

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ХОДІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАФТОВИХ РЕЗЕРВУАРІВ

О.В.Паневник

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 42331
e-mail: public@nung.edu.ua

Запропоновано схему утилізації парів нафти і газу, які виділяються в газовий простір нафтового резервуара. Для силового приводу струмінного апарата використаний напір, що створюється стовпом нафти в резервуарі. Приведена система рівнянь, розв'язок яких дозволяє визначити оптимальні конструкторські та режимні параметри експлуатації ежекційної системи.

Предложена схема утилизации паров нефти и газа выделяемых в газовое пространство нефтяного резервуара. В качестве силового привода струйного аппарата использован напор, создаваемый столбом нефти в резервуаре. Приведена система уравнений, решение которых позволяет определить оптимальные конструкторские и режимные параметры эксплуатации эжекционной системы.

The chart utilization of steams oil and gas is offered selected in gas space of oil reservoir. As a power drive of jet system is used pressure post of oil in a reservoir. The system of equalizations the decision of which allows to define the optimum designer and regime parameters of the service jet system.

В ході експлуатації резервуарних парків та технологічного обладнання підприємств забезпечення нафтопродуктами можливе забруднення повітряного басейну, водоймищ та джерел питної води, ґрунтових вод та земель сільськогосподарського призначення. Серед об'єктів систем збору та підготовки нафти нафтові резервуари є найбільшим забруднювачем атмосфери. Забруднення навколишнього середовища парами вуглеводнів спостерігається поблизу промислових резервуарів нафтопереробних заводів і нафтобаз, автозаправних станцій та зливно-наливних естакад. В цих районах виявлено підвищену частоту захворювань органів дихання, крові, серцево-судинної системи у населення, а також в 2-3 рази більша схильність до інфекційних захворювань. Додатковою небезпечкою є утворення в зоні „аеродинамічної тіні” нафтового резервуара [1] області підвищеної концентрації парів нафти і газу, де за певних умов можуть утворюватись вибухонебезпечні суміші. Нафтові резервуари, таким чином, є об'єктами вибухопожежонебезпеки. Періодичні викиди парів нафти і газу призводять до значних втрат нафтопродуктів. Суттєві економічні збитки, екологічне навантаження на навколишнє середовище та можливість виникнення вибухів та пожеж свідчать про актуальність досліджень, спрямованих на підвищення безпеки експлуатації нафтових резервуарів.

Проаналізуємо відомі результати досліджень, в яких започатковане розв'язання даної проблеми.

Методи зниження втрат вуглеводнів під час випаровування нафти з товарного резервуара умовно можна поділити на три групи:

- 1) попередження випаровування нафти;
- 2) зменшення інтенсивності випаровувань;
- 3) уловлювання продуктів випаровування нафти.

Одним із заходів боротьби з втратами легких фракцій нафти в резервуарі є використання

плаваючих дахів та понтонів [2], які суттєво зменшують об'єм газового простору і інтенсивність періодичних викидів парів нафти і газу. Недоліком таких пристроїв є їх значна металомісткість, складність конструкції та недостатня надійність.

Застосування зовнішнього променевідбиваючого фарбування корпусу та даху резервуара [3] дає змогу зменшити поглинання енергії нафтопродуктами, амплітуду коливання температури та витрати парів нафти і газу. Разом з тим досягається зменшення корозії металу та підвищується термін експлуатації резервуара. Даний спосіб боротьби з втратами легких фракцій нафтопродуктів, однак, має обмежену ефективність і може розглядатись скоріше, як додатковий, а не основний захід.

Газовирівнювальні системи дають змогу здійснювати перерозподіл пароповітряної суміші між сусідніми резервуарами, газовий простір яких зв'язаний газопроводами. Ефективність скорочення втрат нафтопродуктів при застосуванні газової обв'язки повністю залежить від синхронизування операцій наповнення та випаровування сусідніх резервуарів, що не завжди реалізується на практиці. Включення в газовирівнювальну систему додаткових газозбірників значно ускладнює конструкцію та знижує її надійність.

