

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ВИБІР ОЧИСНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ПОРОЖНИНИ ТРУБОПРОВОДІВ

Р.М. Кондрат, А.В. Угриновський, В.С. Петришак, Т.С. Сапожкова

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42195,
e-mail: public@nuing.edu.ua*

Забезпечення стабільної роботи газових і газоконденсатних свердловин є надзвичайно актуальним завданням сьогодення. Це досягається підвищенням ефективності експлуатації газопроводів (шлейфів свердловин) шляхом очищення їх внутрішньої порожнини від скупчень рідини.

В контексті роботи виконано аналіз різноманітних конструкцій механічних очисних пристроїв, їх характерні особливості, а також поршнів на основі гелів, які використовуються на практиці для очищення трубопроводів від різного роду забруднень. Також розроблено новий склад саморуйнуючого в'язкопружного очисного поршня та проведено відповідні лабораторні дослідження для визначення часу його розчинення у воді, конденсаті та суміші води з конденсатом за різного вмісту спінуючої поверхнево-активної речовини.

За результатами проведених лабораторних досліджень передбачається провести дослідно-промислово випробування запропонованого складу саморуйнуючого в'язкопружного очисного поршня на лініях свердловин.

Ключові слова: пристрій, вода, газ, свердловина, поршень, шлейф, дослідження

В настоящее время обеспечение стабильной работы газовых и газоконденсатных скважин является чрезвычайно актуальной задачей. Это достигается повышением эффективности эксплуатации газопроводов (шлейфов скважин) путем очистки их внутренней полости от скопленной жидкости.

Проанализировано различные конструкции механических и очистных устройств, рассмотрены их характерные особенности, а также поршней на основе гелей, использующихся на практике для очистки трубопроводов от различного рода загрязнений. Также разработан новый состав саморазрушающегося в'язкопружного очистительного поршня и проведены соответствующие лабораторные исследования с целью определения скорости растворения его в воде, конденсате и водном растворе конденсата по содержанию вспенивающих поверхностно-активных веществ.

По результатам проведенных лабораторных исследований предполагается провести опытно-промышленные испытания предложенного состава саморазрушающегося в'язкопружного очистительного поршня на выкидных линиях скважин.

Ключевые слова: устройство, вода, газ, скважина, поршень, шлейф, исследования

Providing of stable operation of gas and gas condensate wells is extremely important task at present. This could be achieved by increasing of gas pipeline operation efficiency through fluid accumulation pigging.

The analysis of different mechanical cleaning devices constructions, their characteristics, and gel-based pigs used in practice for cleaning pipelines from various contaminants have been developed in the context of the study. Also, a new composition self-destroying visco-elastic pig has been developed and relevant laboratory tests have been conducted to determine the time of its dissolution in water, condensate, and water-and-condensate mixture at different content of the foaming surfactant.

The results of the laboratory studies are expected to be used for pilot testing of the developed self-destroying visco-elastic pig at well flow lines.

Keywords: device, water, gas, wells, pig, loops, research

Природний газ, який рухається по шлейфах газових свердловин, несе з собою пісок, окиси заліза, воду, вуглеводневий конденсат та ін. Тверді і рідкі домішки осідають в понижених ділянках газопроводу і в інших місцях, де наявні відповідні умови, що призводить до зменшення живого перерізу трубопроводу, зниження його пропускної здатності і збільшення втрат тиску при русі газового потоку. Накопичення води і конденсату в газопроводі в осінньо-зимовий період може призвести до утворення гідратних і льодяних корків, що значно зменшує пропускну здатність, а в деяких випадках може призвести до повного закупорювання газопроводу.

Експлуатація шлейфів свердловин підземних сховищ газу ще більше ускладнюється за рахунок утворення в них щільних піщано-масляних відкладень.

На сьогоднішній день для проведення очищення газопроводів розроблено і широко використовується на практиці велика кількість різноманітних конструкцій очисних пристроїв за допомогою скребків, розділювачів, поршнів. Пристрої (поршні), які розроблені для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів, можна розділити на механічні і хімічні (на основі гелів).

Механічні пристрої можна розділити за способами очищення внутрішньої порожнини трубопроводів за рахунок повздовжнього руху, поздовжньо-обертового руху, гідроімпульсного, кінетичної енергії струменя робочого середовища, кавітації. Як очисні елементи застосовуються еластичні елементи, металічні щітки та різці.

Однією із перших відомих конструкцій очисного пристрою є очисна куля (рис. 1), яка

являє собою товстостінну гумову сферу і використовується для видалення із трубопроводу різних відкладень і корків, в тому числі частинок металу і окалин, що утворились в результаті безперервної корозії трубопроводу [1].

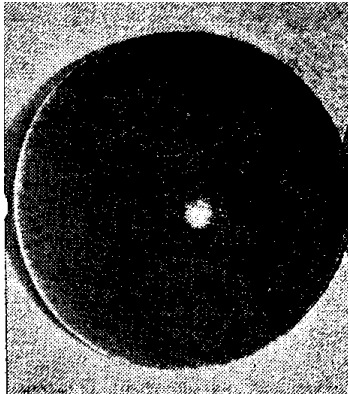


Рисунок 1 – Гумова очисна куля

На сьогоднішній день більш ефективними є очисні кулі у вигляді порожнинної сферичної оболонки з горловиною для заповнення порожнини нестисливою рідиною, в якості якої найчастіше використовують вапняне молоко або відпрацьоване масло. Після заповнення горловина закривається корком. Виготовляють їх з гуми або з інших еластомірних матеріалів, наприклад, неперену.

Розроблено ряд вдосконалених конструкцій порожнистого гумового пристрою [2, 3]. Згідно з патентом [2] у пристрої для очищення внутрішньої порожнини трубопроводу, виконаному у вигляді кулеподібної оболонки з еластомірного матеріалу, який має вентиль для подачі всередину повітря та/або рідини і герметизації оболонки, внутрішній діаметр трубопроводу (D_r) та зовнішній діаметр пристрою (D_n) при атмосферному тиску приймають у такому співвідношенні:

$$0,8 D_n < D_r < 1,75 D_n,$$

а відносно видовження при розриві та опір розриву еластомірного матеріалу приймають у межах 350-1050% та 39-129 кН/м відповідно. Еластична кулеподібна оболонка з гуми легко змінює форму при проходженні звужень, крутих поворотів під кутом 90° та різних нерівностей на стиках трубопроводів. Така кулеподібна пружна високоміцна оболонка має податливу форму, що дає змогу без значних зусиль під дією зовнішнього тиску робочого середовища приймати форму внутрішньої поверхні трубопроводу. У звуженнях трубопроводу кулеподібна оболонка легко перетворюється в еліпсоподібну, що дає можливість розширити діапазон діаметрів очищувальних трубопроводів одним пристроєм.

В іншому пристрої для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів [3] з багатшаровою еластичною оболонкою із зовнішнім захисним шаром, яка заповнюється пружним або текучим середовищем, між шарами внутрішньої гумової оболонки є несуча армуюча оболонка. Вона виконується з гумово-кордних ша-

рів, покладених шарами із взаємопересічним напрямком ниток корду, закроених під кутом $45 \pm 15^\circ$. Зовнішній захисний шар виконаний із спеціальної гуми з поверхневим, на глибину 2-5 мм заповненням його шкребковими елементами у вигляді металевої крихти і дробу. Оболонка має сферичну форму і вентильно-запірну арматуру і виконана у вигляді кульового поршня. Загальна товщина стінки оболонки ($h_{ст}$) і товщина зовнішнього захисного шару ($h_{зс}$) мають такі співвідношення із зовнішнім радіусом кульового поршня R_n :

$$0,1 R_n \leq h_{ст} \leq 0,4 R_n,$$

$$0,02 R_n \leq h_{зс} \leq 0,08 R_n.$$

На думку авторів, запропонований кульовий пристрій [3] володіє підвищеною міцністю і надійністю та багатократною використанням. Висока якість очищення та ефективність застосування підтверджена випробуванням натурних зразків пристроїв діаметром 298 мм і 397 мм.

Кулеподібні порожнисті гумові кулі порівняно з поршнями дають можливість очистити трубопроводи змінного діаметра, з крутозігнутими відводами радіусом менше ніж 1,5 діаметра, і з нерівномірною арматурою в умовах складного рельєфу місцевості. Але суттєвим їх недоліком є невелика поверхня контакту з внутрішньою порожниною трубопроводу, що зменшує ступінь його очищення.

Ефективнішим щодо повнішого видалення рідини з трубопроводу є еластичні поршні (рис. 2), які являють собою циліндри, виготовлені з еластичного матеріалу, що рухаючись під тиском газу по газопроводу, не тільки виштовхують рідинні корки, але й витирають внутрішню поверхню труб від наведеної шорсткості. Практично їх діаметр становить 1,3-1,5 внутрішнього діаметру газопроводу, а довжина 2,0-2,5 діаметри. Торцеві перерізи пристрою насичують клеями для запобігання проникності рідини та газу [1].

