

УДК 622.691.4

Коляденко В.А., Соболева А.В., Кузнєцова Т.О., Недільський Д.В.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РУХУ ОЧИСНОГО ПОРШНЯ

Постановка проблеми у загальному вигляді. В нафтогазовій галузі важливо вміти правильно застосовувати на практиці вимоги нормативних документів, адже порушення їх вимог, як правило, призводить до аварійних ситуацій або відмов, супроводжується збільшенням матеріальних та часових ресурсів для подолання наслідків аварійної ситуації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розгляд питання проведено для очисних операцій після гідровипробування конденсатопроводу, параметри проведення яких регламентовано нормативним документом [1].

Таблиця 1 – Допустимі та нормативні величини відповідно до [1]

Параметр потоку	Значення
Швидкість переміщення поршня-розділювача під час видавлювання води (відповідно до п. 9.8), не менше	5,0 км/год
Максимально допустима швидкість поршня під час очистки підземних і наземних ділянок трубопроводів (відповідно до п. 7.17.9)	70 км/год
Максимально допустима швидкість поршня під час очищення надземних ділянок трубопроводів (відповідно до п. 7.17.15)	10 км/год
Мінімальний перепад тиску на очисному пристрої (відповідно до табл. 12.2)//втрати напору	0,1 МПа (1,0 кгс/см ²)//10 м
Втрати напору, віднесені до 1 км трубопроводу (відповідно до табл. Б.1)	10,491 м

Недотримання вимог цього нормативного документа призвело до застрягання поршня в порожнині трубопроводу в одному із його колін на якомусь орієнтовному кілометрі. Причиною цього могла стати як помилка розрахунку мас рідини, що має бути витиснена з трубопроводу після гідровипробування, так і зовнішні причини, наприклад, наявність будівельного сміття в порожнині трубопроводу, раптове падіння робочого тиску під час продування трубопроводу тощо.

Формулювання цілі статті. Основною метою роботи є перевірка можливості надання руху застряглому поршню за допомогою створення необхідного початкового тиску газу на ділянці трубопроводу, що очищається. В навчальному ж процесі основною метою є формування у майбутнього спеціаліста інженерного рішення на основі сукупного використання як нормативних документів, так і літературних джерел.

Виклад основного матеріалу досліджень. Вихідні дані до розрахунку представлено в табл. 2.

Таблиця 2 – Вихідні дані до розрахунку:

Параметр потоку	Значення
Довжина трубопроводу	27000 м
Технічна характеристика (діаметр x товщина стінки)	325x7 мм
Точка застрягання поршня (орієнтовно)	16000 м
Максимальний перепад висот на ділянці трубопроводу (від точки застрягання поршня до кінця трубопроводу)	24 м
Щільність поршня	500–600 кг/м ³
Вага поршня	25 кг
Тип поршня	Еластичний полімерний
Густина забруднень	1000 кг/м ³
Орієнтовна витрата природного газу для продування (очистки) трубопроводу	5000 м ³ /год (0,12 млн. м ³ /добу)
Основний вид виконуваних робіт	Витискання води із трубопроводу після гідровипробування
Орієнтовна витрата води, що витісняється	500 м ³ /год
Умови витіснення рідини	Витіснення води з порожнини трубопроводу здійснюється у ємності при атмосферному тиску
Температура робочого середовища	285 К
Коефіцієнт стискання газу	0,96

Алгоритм розрахунку наступний:

1. Розрахунок режиму початкового тиску в точці застрягання поршня-розділювача (згідно з вимогами додатку Б [1]).