Ефективний метод боротьби із загазованістю повітряного середовища резервуарних парків – уловлювання парів нафти і газу, що витікають в атмосферу. Сьогодні відомо декілька варіантів технічних рішень, заснованих на досвіді роботи окремих підприємств нафтогазової промисловості. Найбільш перспективний спосіб попередження викидів газу і парів нафти в повітряне середовище – це герметична обв'язка резервуарів і примусове відкачування з них продуктів випаровування вуглеводнів. Цей процес може здійснюватись за допомогою насосно-ежекторної установки. Підвищення тиску інжек-

тованого потоку без допомоги безпосередньої витрати механічної енергії є основною, принциповою властивістю струминних апаратів. Завдяки цій особливості використання струминних апаратів в багатьох галузях техніки дає змогу отримувати більш прості і надійні технічні рішення порівняно з використанням механічних нагнітачів (компресорів, насосів, вентиляторів тощо), проста схема включення струминних апаратів до різних установок поряд з виключною простотою їх конструкції, а також нескладністю їх виготовлення забезпечили широку область використання цих апаратів в техніці. Всмоктувальна лінія струминного апарата з'єднується з сепаратором, а робочий потік створюється за допомогою відцентрового насоса [4, 5]. В приймальній камері струминного апарата створюється зона низького тиску, внаслідок чого виникають умови для відсмоктування відсепарованого газу. Змішаний потік з розчиненим газом після виходу з напірної лінії струминного апарата подається на сепаратор. Відома також конструкція ежекційної системи, в якій для робочого потоку використовується газ високонапірної свердловини [6]. Досвід застосування насосно-ежекторних установок свідчить про їх високу ефективність, однак необхідність використання для створення робочого потоку додаткових технічних засобів у вигляді відцентрових насосів обмежує поширення систем уловлювання нафти і газу даного типу. Створення високонапірного газового робочого потоку вимагає наявності газових свердловин або додаткового обладнання у вигляді компресорів. Завдання подальших досліджень, таким чином, полягає у вдосконаленні існуючих схем насосно-ежекторних установок уловлювання парів нафти і газу шляхом визначення автономного джерела робочого потоку струминного апарата.

Згідно із запропонованою схемою для подавання робочої рідини використовується гідростатичний напір нафти в резервуарі, до якого підключено струминний апарат. Враховуючи, що робоча лінія струминного апарата підключена в нижній частині резервуара, напір робочого потоку визначається рівнем нафти, її густиною та надлишковим тиском в газовому просторі. Типова схема збору нафти і газу з використанням для утилізації парів нафти і газу струминних апаратів зображена на рис. 1.