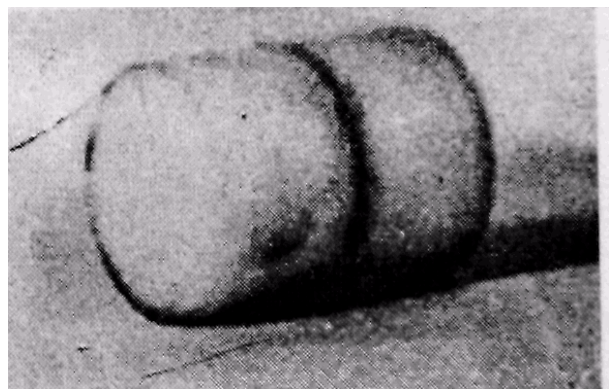
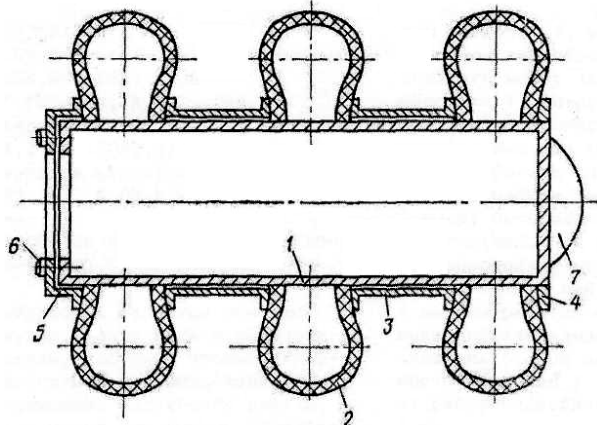


Рисунок 2 – Еластичний поршень типу ДЗК

Завдяки еластичності матеріалу, поршні типу ДЗК (аббревіатура за прізвищами авторів Дімер-Зубов-Клімовський) володіють високою прохідністю складних ділянок траси газопроводу. Однак, характеристики міцності при цьому не високі, тому на протяжних ділянках траси газопроводу часто відбувається їх руйнування,

особливо коли у внутрішній порожнині трубопроводу знаходяться тверді предмети. Для підвищення міцності еластичних поршнів їх підсилюють вставками з гуми чи пінополіуретану. Однак, використовувати їх для очищення газопроводу перед введенням в експлуатацію не рекомендується.

Для підвищення якості очищення трубопроводів в пристрої, представленому на рис. 3, реалізується процес регулювання зусилля притискання очисних елементів до внутрішньої поверхні трубопроводу.



1- корпус, 2- кільцеві очисні елементи, 3- розпірні втулки, 4- нерухома опорна шайба, 5- рухома опорна шайба, 6- болтове з'єднання

Рисунок 3 – Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів повздожнього руху з регулюючими очисними елементами

Пристрій складається з порожнистого корпусу 1, на якому вільно розміщені кільцеві очисні елементи 2 і розташовані між ними розпірні втулки 3. На одному кінці корпусу встановлено нерухома опорну шайбу 4, а на іншому - опорну шайбу 5, яка може переміщуватись по поверхні корпусу 1 за допомогою болтового з'єднання 6. Передній торець корпусу 1 оснащено амортизуючим обтікачем 7.

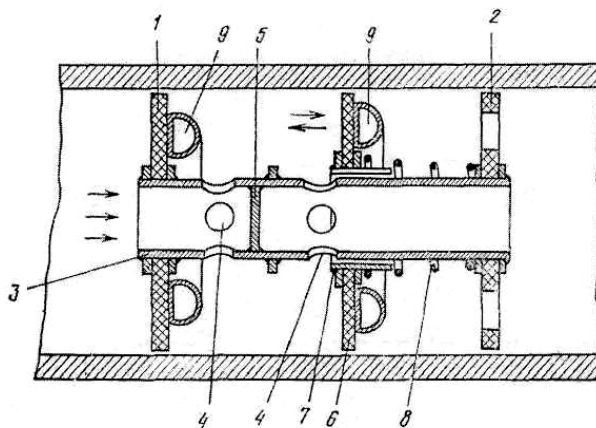
Монтаж пристрою і регулювання зусилля притискання очисних елементів 2 до стінки трубопроводу здійснюється шляхом вільної посадки на корпус 1 очисних елементів 2, розпірних втулок 3 і їх подальшого осьового стискання опорною шайбою 5 за допомогою болтового з'єднання 6. При цьому відбувається осьове стискання очисних елементів 2 і збільшення їх зовнішнього діаметра. Одночасно забезпечується необхідна герметизація пристрою в місцях сполучення очисних елементів 2 з розпірними втулками 3 і опорними шайбами 4 і 5. Повністю зібраний пристрій встановлюють у трубопровід і переміщують в ньому під тиском рідини чи газу.

Залежно від характеру забруднення стінок трубопроводу пристрій можна монтувати в декількох варіантах: з двома, трьома і більше очисними елементами, що мають гладку або рифлену поверхню.

Зношені очисні елементи швидко демонтуються в трасових умовах і замінюються но-

вими. Можливість багаторазового використання корпусу 1, розпірних втулок 3 і опорної шайби 5 з болтовим з'єднанням 6 дає змогу значно підвищити економічність експлуатації пристрою [4].

З метою підвищення ефективності процесу очищення внутрішньої поверхні трубопроводів розроблено пристрій, який представлено на рис. 4. Мета досягається за рахунок гідроімпульсного руйнування забруднень на стінках трубопроводу.



1, 2- нерухомі манжети, 3- корпус, 4- перепускні отвори, 5- заглушка, 6- рухома манжета, 7- рухомий елемент, 8- пружина, 9- еластичні газонаповнені оболонки

Рисунок 4 – Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів гідроімпульсного руйнування забруднень

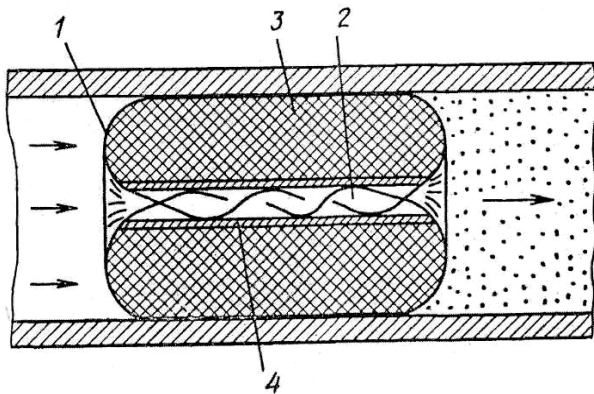
Пристрій складається з нерухомих манжет 1 і 2, закріплених на трубчастому корпусі 3 з перепускними отворами 4, заглушки 5 і рухомої манжети 6, закріпленої на рухомому елементі 7, який підпружинюється пружиною 8. На манжетах 1 і 6 встановлено еластичні газонаповнені оболонки 9.

Працює пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів таким чином.

Під дією потоку робочого середовища пристрій переміщується по трубопроводу. При русі пристрою по забрудненій ділянці створюється перепад тиску і частина робочого середовища стравлюється через отвори 4, при цьому манжета 6 здійснює коливальні рухи вздовж осі трубопроводу, збуджуючи коливання в робочому середовищі. Оболонки 9 створюють умови для виникнення коливань, під дією яких забруднення руйнуються, переходять в рихлий стан і механічно видаляються манжетами 1, 2 і 6 [5].

В пристрої, зображеному на рис. 5, з метою підвищення ефективності і надійності його роботи очисним елементом вибрана еластична тороподібна оболонка 1 в порожнині якої розміщений тороподібний вкладиш 3, виготовлений з пружного матеріалу. Осьова частина 2 тороподібного вкладиша 3 гвинтоподібно закручена, що призводить до прокручування його в тороподібній оболонці 1. Під дією тиску газу чи рідини пристрій переміщується вздовж тру-

бопроводу і прокручується відносно своєї осі, що призводить до відтиснення від внутрішньої його поверхні стінок механічних відкладень і шламу.



1- еластична тороподібна оболонка,
2- осьова частина вкладиша, 3- вкладиш,
4- жорстка трубка

Рисунок 5 – Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів поздовжньо-обертового руху

Пристрій складається з еластичної тороподібної оболонки 1, в якій розміщений тороподібний пружний вкладиш 3. В осьовому отворі вкладиша 3 закріплено жорстку трубку 4, діаметр якої більший, ніж діаметр осьової гвинтоподібно скрученої частини вкладиша 3. Скручену частину вкладиша 3 виготовляють з еластичної трубки, яку пропускають в отвір жорсткої трубки 4, скручують її уздовж осі на необхідний кут, а кінці вивертають навиворіт і прикріплюють до тороподібного вкладиша 3. Завдяки наявності жорсткої труби 4 центральна скручена частина 2 оболонки 1 не затискаються при стисненні пружного вкладиша 3.

Вкладиш 3 може бути виготовлений з пористої гуми, а жорстка трубка 4 - з металу. Для зменшення тертя порожнина оболонки 1 може бути заповнена антифрикційною змазкою [6].

Значно простішу конструкцію очисного пристрою, що прокручується відносно своєї осі, зображено на рис. 6.

Конструкція пристрою забезпечує ефективне очищення внутрішньої поверхні трубопроводів малого діаметру, будучи одночасно нескладною та зручною в експлуатації.

