

Секція: Технічні науки

Григорський Станіслав Ярославович

кандидат технічних наук,

доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоховищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

м. Івано-Франківськ, Україна

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСТУПОВОГО ВІНОСУ СКУПЧЕНЬ ВОДИ З ПОРОЖНИНИ НАФТОПРОВОДУ

Однією з причин ускладнень експлуатації нафтопроводів з пересіченим профілем траси, є наявність в їх порожнині скупчень води та газу. Займаючи певний об'єм на понижених ділянках трубопроводу, скупчення води призводять до зниження пропускної здатності та зростанню енерговитрат на транспортування нафти. Аналогічно негативний вплив на роботу нафтопроводу здійснюють газові скупчення (так звані “газові мішки”) в підвищених точках траси.

Скупчення води можуть утворюватися внаслідок довготривалих зупинок нафтопроводу, неповного видалення води під час проведення ремонту, випробування та пуску нафтопроводу в експлуатацію та перекачування нафти із певним вмістом води.

Утворення та накопичення газових скупчень в порожнині трубопроводу може відбуватися при зміні температури нафти, тривалому простої або аварійному споружненні трубопроводу, наявності перевальної точки на трасі, перекачуванні нестабілізованих нафт, а також в ряді інших випадків. Відомі різні способи видалення газових і водяних скупчень з порожнини трубопроводу: періодичний випуск скупчень через вантузи в точках перегину траси, пропуск механічних, в'язкопружних або гелеподібних роздільників. Однак, найбільш простий і технологічний

спосіб видалення скупчень газу і води за допомогою потоку нафти, що транспортується.

Видалення водяних скупчень із понижених ділянок нафтопроводу потоком транспортованої нафти можливе при двох режимах: крапельному (при поступовому розмиванні) і винесенні їх цілком (залповий винос) [1].

Для теоретичної оцінки початку процесу винесення водяних скупчень з порожнини трубопроводу запишемо диференціальне рівняння для гідравлічного нахилу i нафтопроводу [2]

$$i = \frac{dh}{dl} = - \frac{d}{dl} \left(y + \frac{p}{\rho_n \cdot g} + \frac{\alpha_k \cdot w^2}{2 \cdot g} \right), \quad (1)$$

де dh – елементарні втрати напору на ділянці нафтопроводу довжиною dl ;

y – вертикальна координата границі розділу вода-нафта, що відлічується від довільної горизонтальної площини (рис. 1);

p – надлишковий тиск в точці границі розділу;

ρ_n – густина транспортованої нафти;

g – прискорення сили тяжіння;

w – середня швидкість нафти в живому перерізі потоку;

α_k – коефіцієнт Коріоліса.

Середню швидкість руху нафти неповним перерізом в трубопроводі можна визначити за методикою, що наведена в роботі [3].

Відповідно до закону Паскаля для рідини, що перебуває в спокої можемо записати рівняння

$$y + \frac{p}{\rho_g \cdot g} = const, \quad (2)$$

де ρ_g – густина водяних скупчень.

З геометричних міркувань можемо записати

$$y = z + (D - H) \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

де z – ордината нижньої точки внутрішньої порожнини нафтопроводу, де знаходиться водяне скупчення;

D – внутрішній діаметр нафтопроводу;

H – глибина потоку нафти (відстань від верхньої точки внутрішньої порожнини трубопроводу до границі розділу вода-нафта);

α – кут нахилу висхідної ділянки нафтопроводу до горизонту.

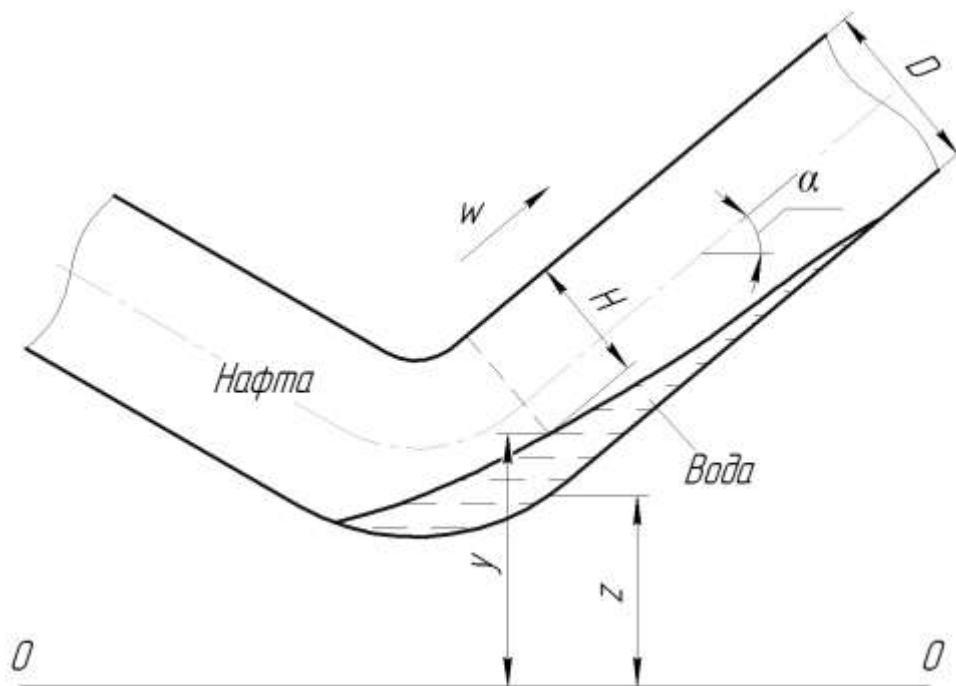


Рис. 1. Схема висхідної ділянки нафтопроводу із водяним скупченням

Із спільного розв'язку рівнянь (1)-(3) можна отримати необхідну умову винесення розмитих водяних скупчень у вигляді окремих крапель потоком нафти

$$i > \frac{\rho_v - \rho_n}{\rho_n} \cdot \sin \alpha. \quad (4)$$

Для того, щоб вся вода на висхідній ділянці нафтопроводу виносилась потоком більш легкої нафти, необхідно, щоб додатково виконувалась умова

$$H = D. \quad (5)$$

З фізичної точки зору виконання умов (4) та (5) означає, що рушійна сила (тяга) потоку нафти буде більшою за силу тяжіння, яка утримує водяні скупчення в нижніх точках перерізу висхідної ділянки нафтопроводу.

У випадку спільного руху рідини та газу в негоризонтальному трубопроводі або взагалі двофазного потоку з різними густинами компонентів при недостатній швидкості суміші можливо, що більш важкий компонент буде частково затримуватися у висхідній ділянці, а більш легкий – у низхідній.

Література

1. Селезнев В. Е., Алешин В. В., Прялов С. Н. Основы численного моделирования магистральных трубопроводов / Под ред. В. Е. Селезнева. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: МАКС Пресс, 2009. 436 с.
2. Лурье М. В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа / М. В. Лурье. М.: Нефть и газ, 2003. 335 с.
3. Середюк М. Д. Дослідження залежності ступеня заповнення самопливних ділянок від витрати і режиму руху нафти в трубопроводі // М. Д. Середюк, С. Я. Григорський // Нафтогазова енергетика: всеукр. наук.-техн. журн. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. 2014. № 2 (22). С. 98-104.