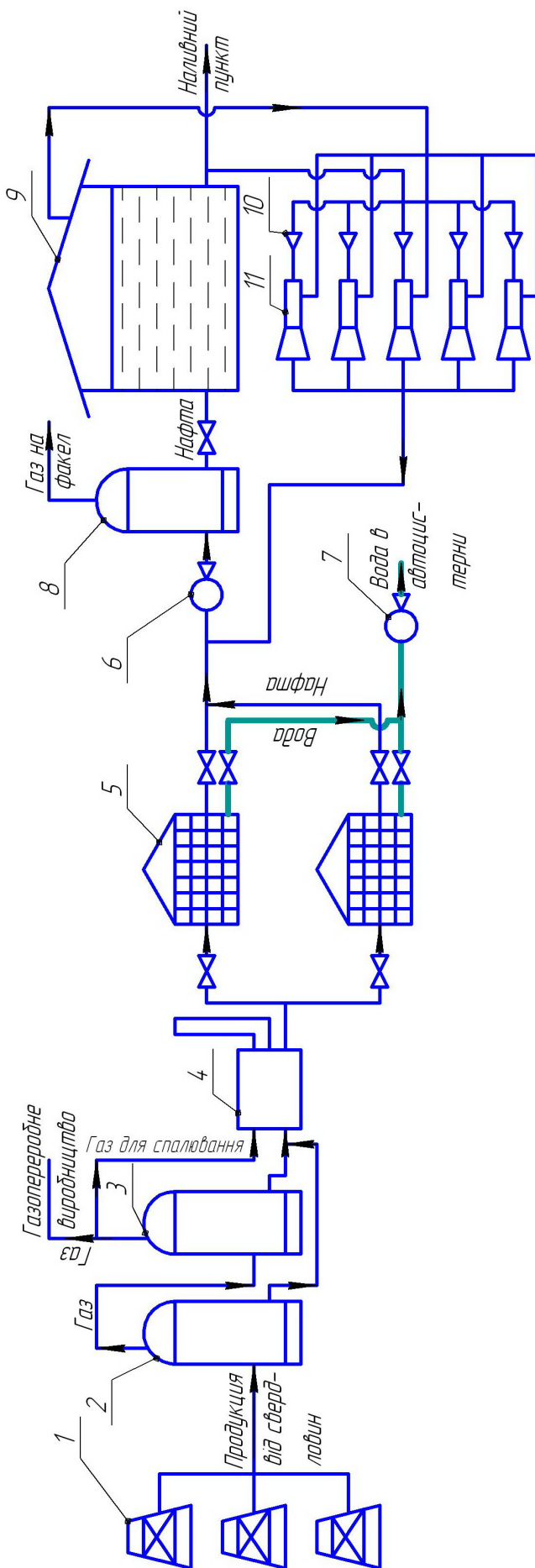
Продукція нафтових свердловин 1 надходить на трапну установку 2, де газ відсепарується від нафти. Далі відсепарований газ надходить в газовий сепаратор 3, а водонафтова емульсія – на трубний підігрівач 4. Після нагрівання водонафтова емульсія прямує на замірні ємності 5, де відбувається відокремлення води від нафти. З ємностей 5 вода насосом 7 подається в автокстерни, а нафта насосом 6 – на кінцеву трапну установку 8, де відбувається завершальний етап сепарації. Відділений в сепараторі 8 газ може спалюватись на факелі, а нафта подається в резервуар 9 для зберігання, звідки згодом надходить до наливного пункту. Завдяки особливостям використання резервуа-

рів над вільною поверхнею нафти утворюється газ, який утилізується за допомогою декількох струминних насосів 11. Струминні насоси за допомогою системи трубопроводів під'єднані до нижньої частини резервуара 9. Всмоктувальна лінія ежекційної установки сполучається з газовим простором резервуара, а напірна лінія – з всмоктувальним трубопроводом відцентрового насоса 6. Рух робочої рідини (нафти) здійснюється під дією напору нафти в резервуарі. Робоча рідина після проходження робочих насадок з високою швидкістю надходить в приймальну камеру струминного насоса. Потенціальна енергія стовпа рідини перетворюється в кінетичну енергію руху робочого потоку, що супроводжується зниженням тиску в приймальній камері струминного насоса. Внаслідок створення різниці тисків пари нафти і газу з газового простору резервуара надходять в приймальну камеру струминного насоса. В камері змішування струминного насоса відбувається процес змішування нафти робочого потоку з середовищем газового простору резервуара, після чого змішаний газорідний потік надходить в дифузор, де відбувається відновлення потенціальної енергії газонафторідинної суміші. Після виходу з дифузора, змішаний потік подається у всмоктувальну лінію відцентрового насоса 6 і далі прямує на сепаратор 8.

Запропонована схема уловлювання парів нафти і газу має здатність до саморегулювання. У випадку зростання тиску парів нафти і газу в газовому просторі відбувається підвищення витрати газової суміші, яка надходить в приймальну камеру струминного насоса. Зниження тиску в газовому просторі резервуара, відповідно, знижує витрату інжектваного потоку струминного насоса. Змішаний режим роботи ежекційної системи забезпечує вирівнювання тиску в газовому просторі резервуара.