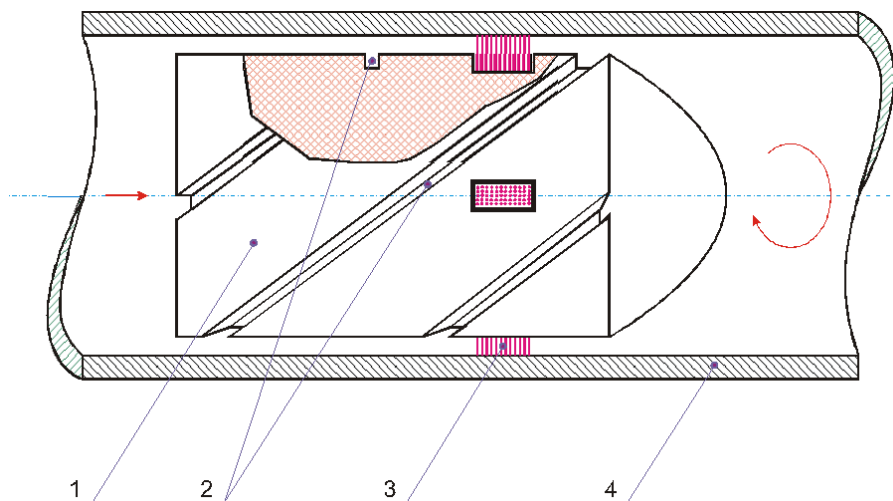
Пристрій складається з циліндричного гумового корпусу 1, на зовнішній поверхні якого нарізані прямокутні гвинтові канали 2, а передню частину корпусу обладнано чотирма металевими щітками 3. Робоче середовище, рухаючись з великою швидкістю по гвинтових каналах 2, створює крутний момент, що обертає корпус пристрою 1 разом зі щітками 3.

Виготовлення корпусу пристрою 1 з гуми дає змогу йому вільно проходити повороти та вигини трубопроводу.

Працює пристрій для очищення внутрішньої поверхні шлейфів свердловин таким чином.

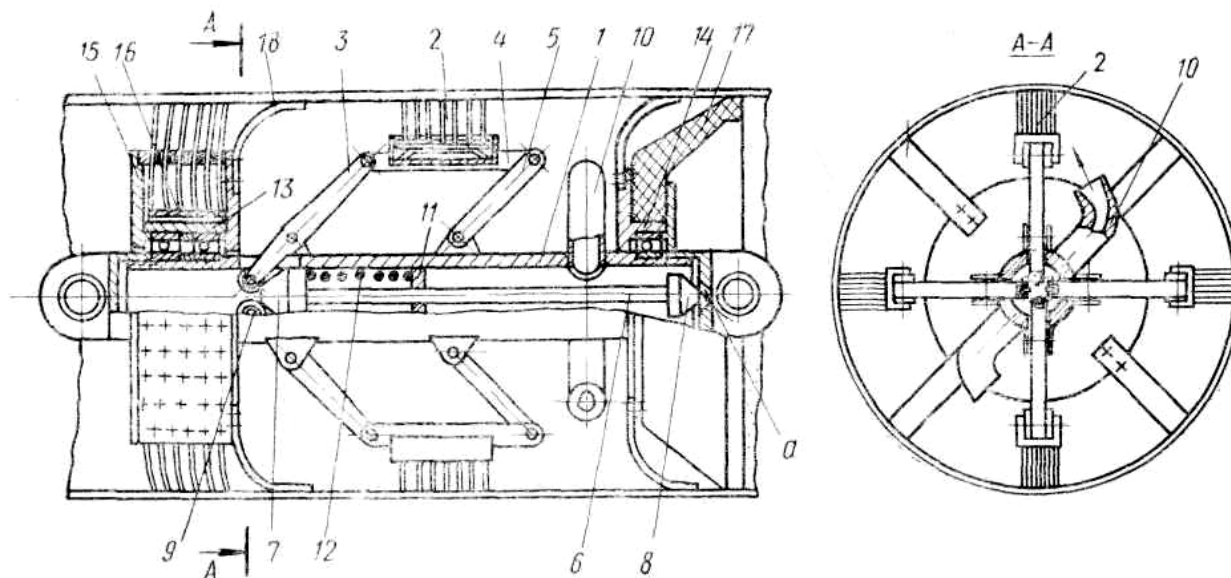
Пристрій встановлюють в шлейф свердловини 4, що підлягає очищенню, і під тиском подають в нього робоче середовище (рідина, газ). Під дією робочого середовища пристрій переміщується вздовж трубопроводу. Частина потоку робочого середовища з великою швидкістю проходить через гвинтові канали 2 і створює крутний момент, який обертає корпус 1 пристрою разом зі щітками 3. Очищення внутрішньої поверхні трубопроводу проходить за рахунок металічних щіток 3, які з великим крутним моментом обертаються відносно неї і руйнують відкладення, а потік робочого середовища, що з великою швидкістю рухається по гвинтових каналах 2 вздовж внутрішньої поверхні трубопроводу 4, підхоплює зруйновані відкладення і несе їх попереду пристрою [7].

Пристрій, зображений на рис. 7, обертається відносно своєї осі за допомогою реактивних патрубків із яких з великою швидкістю виходять струмені робочого середовища, які створюють крутний момент. Розглядуваний пристрій забезпечує також автоматичне регулю-



1- корпус, 2- прямокутні гвинтові канали, 3- щітки, 4- трубопровід

Рисунок 6 – Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів поздовжньо-обертового руху з металічними щітками.



1- порожнистий вал, 2- очисні інструменти, 3, 5- важелі, 6- тяга, 7, 8- конуси, 9- ролики, 10- реактивні патрубкі, 11- перегородка, 12- пружина, 13, 14- підшипникові опори, 15- циліндричні щітки, 16- пружинне розрізне кільце, 17- манжета, 18- ковзаючі опори

Рисунок 7 – Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів поздовжньо-обертового руху з регулюючими очисними інструментами

вання зусиль притискання очисних інструментів до внутрішньої поверхні трубопроводу.

Пристрій складається з порожнистого вала 1 з очисними інструментами 2, закріпленими на ньому за допомогою важелів 3-5, які утворюють між собою шарнірний паралелограм. В середині вала 1 встановлено підпружинену тягу 6 з конусами 7 і 8, взаємодіючими з роликками 9, шарнірно закріпленими на важелях. На зовнішній поверхні порожнистого вала 1 закріплено реактивні патрубкі 10, а на його торці виконано конічні отвори для входу робочого середовища.

В середині вала 1 встановлено перегородку 11, а тяга 6 з конусами 7 і 8 проходить через перегородку 11. Тяга 6 підпружинена пружиною 12. На кінцях порожнистого вала 1 розміщено підшипникові опори 13 і 14. На опорі 13 розміщено циліндричні щітки 15, які притискаються пружинним розрізним кільцем 16, а на опорі 14 - манжета 17. Пристрій центрується в трубопроводі ковзаючими опорами 18.

В процесі очищення трубопроводів під дією робочого середовища (рідини чи газу) пристрій переміщується вздовж внутрішньої поверхні труби. При цьому тяга 6 з конусами 7 і 8 пружиною 12 зміщена в крайнє ліве положення. Робоче середовище, проходячи через реактивні патрубкі 10, створює крутний момент і повертає порожнистий вал 1 з очисними інструментами 15, в результаті чого під дією центробіжних сил очисні інструменти 15 притискаються до поверхні, що очищується. При перевищенні необхідного числа обертів вала 1 і збільшення сили притиснення очисних інструментів 15 відбувається поворот важелів 3 навколо їх осей обертання. При цьому ролики 9, встановлені на важелі 3, переміщують тягу 6, долаючи опір пружини 12, частково перекривають отвір для

входу робочого середовища. Зменшення кількості робочого середовища, що надходить до реактивних патрубків 10, викликає зниження числа обертів вала 1 з очисними інструментами 15 до необхідного і автоматично забезпечує постійне зусилля притискання очисних інструментів 15 до внутрішньої поверхні трубопроводу [8].

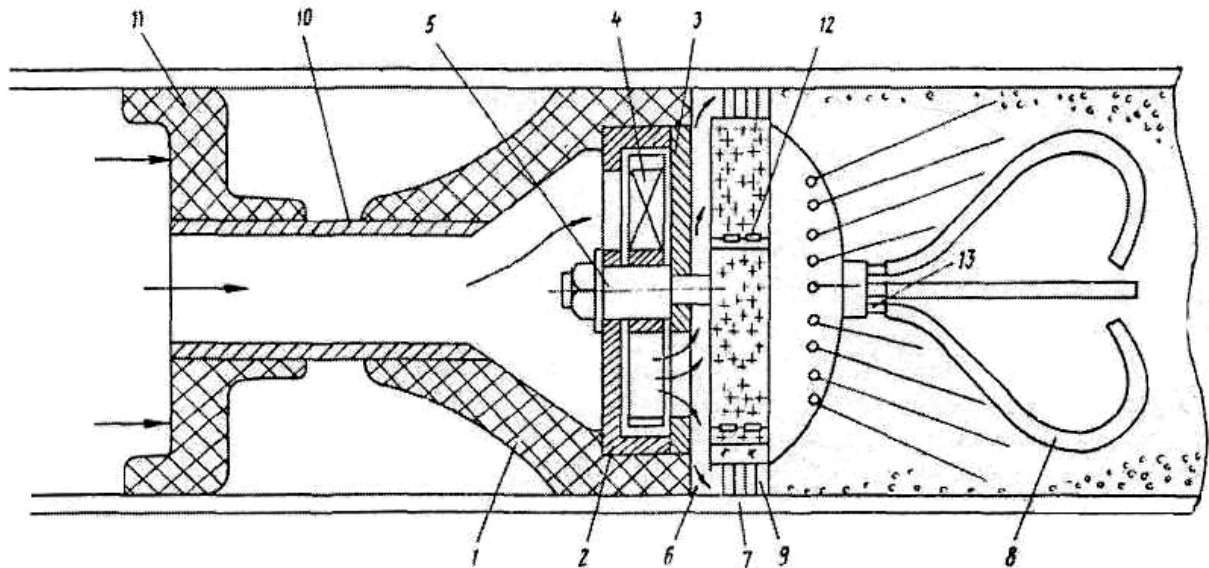
На рис. 8 зображено очисний пристрій, який обертається відносно своєї осі за допомогою турбінки, а в якості очисних елементів вибрані металічні щітки і різці у вигляді гачкоподібних смужок, що послідовно кріпляться на валі турбінки.

