 501 А і АН 261. При цьому можна застосувати як одноетапний, так і двоетапний процес витіснення нафти водою, які з точки зору гідродинаміки є практично рівноцінні. При переміщенні насосної установки на 88 км траси, який характеризується найнижчою геодезичною позначкою, процес витіснення нафти водою потребує значних витрат енергії на подолання гідростатичного тиску. Тому необхідність реалізації триетапного витіснення нафти водою може бути обгрунтована іншими, не гідравлічними причинами.

Нами виконаний аналіз технологічних карт гідравлічних параметрів процесу витіснення нафти водою з першої нитки нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк. Знайдена середня продуктивність (середня за процес витіснення годинна витрата нафти і води в трубопроводі), загальна тривалість процесу витіснення нафти за етапи і загалом, мінімальна і максимальна швидкість руху рідин у нафтопроводі, визначено, на якому кілометрі траси знаходиться зона контакту рідин при досягненні мінімальної і максимальної швидкості руху рідин відповідно, знайдена величина максимального тиску в трубопроводі.

3,2 млн. тонн щорічно [1]. Однією з важливих передумов освоєння нафтогазових ресурсів шельфу є побудова мережі міжпромислових та магістральних трубопроводів. Основні проблеми при спорудженні та експлуатації морських трубопроводів пов'язані зі значними глибинами морів, хвилюванням, течіями тощо. У процесі укладання підводних трубопроводів на великі

Результати гідравлічних розрахунків процесу витіснення нафти водою з рельєфного трубопроводу ввійшли як складова частина у проект звільнення від нафти першої нитки нафтопроводу Лисичанськ-Тихорецьк, який був успішно реалізований в 2002 році.

Література

1. Середюк М.Д. Розрахунок параметрів циклічного послідовного перекачування нафтопродуктів // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – №3. – С. 43-46.
2. Люта Н.В. Математична модель гідродинамічного режиму роботи нафтопроводу при послідовному перекачуванні нафт різних сортів // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 1999. – Вип. 36. – Т. 5. – С. 22-29.
3. Середюк М.Д., Люта Н.В. Обгрунтування вибору математичних моделей для коефіцієнта гідравлічного опору в нафтопроводах // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 2. – С. 35-38.

УДК 621.643.001.24

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПІДВОДНОГО ТРУБОПРОВОДУ ПРИ УКЛАДАННІ

О.М. Недбайло

Херсонський державний технічний університет, 73008, м. Херсон, Бориславське шосе, 24, тел. (0552) 230923, e-mail: kstu@tlc.ks.ua

Предложен метод определения компонентов напряженно-деформированного состояния, а также устойчивости и критического поведения элемента трубопровода при действии гидростатической нагрузки. Для исследования принята математическая модель, основанная на подходах Лагранжа и Эйлера, реализуемая численными методами. Рассмотрен процесс деформирования элемента трубопровода постоянной и переменной жесткости.

The components determination method of tensely deformed state, steadiness and critical behavior of the element of pipe under the influence of hydrostatically load is offered. A certain mathematical model, which is founded on Lagranzh's and Euler's approaches and which is realized by calculable methods is adopted for research. The process of deformation of the element of pipe with constant and variable hard is regarded.

Постановка проблеми

Розвиток техніки і технології розвідки та добутку нафти й газу із дна морів зумовив ефективність широкого освоєння вуглеводородних ресурсів континентального шельфу. В економічній зоні акваторій Чорного та Азовського морів виявлено і прогнозовано 400 об'єктів нафтогазодобутку. Згідно з програмою “Освоєння вуглеводневих ресурсів українського сектору акваторій Чорного та Азовського морів” видобуток нафти до 2015 року може збільшитись до

глибини виникають значні деформації та напруження, які при перевищенні певного рівня можуть призвести до текучості матеріалу або до втрати стійкості стінок труб. Тому розрахункове визначення напружень та деформацій у трубопроводі при його укладанні, а також перевірка міцності та стійкості є необхідними під час побудови підводних трубопроводів. Область застосування способів укладання підводних трубопроводів зануренням може бути розширена зі збільшенням допустимої глибини