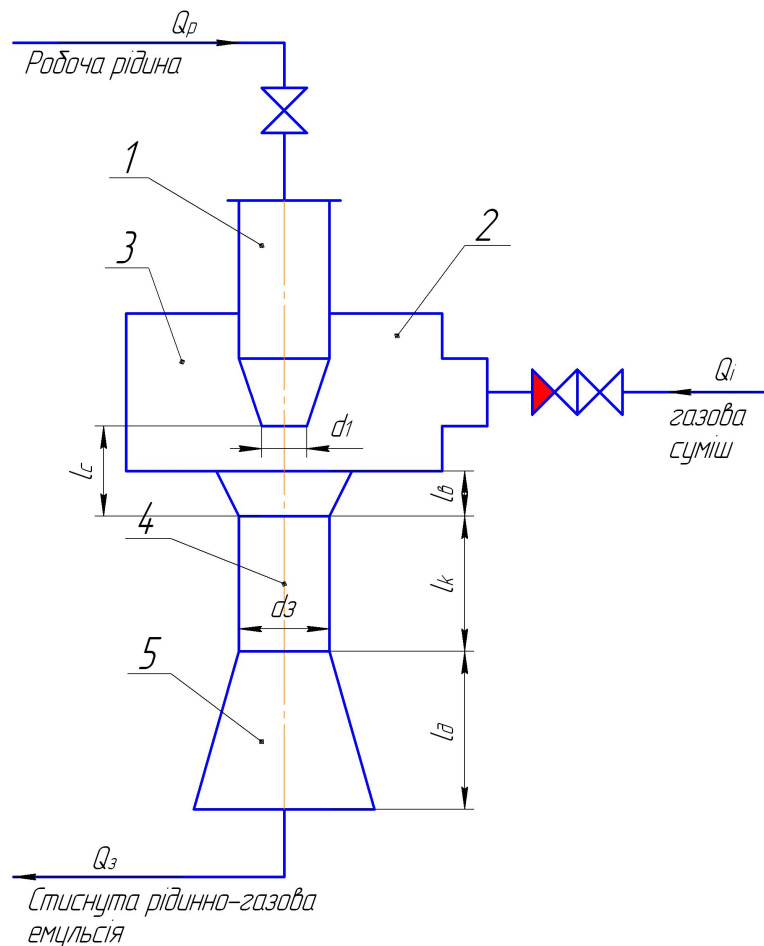
Принципова схема струминного апарата для утилізації парів нафти і газу зображена на рис. 2. з такими позначеннями: Q_p , Q_i , Q_3 – витрата відповідно робочого, інжектваного та змішаного потоків; l_c – відстань між робочою насадкою струминного насоса і камерою змішування; l_B – довжина вхідної ділянки камери змішування; l_K – довжина камери змішування; l_D – довжина дифузора; d_1 , d_3 – діаметр відповідно робочої насадки та камери змішування.

Низький ККД – основний недолік використання струминного апарата, який в реальних умовах може не перевищувати 15-20%. Робочий процес струминного апарата вирізняється значними втратами енергії на змішування і втратами в елементах ежекційної системи, які зумовлюють невисокий ККД гідромашини, внаслідок чого підвищуються вимоги до створення умов, що забезпечують найбільшу ефективність її роботи. Необхідність експлуатації струминного насоса в оптимальному режимі є обов'язковою умовою ефективного використання ежекційної системи. На основі аналізу досвіду практичного застосування струминних



1 – свердловина; 2 – трап; 3 – газовий сепаратор; 4 – трубний підігрівач; 5 – мірна ємність; 6 – насос для відкачування нафти; 7 – насос для відкачування води; 8 – кінцева трапна установка; 9 – резервуар; 10 – зворотний клапан.