Пристрій складається з головки 1, в якій встановлено корпус 2 з турбіною 4 і кришкою 3. На валі 5 турбінки 4 встановлено диск 6 з щітками 7 і різцями 8. Щітки 7 закріплені на диску 6 на петлях 12 і притискаються до внутрішньої поверхні трубопроводу пружиною 9. Головка пристрою 1 з'єднана з хвостовиком 11 за допомогою втулки 10.

Головка 1 і хвостовик 11 виконано з еластичного матеріалу, що забезпечує щільне прилягання пристрою до стінки трубопроводу при проходженні по криволінійних ділянках.

Пристрій працює наступним чином.

Завдяки центральному отвору і щільному прилягання хвостовика 11 і головки 1 до стінки трубопроводу потік робочого середовища переміщує пристрій по трубопроводу. При виникненні перешкоди під час руху пристрою у вигляді забруднень в трубопроводі потік робочого середовища через центральний отвір у втулці 10 направляється на турбінку 4. Турбінка 4 починає обертатись разом з очисними елементами. Різці 8 розрихлюють тверді відкладення, а щітки 7 остаточно очищують стінки трубопроводу.



1- головка, 2- корпус, 3- кришка, 4- турбінка, 5- вал турбінки, 6- диск, 7- щітки, 8- різці, 9- пружина, 10- втулка, 11- хвостовик, 12- петлі

Рисунок 8 – Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів поздовжньо-обертового руху з металічними щітками і різцями

Легкі і рихлі відкладення змиваються з поверхні трубопроводу струменями робочого середовища, що виходять із отворів в диску 6 і виносяться вперед по трубопроводу перед пристроєм.

Тим самим забезпечується постійне очищення самих очисних елементів від забруднення і постійне підтримання їх в робочому стані.

Щітки 7 додатково відмиваються від забруднення частиною робочого середовища, яка проходить через кільцевий простір між диском 6 і трубопроводом [9].

Головною особливістю пристрою для очищення внутрішньої поверхні трубопроводу (рис. 9) є те, що крім розмивання шару відкладень, сопла сприяють обертанню пристрою навколо поздовжньої осі, що підвищує якість очищення трубопроводу та зменшує ймовірність його застрягання в трубопроводі.

Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводу складається з корпусу 1, на якому встановлені очисні 2, центруючі 3 і прокладкові 4 диски, згруповані в два блоки, які розташовані в головній та хвостовій частинах пристрою, між блоками розміщена на кільцевому каналі 9 ущільнююча манжета 5, всі очисні диски 2 оснащені по периферії наскрізними отворами 6. В прокладкових дисках 4 між переднім центруючим диском 3 і першим головним очисним диском 2, а також в прокладкових дисках 4 між хвостовими очисними дисками 2 сформовано соплові отвори 7, які подовжені вставними гнучкими патрубками 8. До кожної групи сопел 7 незалежно підводиться робоче середовище через канали 10 і 11.

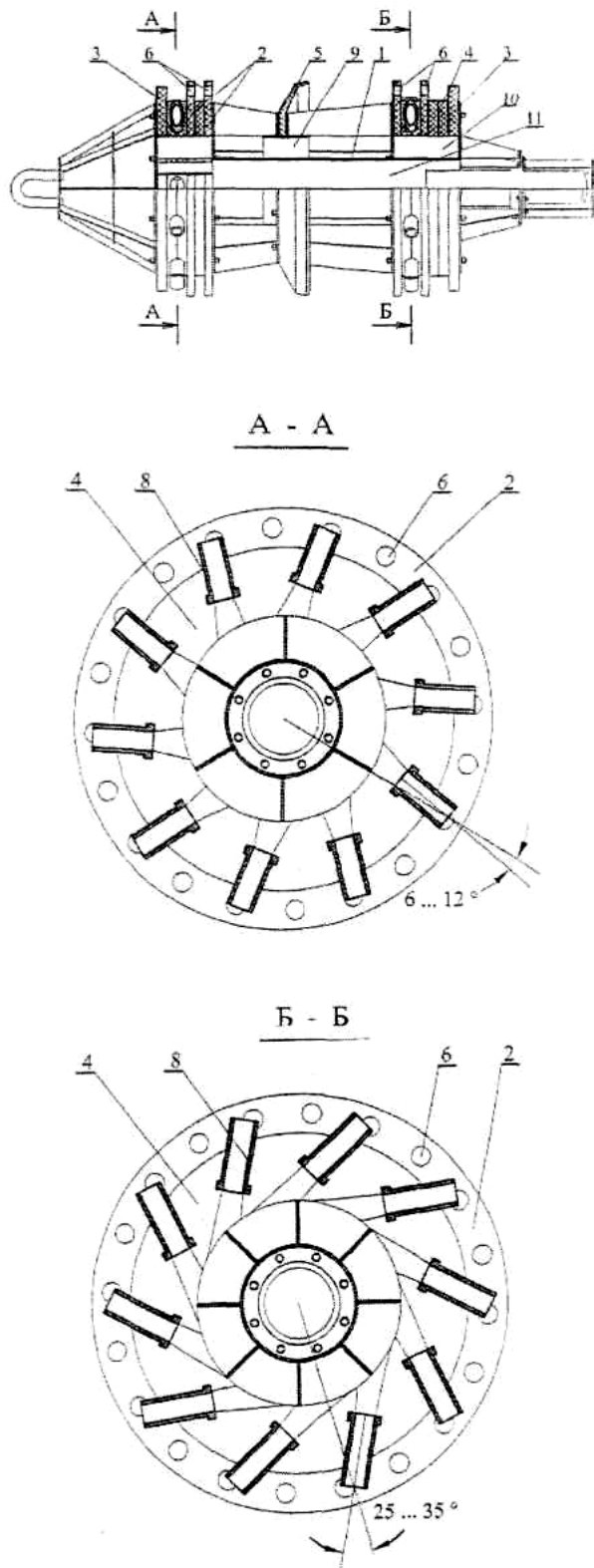
Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводу працює таким чином.

Пристрій встановлюють у трубовід, що підлягає очищенню, і переміщують вздовж трубопроводу потоком робочого середовища.

Очищення відкладень та забруднень здійснюється дисками 2 в головній і хвостовій частинах пристрою. Перед головним блоком очисних дисків 2 тверді відкладення розмиваються і подрібнюються струменями робочого середовища через головні сопла 7. Таке ж саме розмивання відбувається і між очисними дисками 2 в хвостовій частині пристрою. Крім розмивання шару відкладень, сопла 7 сприяють обертанню пристрою навколо поздовжньої осі, а це підвищує якість очищення поверхні трубопроводу та зменшує ймовірність його застрягання в трубопроводі. Отвори 6, кільцевий канал 9 формують направлений потік робочого середовища, який вимиває частки відкладень та забруднень із зони очищення в порожнину трубопроводу перед пристроєм.

Якщо шар відкладень великий або він твердий, швидкість пристрою зменшується. При цьому збільшується перепад тиску, а із ним і сила струменю і час її дії на ділянку трубопроводу, що очищується, що також підвищує якість очищення поверхні трубопроводу та зменшує ймовірність його застрягання в трубопроводі. Більш того, при тимчасовому застряганні чи призупиненні пристрою головні сопла частково блокуються зчистим шаром відкладень і весь перепад тиску спрямовується на хвостових соплах, які з більшим моментом повертають пристрій і сприяють його звільненню.

Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводу запропонованої конструкції найбільш ефективно може бути використаний для очищення внутрішньої поверхні нафтопроводів або конденсатопроводів від парафіновмішуючих відкладень, забруднень та продуктів корозії матеріалу трубопроводу [10].



1- корпус, 2- очисні диски, 3- центруючі диски,
4- прокладкові диски, 5- ущільнююча манжета,
6- отвори, 7- соплові отвори, 8- патрубки,
9- кільцевий канал, 10, 11- канали

**Рисунок 9 – Пристрій для очищення
внутрішньої поверхні трубопроводів
поздовжньо-обертового руху за рахунок
кінетичної енергії струменів**

Газодинамічний пристрій для очищення внутрішньої поверхні шлейфів свердловин зображено на рис. 10. Обладнання пристрою крутним надзвуковим соплом з металевою щіткою забезпечує високу ефективність очищення внутрішньої поверхні трубопроводу за рахунок кінетичної енергії струменя газу, що виходить із надзвукового сопла попереду пристрою, та металевої щітки, яка обертається з великим крутним моментом.

Пристрій складається з циліндричного гумового корпусу 2 з центральним прохідним отвором 3. В корпус пристрою 2 залито кріпленням 4, у якому між прокладками 5 і 6 встановлюється надзвукове сопло 12, виготовлене у вигляді трубки Вентурі. Надзвукове сопло 12 фіксується гайкою 7 з можливістю вільного його обертання відносно центральної вісі пристрою. На внутрішній поверхні надзвукового сопла 12 нарізаний гвинтовий канал 10, а на зовнішню поверхню надзвукового сопла 12 накручується і фіксується контргайкою 11 диск 9 з металевою циліндричною щіткою 8.

Працює газодинамічний пристрій для очищення внутрішньої поверхні шлейфів свердловин таким чином.