Втрати тиску на продування цієї ділянки складатимуться з гравітаційних втрат на подолання нерівномірності рельєфу $h_{геод}$, втрат на тертя під час переміщення поршня опору $h_{оп}$, переміщення газу, води і забруднень $h_{тертя}$:

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot (h_{геод} + h_{оп} + h_{тертя}) = 1000 \cdot 9,81 \cdot (24 + 10 + 10,491 \cdot 11,0) = 1,132 \text{ МПа} = 11,55 \text{ кгс/см}^2. \quad (1)$$

Враховуючи те, що приймання води під час витіснення її еластичним поршнем-розділювачем здійснюється в умовах атмосферного тиску, мінімально допустима величина тиску на під час відновлення його руху на 16 км траси має становити

$$P_{роб} = 1,132 \text{ МПа або } 11,55 \text{ кгс/см}^2.$$

2. Розрахунок швидкості руху очисного пристрою

Лінійна швидкість руху очисного пристрою залежить від витрати природного газу з джерела або ресивера, технічної характеристики ділянки і параметрів тиску і температури [2]:

$$\omega = 0,0054 \frac{Q \cdot z_{cp} \cdot T_{cp}}{P_{роб} \cdot D_e^2}, \quad (2)$$

де Q – номінальна витрата газу, млн.м³/добу; z – коефіцієнт стисливості газу; T_{cp} – середня температура газу по трасі газопроводу, К; $P_{вх}$ – вхідний тиск в регулятор, МПа; D_e – внутрішній діаметр газопроводу, м.

$$\omega = 0,0054 \frac{Q \cdot z_{cp} \cdot T_{cp}}{P_{роб} \cdot D_e^2} = 0,0053 \frac{0,12 \cdot 0,96 \cdot 285}{1,132 \cdot 0,311^2} = 1,62 \text{ м/с} = 5,83 \text{ км/год.}$$

3. Визначення тиску в початковій точці трубопроводу

На ділянці до 16 км траси слід пропустити очисний пристрій, який рухатиметься під дією тиску природного газу, або створити умови для продування ділянки трубопроводу.

Початковий тиск в трубопроводі, що забезпечить проходження поршня із оптимальною швидкістю визначають за формулою [3]:

$$P_{поч} = n \cdot \left(\Delta p + \frac{P_{роб}}{\sqrt{1 - 2 \cdot a \cdot \omega^2 \cdot L}} \right), \quad (3)$$

де n – коефіцієнт запасу (приймаємо рівним 2); Δp – опір переміщенню очисного пристрою, МПа; $P_{роб}$ – робочий тиск в точці застрягання поршня-розділювача, МПа; L – довжина очищеної ділянки, м.

Коефіцієнт a визначають за формулою:

$$a = \frac{\lambda}{2 \cdot R \cdot T \cdot D}, \quad (4)$$

де λ – коефіцієнт гідроопору ділянки трубопроводу (приймаємо рівним 0,03); R – газова стала:

$$R = \frac{R_{пов}}{\Delta} = \frac{288}{0,6} = 480 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}, \quad (5)$$

де Δ – відносна густина газу за повітрям (для інженерних розрахунків газоконденсатних родовищ України, приймаємо рівним 0,6).

$$a = \frac{\lambda}{2 \cdot R \cdot T \cdot D} = \frac{0,03}{2 \cdot 480 \cdot 285 \cdot 0,311} = 3,526 \cdot 10^{-7};$$

$$P_{\text{поч}} = n \cdot \left(\Delta p + \frac{P_{\text{роб}}}{\sqrt{1 - 2 \cdot a \cdot \omega^2 \cdot L}} \right) =$$

$$= 2 \cdot \left(0,1 + \frac{1,132}{\sqrt{1 - 2 \cdot 3,526 \cdot 10^{-7} \cdot 1,62^2 \cdot 16000}} \right) = 2,498 \text{ МПа} = 25,48 \text{ кгс/см}^2.$$