Рисунок 1 – Типова схема збору нафти і газу



1 – робоча насадка; 2 – всмоктувальний патрубок; 3 – приймальна камера; 4 – камера змішування; 5 – дифузор

Рисунок 2 – Схема рідинно-газового струминного апарата

апаратів, автором встановлено залежності ККД ежекційної системи від основних безрозмірних геометричних розмірів проточної частини гідромашини: співвідношення діаметрів камери змішування та робочої насадки, відстані між робочою насадкою та камерою змішування, довжини камери змішування (рис.3). Проведеними дослідженнями встановлено значну залежність енергетичних показників роботи ежекційної системи від конструктивних параметрів струминного насоса. Наведені залежності свідчать про актуальність проведення досліджень, спрямованих на визначення умов, що забезпечують роботу струминного насоса в області максимальних значень ККД. Такі умови можуть бути забезпечені у разі вибору раціональних співвідношень конструктивних та режимних параметрів ежекційних систем. Оптимальні умови використання струминних апаратів описують системою рівнянь

$$\left(\frac{f_3}{f_{p1}}\right)_{\text{ОПТ}} \approx \frac{\Delta P_p}{\Delta P_3} = \frac{P_p - P_i}{P_3 - P_i}; \quad (1)$$

$$\left(\frac{l_K}{d_1}\right)_{\text{ОПТ}} = 15 \cdot \left(\frac{f_3}{f_1} - 1\right); \quad (2)$$

$$\left(\frac{l_c}{d_1}\right)_{\text{ОПТ}} = 1,0 - 1,5, \quad (3)$$

де: f_3, f_{p1} – площі перерізу відповідно камери змішування та робочої насадки струминного апарата;

ΔP_p – різниця тисків робочого потоку;

ΔP_3 – різниця тисків, що створюються струминним насосом;

P_p, P_3, P_i – тиски відповідно робочого, змішаного та інжектваного потоків;

l_K – довжина камери змішування;

d_1 – діаметр робочої насадки струминного апарата;

l_c – відстань між робочою насадкою та камерою змішування.

За рівняннями (1) – (3) визначатимемо основні геометричні розміри струминного апарата. Оптимальні режимні параметри струминного апарата можуть бути визначені шляхом розв'язання системи рівнянь