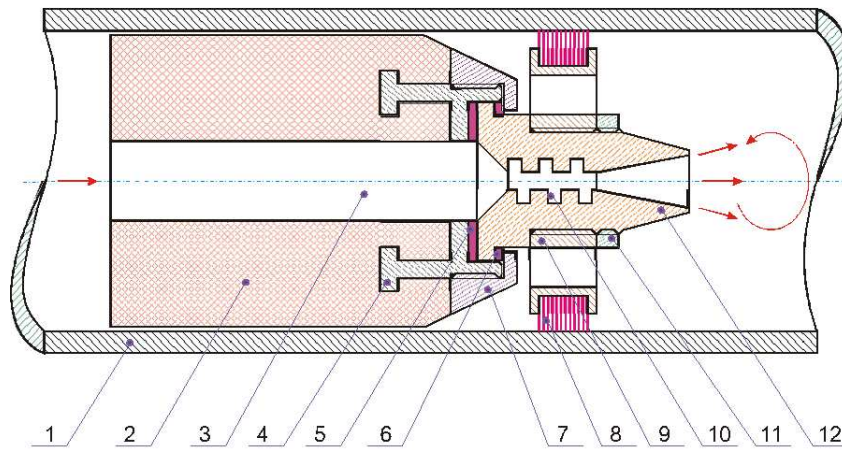
Пристрій встановлюють у шлейф свердловини 1, що підлягає очищенню, і під тиском подають в нього газ. Під дією потоку газу пристрій переміщується вздовж трубопроводу. Частина потоку, проходячи через центральний прохідний отвір 3 в корпусі 2, потрапляє в надзвукове сопло 12, де формується в струмінь газу з надзвуковою швидкістю. Одночасно за рахунок гвинтових каналів 10 на внутрішній поверхні надзвукового сопла 12 воно отримує крутний момент і обертається відносно центральної вісі пристрою. Разом з надзвуковим соплом 12 обертається і диск 9 з металевою циліндричною щіткою 8 [11].

Для підвищення якості очищення трубопроводів від рідких скупчень і збільшення терміну служби пристрою за рахунок усунення перетоків рідини через нещільності манжет шляхом створення в порожнині трубопроводу перед рухомих пристроєм буферної зони, заповненої піною, розроблено пристрій, який зображено на рис. 11.

Пристрій працює наступним чином. При русі пристрою в трубопроводі і зустрічі з рідким скупченням насадок 2 загальмовується, а задній кінець труби 8 вибиває корок 7, відкриваючи доступ газу з трубопроводу до ежектора 9. Піна утворюється за рахунок перемішування струменя газу і розчину ПАР, який всмоктується в ежектор 9 з порожнини корпусу 1 по патрубку 10.

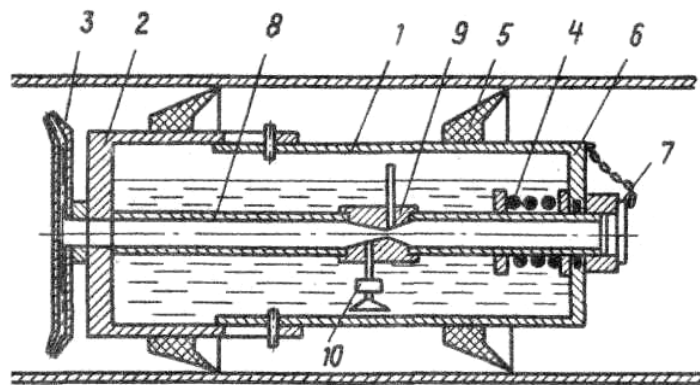
Для того, щоб виключити перетоки рідини через нещільності манжет в момент зустрічі пристрою з першою пробкою рідких скупчень, можна ввести в порожнину трубопроводу деякий об'єм розчину ПАР перед пристроєм до початку його руху, а корок 7 при цьому не встановлювати.

Піна, яка рухається перед пристроєм, перешкоджає перетокам рідини через нещільності



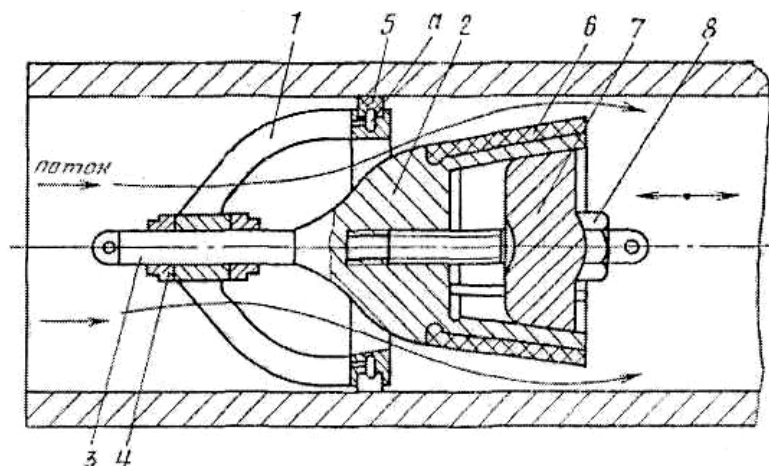
1- трубопровід, 2- корпус, 3- центральний прохідний отвір, 4- кріплення, 5, 6- прокладки, 7- гайка, 8- щітка, 9- диск, 10- гвинтовий канал, 11- контргайка, 12- сопло

Рисунок 10 – Газодинамічний пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів поздовжньо-обертового руху



1- корпус, 2- насадок, 3- диск, 4- пружина, 5- манжети, 6- задня стінка корпусу, 7- корок, 8- труба, 9- ежектор, 10- патрубок

Рисунок 11 – Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводу від скупчень рідини повздовжнього руху з пінним ущільненням манжет



1- збудник кавітації, 2- обтікач, 3- вісь, 4- гайка, 5- пружне ущільнення, 6- гумове кільце, 7- конус, 8- регулююча гайка

Рисунку 12 – Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводів поздовжнього руху за рахунок кавітації

манжет і зменшує динамічні навантаження на пристрій, збільшуючи при цьому термін його придатності [12].

На рис. 12 зображено пристрій для очищення внутрішньої поверхні нафтопроводів від різного роду забруднень під дією кавітації.

Пристрій працює наступним чином. Рідина під тиском проходить через збудник кавітації 1, а потім через кільцеву щілину, між збудником кавітації 1 і обтікачем 2. Внаслідок звуження кільцевої щілини до такої величини, при якій відбувається пароутворення в потоці рідини, яка проходить через щілину, створюється кавітаційне поле, яке діє на тверді забруднення внутрішньої поверхні трубопроводів. Довжина зони кавітації і, відповідно, інтенсивність процесу очищення регулюється положенням розпірного конуса 7 за допомогою регулюючої гайки 8. Внаслідок чого проходить розширення або звуження обтікача 2. А це, в свою чергу, регулює зазор між внутрішньою поверхнею трубопроводу і гумовим кільцем 6. Пружне ущільнення 5 забезпечує герметичне прилягання збудника кавітації 1 до внутрішньої поверхні трубопроводу. Додаткове розпирання пружного ущільнення 5 забезпечується тиском рідини, що підводиться через отвори до каналів. Переміщення пристрою всередині трубопроводу здійснюється тросиком, закріпленим на обтікачі 2. Збудник кавітації 1 та обтікач 2 встановлені на одній осі 3 і з'єднані між собою з можливістю переміщення, що досягається за допомогою гайок 4. Збудник кавітації 1 виконаний чашоподібним і має на зовнішній поверхні пружне ущільнення 5, зв'язане каналами з потоком рідини [13].

Незважаючи на широкий вибір запропонованих механічних очисних пристроїв використання їх ускладнюється за рахунок монтажу вузлів їх запуску і приймання, підтримання відповідного перепаду тиску на очисному пристрої для забезпечення визначеної швидкості його переміщення в порожнині газопроводу (6-30 км/год) і контролю проходження очисного пристрою по газопроводу. Крім того, більшість із наведених механічних очисних пристроїв не може ефективно використовуватись в трубопроводах змінного діаметра, проходити звуження в порожнині трубопроводу або місця, де встановлені датчики або інші прилади, зберігати достатньо високу герметичність на протяжних ділянках траси, проходити без «заїдання» або повного застрягання.

Дослідженнями, що проведені в УкрНДІ газу, а також в ВНІПАВ, зображено принципову можливість винесення із трубопроводу вуглеводневого конденсату, води і дрібнодисперсних механічних домішок за допомогою низькократних і високократних пін [14].

Метод ґрунтується на тому, що піни різної величини кратності здатні видаляти із трубопроводу різного роду забруднення за рахунок таких фізико-хімічних процесів:

- зниження поверхневої енергії на границі розділу фаз і утворення адсорбційних плівок на частинках забруднень;

- диспергуючої дії піни на частинки рідини, в результаті чого вони стають більш рухомими і легко видаляються із трубопроводу газодинамічним потоком;

- флотажі піною твердих дрібнодисперсних частинок;

- всмоктування ліофільних і ліофобних рідин і механічних частинок у міжплівковий простір (канали Плато – Гібса) високократною піною за рахунок капілярних ефектів;

- механічного винесення забруднень в'язкопружною піною за рахунок ефекту поршнювання за допомогою газодинамічного потоку.

Очищення трубопроводу піною низької кратності ($K=10-20$) зводиться до заповнення його деякою кількістю піни по трубі під дією перепаду тиску. Піна генерується в змішувачах ежекційного типу, швидкість її руху (до 10 м/с), густина ($40-100 \text{ кг/м}^3$), тому рідина, яка знаходиться в трубопроводі виноситься за рахунок механічного поршнювання піни.