4. Визначення необхідної продуктивності подачі газу

Нормативним документом обмежено швидкість пропускання поршня для лінійних ділянок підземного та надземного типу від 5 км/год до 10 км/год, продуктивність, що відповідатиме таким швидкостям, знаходитиметься в межах:

$$Q_{\text{необ}} = 185,2 \frac{\omega \cdot P_{\text{роб}} \cdot D^2}{z \cdot T} = 185,2 \frac{(1,392 \div 2,785) \cdot 1,132 \cdot 0,311^2}{0,96 \cdot 285} \quad (6)$$

$$= 0,1032 \div 0,2064 \text{ млн. м}^3 / \text{добу} = 4300 \div 8600 \text{ м}^3 / \text{год} = 71,7 \div 143,3 \text{ м}^3 / \text{хв}.$$

Висновки. Отже, створивши певний початковий тиск на рівні 2,5 МПа, поршню буде надано оптимальної швидкості, яка забезпечить переміщення рідини перед ним в пробковому режимі і повне витискання останньої з порожнини трубопроводу.

Розрахункові параметри потоку представлено в табл. 3.

Таблиця 3 – Розрахункові параметри потоку

Параметр потоку	Значення
Початковий тиск в трубопроводі	(2,5 МПа) 25,48 кгс/см ²
Тиск в точці застрягання очисного пристрою для відновлення його руху і виштовхування води	(1,13 МПа) 11,55 кгс/см ²
Необхідна витрата газу для забезпечення оптимальної швидкості очисного поршня	4,3÷8,6 тис.м ³ /год

Розрахунок, в якому використано реальні дані організації-підприємця виконання робіт, може бути використано в рамках курсів технології проектування об'єктів нафтогазової галузі, технології проведення певного виду робіт або спорудження протяжних об'єктів для транспортування вуглеводневих потоків з метою формування у майбутнього спеціаліста галузі інженерних та технічних рішень, суть яких базується на системному аналізі діючих нормативних документів та теоретичних основ збору і транспорту вуглеводнів, зокрема рівнянь стану природного газу, нерозривності потоку, балансу повної енергії та основного рівняння трубопроводів.

Література

1. ВБН В. 2.3.-00013741-09:2009 Магістральні трубопроводи. Будівництво. Лінійна частина. Очищення порожнини та випробування.

2. Деточенко А.В. Спутник газовика / А.В. Деточенко, А.Л. Михеев, М.М. Волков.– М: Недра. 1978. – 311 с.

3. Чирсков В.Г. Строительство магистральных трубопроводов. Справочник / В.Г. Чирсков, В.Л. Березин, Л.Г. Телегин и др. М.: Недра. 1991. – 475 с.

Bibliography (transliterated)

1. VBN V. 2.3.-00013741-09:2009 Magistralni truboprovodi. Budivnitstvo. Liniyna chastina. Ochischennya porozhnini ta viprobuvannya.

2. Detochenko A.V. Sputnik gazovika A.V. Detochenko, A.L. Miheev, M.M. Volkov.– М: Nedra. 1978. – 311 p.

3. Chirskov V.G. Stroitelstvo magistralnyih truboprovodov. Spravochnik V.G. Chirskov, V.L. Berezin, L.G. Telegin i dr. М.: Nedra. 1991. – 475 p.

УДК 622.691.4

Коляденко В.А., Соболева А.В., Кузнецова Т.О., Недельский Д.В.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ОЧИСТНОГО ПОРШНЯ

На основе анализа и систематизации требований нормативных документов и научно-технической литературы разработана и реализована на практике методика определения начального давления, необходимого для приведения в движение застрявшего в трубопроводе очистного поршня. Обоснована оптимальная скорость очистного поршня на уровне 4–8 м/с и возможность использования энергии природного газа для очистки трубопроводов после гидроиспытания.

Kolyadenko V.A., Sobolev A.V., Kuznetsova T.S., Nedelsky D.V.

CALCULATION OF PIG MOVEMENT PARAMETRES

On the basis of analysis and systematization of regulatory requirements and scientific and technical literature a method of determining the initial and required to start the movement pig jammed in the pipeline pressure was developed and put into practice. The optimal speed of the pig at 4–8 m / s and the use of natural gas energy for pigging pipelines after testing was substantiated.