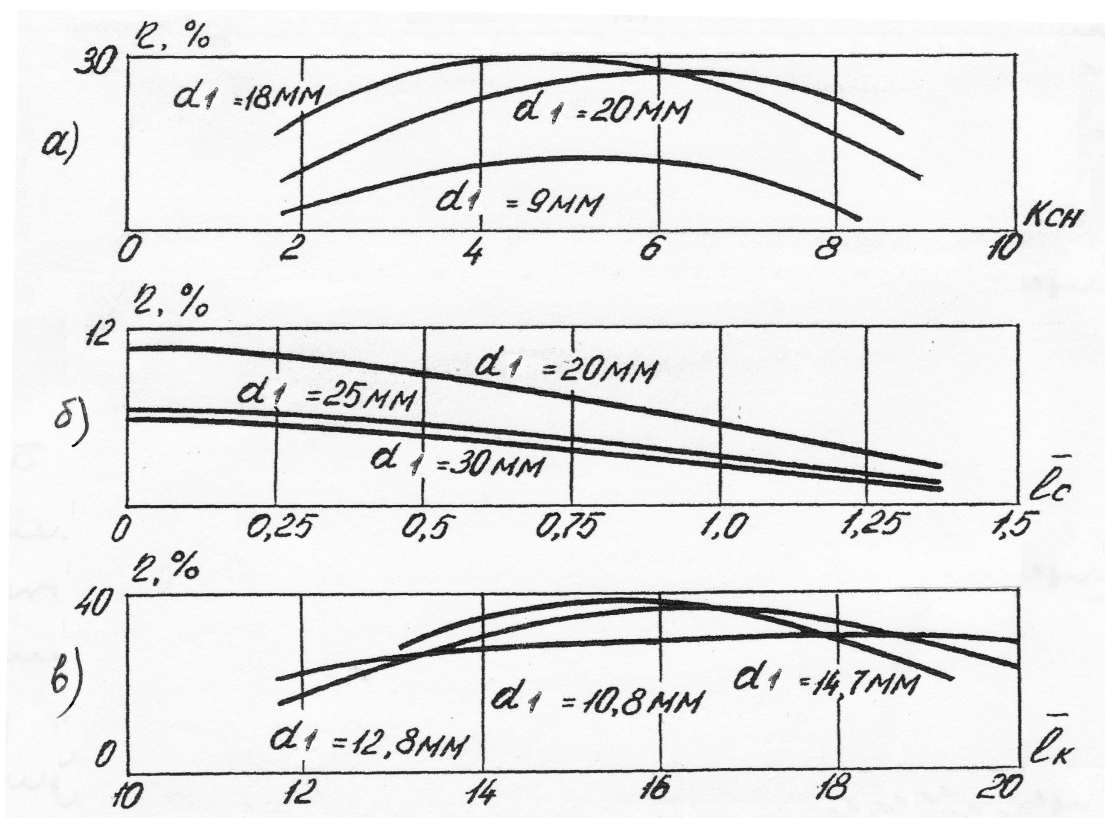


Рисунок 3 – Залежність ККД струминного апарата від величини геометричного параметра (а), відстані між насадкою і камерою змішування (б) та довжини камери змішування (в)

$$\eta = \frac{h \cdot i}{1 - h}; \quad (4)$$

$$h = \frac{\Delta P_3}{\Delta P_p} = \varphi_1^2 \cdot \frac{f_1}{f_3} \cdot \left[2\varphi_2 - (2 - \varphi_3^2) \cdot \frac{f_1}{f_3} \cdot (1 + i)^2 \right]; \quad (5)$$

$$h = f(l, Q, P), \quad (6)$$

де: η – коефіцієнт корисної дії струминного апарата;

h – відносний напір струминного апарата;

i – коефіцієнт інжекції;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – коефіцієнти швидкостей потоків в робочій насадці, камері змішування та дифузори струминного апарата;

L, Q, P – лінійні розміри, витрата та тиск в елементах гідравлічної системи струминного апарата.

Рівняння (4) визначає енергетичну, а рівняння (5) – напірну характеристику струминного апарата. Рівняння (6) характеризує характеристику гідравлічної системи струминного апарата. Вигляд рівняння (6) не відомий і може бути встановлений в процесі майбутніх досліджень. Слід зауважити, що для визначення вигляду рівнянь (1) – (6) враховані рекомендації Соколова Е. Я. [7]

Розробка рекомендацій щодо проектування та експлуатації струминних апаратів для утилізації парів нафти і газу потребує розробки математичної моделі робочого процесу ежекційної системи, що є завданням подальших досліджень.

Література

1 Нугаев Р.Я. Безопасная эксплуатация нефтепромысловых объектов / Р.Я.Нугаев, А.Х.Шарипов. – М.: Недра, 1990. – 208 с.

2 Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды / Г.С.Лутошкин. – М.: Недра, 1977. – 192 с.

3 Байков Н.М. Сбор, транспорт и подготовка нефти / Н.М.Байков, Б.В.Колесников, П.И.Челпанов. – М.: Недра, 1975. – 247 с.

4 Донец К.Г. Гидроприводные струйные компрессорные установки / К.Г.Донец. – М.: Недра, 1990. – 174 с.

5 Дроздов А.Н. Утилизация попутного газа в нефтепромысловом сборе с использованием струйного аппарата / А.Н.Дроздов, М.А.Мохов, Л.В.Осичева, Х.Х.Хабибуллин // Нефтепромысловое дело. – 2004. – №5. – С.37 – 39.

6 Хохлов В.А. Применение струйных насосов для утилизации нефтяных газов / В.А.Хохлов // Нефтепромысловое дело. – 2005. – №3. – С.104 – 105.

7 Соколов Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я.Соколов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

Стаття поступила в редакційну колегію
25.12.08

Рекомендована до друку професором
Я. М. Семчуком