Проте цей спосіб може бути використаний для очищення невеликих ділянок газопроводів малого діаметра (до 150 мм), наприклад, промислових газопроводів.

Для реалізації розгляданого способу на газопроводах більших діаметрів потрібно було б використати значні об'єми піни, руйнування якої під час її руху по газопроводу і в контакт з конденсатом привело б до значного вторинного накопичення рідини.

Усі ці фактори вказують на неприйнятність цього методу для очищення магістральних газопроводів.

У зв'язку з цим розроблено спосіб пінного газорідинного очищення магістральних газопроводів за допомогою високократних пін ($K=100-1000$), який було випробувано на ділянці магістрального газопроводу Шебелинка – Харків діаметром 400 мм і довжиною 2450 м [15].

Візуальні спостереження проб піни на виході магістрального газопроводу свідчать, що газоконденсат рівномірно розподіляється в структурних елементах піни. Це однозначно вказує на механізм пінного очищення: піна не виштовхує газоконденсат, а всмоктує конденсат завдяки своїй розвинутій капілярній структурі і виносить з трубопроводу.

Для реалізації цього способу запропоновано різні конструкції піногенераторів [16, 17] і пристрій для руйнування піни [18].

Відомі також інші способи очищення внутрішньої порожнини газопроводів від скупчень рідини, зокрема, шляхом створення імпульсного режиму руху робочого потоку газу перекриттям лінійного крану працюючого газопроводу [19, 20]. При перекритті крану зростає тиск на ділянці газопроводу до крану. Після досягнення необхідного перепаду тиску „до” і „після” крану останній швидко відкривають. В результаті різкого зростання швидкості руху газу рідина виноситься з ділянки газопроводу до крану. Іншим шляхом реалізації імпульсного режиму робочого потоку газу в газопроводі є тимчасова зупинка всіх чи частини газовидобувних свердловин з подальшим одночасним уведенням їх в експлуатацію. Проте реалізація цього способу на внутрішньопромислових газопроводах може призвести до порушення встановленого технологічного режиму роботи свердловин та установок промислової підгото-

вки газу, що обмежує можливості ефективного застосування способу.

Іншим напрямком очищення трубопроводів від рідини є застосування гелеподібних поршнів. Вони можуть виконувати більшість функцій механічних поршнів, відрізняються також здатністю до деяких хімічних реакцій, можуть бути запомповані в порожнину трубопроводу через засувку з діаметром прохідного отвору менш ніж 51 мм, і, що також важливо, вони не виходять з ладу в процесі їх проходження, як механічні поршні.

Більшість гелів, які використовуються для очищення трубопроводів – на водній основі, але можна також отримати в гелеподібній формі ряд хімреагентів, розчинників і навіть кислот. При проведенні робіт з очищення внутрішньої поверхні трубопроводів в основному застосовуються гелі чотирьох типів:

- гелі – розділювачі партій нафтопродуктів;
- гелеподібні поршні для винесення механічних домішок і води;
- вуглеводневі гелі;
- гелі осушувачі.

Застосування гелів при послідовному перекачуванні. Гелеподібні розділювачі отримують шляхом додавання у прісну воду або морську воду гуарової смоли, яка характеризується поперечними зв'язками молекул з одночасним безперервним або періодичним перемішуванням. Концентрація гелю підбирається в залежності від умов його застосування. Гелі, які застосовуються в якості розділювачів, відрізняються псевдопластичністю, в'язкопружністю, здатністю до відновлення форми і зменшенню дотичної напруги зсуву.

Гелі розділювачі забезпечують високу степінь герметичності, повністю попереджують перетікання рідин, яких необхідно розділити в процесі перекачування.

Один із запропонованих розділювачів представляє собою емульсію такого складу: нафту (або нафтопродукти), водний розчин поліакриламід, гама-окис заліза, поверхнево активну речовину і розчин полівалентного металу [21]. В'язкопружний розділювач наведеного складу розчиняється в бензині, гасі, гексані і толуолі впродовж двох діб при температурах 292-295 К, не руйнується при пропусканні через трубопроводи різного поперечного перерізу, термостійкий при температурах 263-373 К, характеризується високою еластичністю і має магнітну пам'ять.

Розділювальний поршень із гелю може бути використаний самостійно або в комбінації з механічним розділювачем, що значно підвищує ефективність останнього. В результаті такої комбінації зменшується імовірність застрягання механічного розділювача. Гелеві поршні також високоефективні при видаленні механічних розділювачів, які застрягли в трубопроводі в результаті зношення ущільнюючих манжетів або інших причин.

Довжина гелевих розділювальних поршнів коливається в межах від 60 до 600 м залежно від протяжності і діаметра трубопроводу [22].

Гелеві поршні для винесення механічних домішок і води. Для очищення трубопроводу від механічних домішок і води можуть бути використані з різним ступенем ефективності гелі всіх типів. Склад гелевого поршня спеціально для очищення внутрішньої порожнини трубопроводу від забруднень запатентований компанією „Shell development” і розроблений спільно з компаніями „Shell expo” і „Dowell Schlumberger”. В 1978 р. були розпочаті дослідження з метою підготовки до очищення гелем газопровідної системи „Flags” протяжністю 450 км в Північному морю. Для очищення газопроводу в якості гелеутворювача було використано 1,2 % розчин полімеру „Кельцан ХС” в чистій прісній воді. Гідрравлічні характеристики газопроводу в результаті очищення були суттєво покращені.

При викиді очисного гелевого поршня разом з очищеними забрудненнями в море проходить швидке диспергування гелю. Полімер абсолютно руйнується і не впливає негативно на навколишнє середовище. Тому дозволений викид цього полімеру в морську воду, як в британській, так і в норвезькій ділянці Північного моря.

Відомий також склад гелеподібного поршня для очищення внутрішньої порожнини каналів, який містить поліакриламід, пісок, нафтове масло, хромову суміш та воду [23]. Поршень випробовувався в трубопроводі довжиною 31 м і внутрішнім діаметром 25 мм. Трубопровід мав один поворот на 90°, вставки меншого і більшого діаметрів. Розглядуваний гелю проштовхувався стиснутим повітрям із середньою швидкістю проходження 0,16 – 0,25 м/с, перепад тиску на поршні становив 4 – 50 кПа залежно від вмісту забруднень. Після проходження по трубопроводу поршень не мав розривів.

Застосування поршнів аналогічного типу для очищення газопроводів вимагає надійного контролю за їх проходженням по довжині трубопроводу і відділення в кінці трубопроводу, на вході в установку підготовки газу. Якщо поршень не вивести із системи, то він може накопичуватись в розділювачах води і конденсату та в ємностях для зберігання рідини чи виноситись потоком газу із сепараторів і попадати на прийом компресорної станції і в магістральний газопровід. В цьому відношенні ефективнішими є поршні, які з часом самі руйнуються (розкладаються). Такі поршні розроблені, зокрема, в науково-виробничому кооперативі „ТЕХНОГАЗ-89” і впроваджені у ВО „Надимгазпром” [24]. Технологія очищення трубопроводів за допомогою саморуйнуючих поршнів передбачає виготовлення їх безпосередньо на промислі. Готується формівна суміш, яка подається в камеру запуску традиційної найпростішої конструкції і витримується в ній до утворення поршня. В подальшому поршень пропускається по трубопроводу. Через певний проміжок часу поршень розкладається. При застосуванні саморуйнуючих поршнів зайвою є необхідність в обладнанні трубопроводів камерами

приймання очисних пристроїв і попереджується можливістю закупорювання трубопроводів.

Вуглеводневі гелі. Гелі із рідким вуглеводневим середовищем, або органогелі, з використанням в якості дисперсного середовища, наприклад, дизельного пального або гасу характеризуються високим ступенем герметичності при використанні їх в якості розділювачів. Вони можуть бути також ефективні для видалення води, механічних домішок, а також конденсату із газопроводу. В гелях такого типу масову концентрацію інгібіторів корозії може бути доведено до 20%, тому вони можуть виконувати дві функції одночасно, що доказано на газопроводах „Flags” і „Statpipe”.

Система „Statpipe” транспортує газ з родовища Статфьорд, Галфакс і Хеймдол через родовище Екофіск до споживачів на європейській континент. Підводний трубопровід протяжністю 309 км для подачі „жирного” газу з родовища Статфьорд підходить до берега м. Хугезунд, Норвегія. Родовище Галфакс зв’язане з родовищем Статфьорд лінією довжиною 21 км.

Вся система „Statpipe”, крім лінії між платформою 16/115 і Хеймдалом, була очищена від механічних забруднень і води – літом 1985 р. Лінію до Хеймдалу очистили зимою 1986 р., що дало змогу ввести родовище в експлуатацію на місяць раніше запланованого терміну.

Якщо по газопроводу транспортується „вологий” або „жирний” газ, навіть при частому очищенню його звичайними поршнями механічного типу не вдається повністю витіснити випавшу рідину. Ефективність очищення від рідини суттєво підвищується при комбінованому застосуванні механічного поршня і органогелю.

Гелі осушувачі. Для підвищення ефективності „осушення” порожнини трубопроводу від рідини можуть бути використані гелі на основі спиртів і інших реагентів.

Створити гелі із такого осушуючого розчинника, як метанол, можна шляхом використання різного роду полімерів – виробництва целюлози. Застосування гелю на основі метанолу може забезпечити зменшення кількості операцій із запускання механічних поршнів.

При використанні осушуючих гелів застосовується наступна схема. На початку рухається розділювальний поршень із гідрогелю. Призначення цього поршня – очищення порожнини від основної маси води, після нього залишається тільки водяна плівка, яка абсорбується осушуючими реагентами. Далі за ним проходить осушуючий поршень, який контактує з розділювальним поршнем. В результаті цього попереджується поглинання спиртом значної кількості води із гідрогелю. В кінці „ланцюга” використовуються механічні поршні, манжети яких ущільнюються осушуючим гелем. Механічні поршні, в свою чергу, проштовхуються газом. Така схема зводить до мінімуму проникнення газу в осушуючий поршень і тертя манжет механічних поршнів до стінки трубопроводу [15].

Наведені способи очищення внутрішньої порожнини трубопроводів гелями вказують на перспективність їх застосування. Проте так, як гелеві поршні володіють вельми високою адгезійною здатністю, то в процесі проходження їх по трубопроводу деяка частина гелю залишається на внутрішній стінці труб. Це призводить до часткового руйнування гелевого поршня або до закупорювання значних об’ємів гелю, протяжністю від декількох десятків метрів до декількох сотень метрів в залежності від довжини і діаметра трубопроводу.

З цією метою нами запропоновано в’язкопружний очисний поршень, в склад якого входить карбоксиметилцелюлоза, спінююча поверхнево-активна речовина та вода [25].

Поставлена задача вирішується тим, що відомий склад гелеподібного поршня для очищення внутрішньої порожнини трубопроводу, який містить водорозчинний полімер і воду згідно з винаходом додатково введено спінюючу поверхнево-активну речовину, а в якості водорозчинного полімеру використовується карбоксиметилцелюлоза.

Склад в’язкопружного очисного поршня готують в наступній послідовності. В прісну воду додають спінюючу поверхнево-активну речовину, карбоксиметилцелюлозу і перемішують до утворення однорідної маси. Суміш обробляють метиловим спиртом (метанолом) впродовж 5-10 хв., при об’ємному співвідношенні 1:2 і надають їй форму циліндра з діаметром близьким до діаметра трубопроводу.

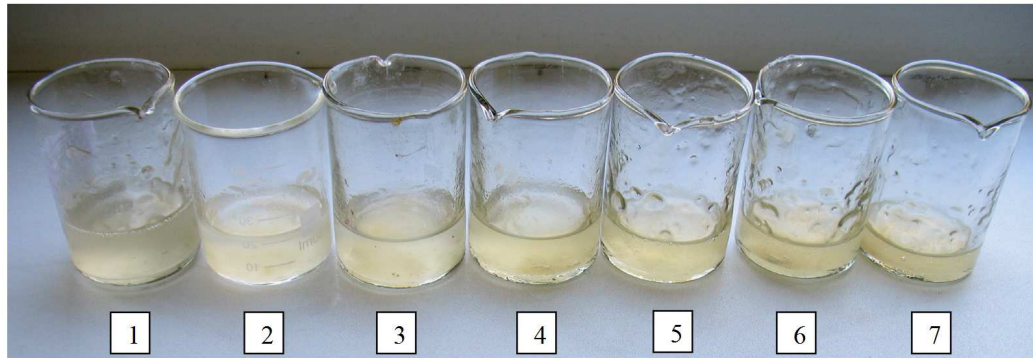
В результаті взаємодії однорідної маси, яка містить спінюючу поверхнево-активну речовину і карбоксиметилцелюлозу з метанолом проходить процес висолювання карбоксиметилцелюлози з утворенням пінної твердої фази. Причому при взаємодії метанолу з піною, яка утворилась із піноутворюючого розчину в процесі висолювання, проходить перетворення міжплівкової рідини в еластичну плівку, що значно зміцнює структуру піни і збільшує її стійкість.

Основні властивості в’язкопружного очисного поршня:

- не руйнується при пропусканні через трубопроводи різного поперечного перерізу;
- не руйнується при зупинці роботи трубопроводу;
- низька адгезія до металу;
- в процесі руху по якій-небудь системі він приймає форму системи, охоплюючи весь її периметр;
- після процесу очищення трубопроводу розчиняється у воді.

Для визначення часу розчинення в’язкопружного очисного поршня у воді, конденсаті та суміші води з конденсатом були проведені відповідні лабораторні дослідження.

У змішувач, обладнаний мішалкою, завантажували 4 мас. ч. карбоксиметилцелюлози, 95 мас. ч. води і 1 мас. ч. ПАР (Стінол). Перемішування здійснювали протягом декількох хвилин до утворення однорідного гелю (рис. 13). Одержану композицію заливали у заздалегідь підготовлену ємність з метиловим спиртом, при



1 – 4% КМЦ; 2 – 6% КМЦ; 3 – 8% КМЦ; 4 – 10% КМЦ; 5 – 12% КМЦ;
6 – 14% КМЦ; 7 – 16% КМЦ

Рисунок 13 – Зразки отриманого гелю в результаті змішування КМЦ, води і ПАР за різного вмісту КМЦ

Таблиця 1 – Масові частки в'язкопружного очисного поршня, які підготовлені для дослідження часу їх розчинення у воді, конденсаті та суміші води з конденсатом

№	КМЦ, % мас	Спінююча ПАР, % мас		Вода, % мас	
		1	2	95	94
1	4	1	2	95	94
2	8	1	2	91	90
3	12	1	2	87	86
4	16	1	2	83	82
5	20	1	2	79	78
6	24	1	2	75	74
7	28	1	2	71	70

об'ємному співвідношенні 1:2, витримували впродовж 5 – 10 хв. Після цього отриманій суміші надавали форму циліндра і ставили на очищену і знежирену поверхню. Решту композиції готують аналогічно. В табл. 1 наведено склади в'язкопружного очисного поршня, які підготовлені для дослідження часу їх розчинення у воді, конденсаті та суміші води з конденсатом.

Підготовлені зразки поршнів занурювали у воду, конденсат та суміш води з конденсатом і вимірявся час їх розчинення у цих рідинах. Результати випробувань наведено на рис. 15.

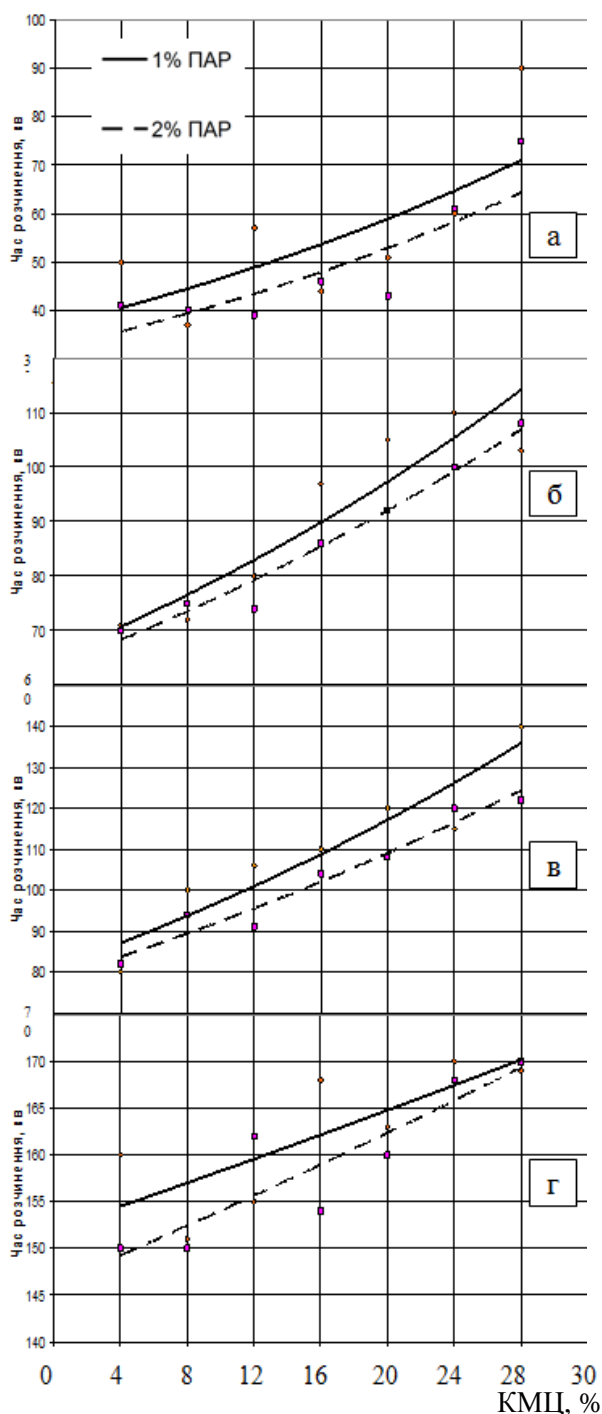
Як свідчать лабораторні дослідження, підготовлені зразки поршнів абсолютно не розчинні у конденсаті, а час їх розчинення у воді чи у суміші води з конденсатом коливається від 35 хв. до майже трьох годин.

Із аналізу графічної залежності (рис. 15) видно, що із збільшенням вмісту КМЦ у досліджуваному зразку поршня час його розчинення збільшується, і навпаки, зростання вмісту ПАР призводить до зменшення часу його розчинення в залежності від рідини-розчинника. При концентрації КМЦ в композиції менш ніж 4% поршень не вдається сформувати, а при перевищенні її більше 30% в гель переходить не вся маса підготовленої КМЦ.

Максимальний час розчинення підготовлених зразків поршнів спостерігається у суміші 25% води і 75% конденсату, мінімальний у воді.



Рисунок 14 – Утворення еластичної плівки на поверхні зразка поршня після оброблення гелю метиловим спиртом



а – у воді; б – у суміші 75% води і 25% конденсату; в – у суміші 50% води і 50% конденсату; г – у суміші 25% води і 75% конденсату

Рисунок 15 – Результати лабораторних досліджень з визначення часу розчинення підготовлених зразків поршнів у воді, та суміші води з конденсатом за різного вмісту ПАР

Наведені дані свідчать про ефективність складу саморуйнівного в'язкопружного поршня, який не руйнується впродовж певного періоду часу. Його можна використовувати для очищення від забруднень викидних ліній (шлейфів) газових і газоконденсатних свердловин.

Проблема накопичення рідини в понижених ділянках промислових трубопроводів є характерною для більшості газових і газоконденсатних свердловин. Тому необхідно вживати заходи, спрямовані на попередження накопичення рідини, а також передбачаючи періодичне її видалення.

Способи очищення газопроводів від скупчень рідини за допомогою очисних пристроїв і пін успішно використовуються на практиці, однак мають обмежену область застосування через необхідність монтажу додаткового обладнання.

Значно ефективнішими у цьому відношенні є гелеві поршні, проте вони мають вагомий недолік, який пов'язаний із значною адгезією до металу.

Запропонований нами очисний поршень немає згаданого недоліку, а також є саморозчинним у воді та суміші води з конденсатом. В його склад входять дешеві у виробництві, а також нетоксичні компоненти.

На основі проведених лабораторних досліджень показано, що варіюючи рецептурою виготовлення в'язкопружного очисного поршня, можна регулювати тривалість його існування в воді і від більш ніж двох годин до майже трьох годин у суміші води з конденсатом.

Передбачається провести дослідно-промислові випробування запропонованого саморуйнівного в'язкопружного поршня на газому родовищі Передкарпаття для очищення від забруднень викидних ліній свердловин.

Література

1 Терепенко Р.М. Підвищення ефективності використання механічних очисних пристроїв в газопроводах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 20.05.04 / Терепенко Роман Михайлович. – Івано-Франківськ, 2009. – 147 с.

2 Пат.42771 Україна МПК В 08 В 9/04. Пристрій для очищення внутрішньої порожнини трубопроводу [Текст] / Смирнов О.Г, Шевченко Ю.Г, Варивода В.І, Індєйкін В.Б.; заявник і патентовласник Фірма «Профі Тайер Компані» LTD,UA – №96114296; заявл. 20.11.96; опуб. 15.11.01 Бюл. №10 –5 с. мал.

3 Пат.43493 Україна МПК В 08 В 9/04. Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводу [Текст] / Чурсін О.М, Петренко О.І, Барібина О.М, Далік Л.О, Клісак Г.О, Ільницький М.К, Іванов С.І, Соболев А.Р.; заявник і патентовласник Товариство з обмеженою відповідальністю наук. – впровадж. центр «Консіма» – №2000095281; заявл. 14.09.00; опуб. 17.12.01 Бюл. №11 –3 с. мал.

4 А.с. 444573 ССРСР, МКИ В 08В 9 / 06. Устрій для очистки внутрешней поверхности трубопровода [Текст] / В. М. Клишвский, В. Г. Селиверстов, П. Д. Романов [и др.] (СРСР). №1747297/29-14; заявл. 14.02.72; опубл. 30.09.74, Бюл. №36.

- 5 А.с. 925439 ССРСР, МКИ В 08В 9 / 04. Устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов [Текст] / А. А. Кононов, А. Р. Курбаков (СРСР). №2845798/29-12; заявл. 30.11.79; опубл. 07.05.82, Бюл. №17.
- 6 А.с. 925439 ССРСР, МКИ В 08В 9 / 04. Устройство для очистки внутренней поверхности трубопровода [Текст] / Ф.Г.Габибов, А.В.Туркия, С.Р.Шалов (СРСР). №4498259/23-12; заявл. 28.09.88; опубл. 07.05.82, Бюл. №30.
- 7 Патент на корисну модель 33943. Україна, МПК В 08В 9 / 04. Пристрій для очищення внутрішньої поверхні шлейфів свердловин підземних сховищ газу. Я.С. Марчук, Б.О. Клюк, М.П. Андрійшин [та ін.] опубл. 25.07.2008, бюл. № 14.
- 8 А.с. 420356 ССРСР, МКИ В 08В 9 / 04. Устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов [Текст] / Д.М. Мубинов, Ф.Г.Мансуров, Ю.А.Сковородников, А.Н.Тюпа (СРСР). №1813188/28-13 ; заявл. 26.07.72; опубл. 25.03.74, Бюл. №11.
- 9 А.с. 710678 ССРСР, МКИ В 08В 9 / 04. Устройство для очистки внутренней поверхности труб [Текст] / В.Е. Бычков, В. А. Третьяков, К.В. Рыбаков (СРСР). №2557770/29-12; заявл. 22.12.77; опубл. 25.01.80, Бюл. №3.
- 10 Патент на корисну модель 18805. Україна, МПК В 08В 9 / 04. Пристрій для очищення внутрішньої поверхні трубопроводу М.П. Лінчевський, Ю.Г. Мокеєв, С.О. Охрімчук. опубл. 15.11.2006, бюл. № 11.
- 11 Патент на корисну модель 33942. Україна, МПК В 08В 9 / 04. Газодинамічний пристрій для очищення внутрішньої поверхні шлейфів свердловин підземних сховищ газу. Я.С. Марчук, Б.О. Клюк, М.П. Андрійшин [та ін.] опубл. 25.07.2008, бюл. № 14.
12. А.с. 1397097 ССРСР, МКИ В 08В 9 / 04. Устройство для очистки полости трубопровода от жидких скоплений [Текст] / В.Я. Грудз, С. И. Калинин, В.Б. Михалкив, Д.Ф. Тымкив (СРСР). №4156384/31-12; заявл. 02.12.86; опубл. 23.05.88, Бюл. №19.
- 13 А.с. 453205 ССРСР, МКИ В 08В 9 / 04. Устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов [Текст] / Р.Ю. Акчурин (СРСР). №1833581/28-13; заявл. 05.10.72; опубл. 15.12.74, Бюл. №46.
- 14 Наджафов М.Г. Экспериментальное исследование вязкоупругого разделителя с целью удаления скоплений воды из ствола скважины / Наджафов М.Г., Фан Нгок Чунг // Азербайджанское нефтяное хозяйство. – 1988. – №9. – С. 27-29.
- 15 Большакова И. Трубопроводный транспорт и переработка продукции морских скважин [Текст] : [Учебное пособие] / И.Л. Большакова; Одесская государственная академия холода, 2010. – 144 с.
- 16 А. с. 1622038 [СССР]. Состав гелеобразного поршня для очистки внутренней полости каналов / Авт. Изобрет. А.Х. Мирзаджанзаде, И.Р. Байков, М.М. Хасанов и Б.В. Гейер – Заявл. 21.02.89 (4653656/12); Опубл. в Б.И., 23.01.91, № 3.
- 17 Саморазрушающиеся устройства для очистки трубопроводов. – Киев: НПК “Техногаз-89”. – 1989.
- 18 Гончаров В. Очистка газопроводов высокочастотными пенами / Гончаров В.Н., Чистяков Б.Е. // Газовая промышленность. – 1980. – №11. – С.36 – 38.
- 19 Гончаров В.И. Опытно-промышленные испытания способа пенной очистки МГ / Гончаров В.И., Капцов И.И., Тихомиров В.К. // Нефтяная и газовая промышленность. – 1988. – №4. – С. 42-44.
- 20 А.с. 1189457 ССРСР, МКИ А 62 С 5/04, В 08 В 9/00. Пеногенератор / Гончаров В.Н., Тихомиров В.К., Лещук Н.С., Капцов И.И. – №3714991; Заявл. 20.01.1984; Опубл. 07.11.1985, Бюл. №41.
- 21 Патент 56025 Україна, МПК А 62 С 5/02, В 08 В 9/06, Е 21 В 21/14. Піногенератор / Гончаров В.М., Капцов І.І., Чопань С.В. та ін. – №2002087015; Заявл. 28.08.2002; Опубл. 15.04.2003, Бюл. №4.
- 22 А.с. 604567 ССРСР, МКИ В 01 D 19/02. Устройство для разрушения пены / Бурных В.С., Гончаров В.Н., Завадин В.И., Зинченко И.А. – №2429033; Заявл. 14.12.1976; Опубл. 30.04.1978, Бюл. №16.
- 23 Патент 32471 Україна, МПК 6 В 08 В 9/02, В 08 В 9/06. Спосіб очистки внутрішньої поверхні трубопроводу / Клявлін В.В., Немчин О.Ф. – №99116463; Заявл. 29.11.1999; Опубл. 15.12.2000, Бюл. №7.
- 24 Подготовка газа к транспорту / Ю.П.Коротаев, Б.П.Гвоздев, А.И.Гриценко, Л.М.Саркисов. – М.: Недра, 1973. – 240 с.
- 25 Патент 78315, МПК В08В 9/04, С09К 8/52. В'язкопружний очисний поршень / Кондрат Р.М., Угриновський А.В., Петришак В.С., Огерук І.М. Заявник і патентовласник ІФНТУНГ. – № u 201211740; заяв. 11.10.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. №5.

Стаття надійшла до редакційної колегії
27.08.13

Рекомендована до друку
професором Тарком Я.Б.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
професором Дорошенком В.М.
(Управління геології та розробки родовищ
нафти і газу ПАТ «Укрнафта», м. Київ)