

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ НАСОСНО-КОМПРЕСОРНИХ ТРУБ ВІД АСПВ, ВИКОНАНИЙ НА БАЗІ ГЛИБИННОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО СПІРАЛЬНОГО ТРУБНОГО НАГРІВАЧА

А.М. Матвієнко, С.В. Головка

ПолтНТУ імені Юрія Кондратюка; 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24,  
тел. (0532) 2-28-50, 7-33-27, e-mail: novator1977@mail.ru

Розроблено принципово новий технологічний комплекс для очищення насосно-компресорних труб від асфальтосмолопарафінових відкладень з використанням багатотрубного контейнера, виконаного на базі глибинного електричного трубного нагрівача. Принцип роботи технологічного комплексу заснований на використанні теплової енергії, що виробляється електричним трубним нагрівачем. В результаті процесу теплообміну тепла енергія передається робочому агенту, який діє на парафін, що знаходиться на стінках насосно-компресорних труб. Внаслідок цього відбувається розплавлення парафіну і видалення його через вивідний патрубок теплоізованого контейнера. Особливістю даної установки є можливість очищення внутрішньої і зовнішньої поверхонь насосно-компресорних труб з будь-якими відхиленнями від прямолінійності при економії витрат робочого агента та енергії, яка необхідна для його нагрівання. У ряді випадків з метою більш ефективного очищення насосно-компресорних труб від парафінових з'єднань в робочий агент за допомогою насоса-дозатора додатково вводять хімічний реагент для видалення асфальтосмолопарафінових відкладень.

Використання запропонованого способу очищення насосно-компресорних труб від асфальтосмолопарафінових відкладень дає змогу суттєво поліпшити умови і підвищити продуктивність праці обслуговуючого персоналу, знизити собівартість процесу очищення насосно-компресорних труб, а також звести до мінімуму екологічну шкоду, що наноситься навколишньому середовищу.

Ключові слова: парафінові з'єднання, теплоізований контейнер, робочий агент, високотемпературний потік.

Разработан принципиально новый технологический комплекс для очистки насосно-компрессорных труб от асфальтосмолопарафиновых отложений с использованием многотрубного контейнера, выполненного на базе глубинного электрического трубного нагревателя. Принцип работы комплекса основан на использовании тепловой энергии, вырабатываемой электрическим трубным нагревателем. В результате теплообмена тепловая энергия передается рабочему агенту, воздействующему на парафин, находящийся на стенках насосно-компрессорных труб. В результате этого происходит расплавление парафина и удаление его через выводной патрубок теплоизолированного контейнера. Особенностью данной установки является возможность очистки внутренней и наружной поверхностей насосно-компрессорных труб с любыми отклонениями от прямолинейности при экономии затрат рабочего агента и энергии, которая расходуется для его нагрева. В ряде случаев для более эффективной очистки насосно-компрессорных труб от парафиновых соединений в рабочий агент при помощи насоса-дозатора дополнительно вводят химический реагент для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений.

Использование предлагаемого способа очистки насосно-компрессорных труб от асфальтосмолопарафиновых отложений позволяет значительно улучшить условия и производительность труда обслуживающего персонала, снизить себестоимость процесса очистки насосно-компрессорных труб, а также свести к минимуму экологический ущерб окружающей среде.

Ключевые слова: парафиновые соединения, теплоизолированный контейнер, рабочий агент, высокотемпературный поток.

*The design of a technological complex for cleaning tubing from paraffin and resin was worked out. Complex uses a multi-tubular container made on the basis of deep tube electric heater. The principle of operation of the complex based on the use of thermal energy generated by the electric heater tube. Thermal energy as a result of the heat transfer process, is transferred to the working agents acting on the wax, which is on the walls of the tubing. This results in the melting of wax and removing it through outlet pipe of a thermally insulated container. Technological complex cleans pipes from sediment. The technological complex saves electric energy during pipe cleaning. In some cases, for more effective cleaning of the tubing from the paraffin compounds in the working agent with a pump-dispenser additionally introduced a chemical to remove asphaltene deposits.*

*Using the proposed method of cleaning the tubing from paraffin and resin can significantly improve the working conditions of staff, improve productivity and reduce the cost of the pipe cleaning process, as well as to minimize environmental damage.*

Keywords: paraffin compound, thermally insulated container, working substance, high-flow.

**Постановка проблеми.** Процес видобування нафти, яка характеризується підвищеним вмістом парафіну, в ряді випадків суттєво ускладнюється через відносно велику в'язкість

нафти та наявність відкладень парафінових з'єднань на стінках насосно-компресорних труб, що зменшує їх поперечний переріз та значно утруднює рух пластового флюїду до

гирла свердловини. Необхідно відзначити, що АСПВ негативно впливають на роботу всього внутрішнього свердловинного обладнання, а також часто стають причиною неможливості його експлуатації [1-4]. В цих випадках насосно-компресорні труби та насосні блоки вилучають із свердловини та очищують від парафіну на земній поверхні.

Під час видобування вуглеводневої сировини свердловинним обладнанням перехід компонентів парафіну з розчиненого до колоїдного стану з подальшою коагуляцією і осадженням на внутрішній поверхні насосно-компресорних труб відбувається безперервно. Тому перед виробничниками постає багато технологічних і технічних завдань, пов'язаних із ліквідацією ускладнень, що виникають через наявність парафіну, незалежно від його кількості в нафті [1-5]. Отже, розроблення нового технологічного обладнання для очищення насосно-компресорних труб від АСПВ стає темою науково-практичних досліджень та аналізу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Дослідженнями учених встановлено можливість зменшення відкладення кристалів парафіну, що містяться в нафті, шляхом покриття поверхні труб речовинами, що мають дуже малу шорсткість поверхні й низьку теплопровідність. До їх числа можуть бути віднесені скло, фарфор, ебоніт та ін.

Існують також різні способи очищення насосно-компресорних труб від парафінових відкладень. До них відносяться механічні методи очищення піднятих із свердловини НКТ, теплові, хімічні та фізичні, а також комплексні методи.

На окремих родовищах, як експериментальні, застосовують методи, що базуються на вібрації та дії магнітних полів.

Теплові методи боротьби з асфальтосмолопарафіновими відкладеннями засновані на властивостях парафіну розріджуватися за температури понад 50 С і, стікаючи з нагрітої поверхні, звільняти її [2].

Для високої температури вимагає застосування спеціального джерела тепла, яке може бути поміщене безпосередньо в зону відкладання в'язких речовин або виробляти теплову енергію на гирлі свердловини.

Нині застосовують технології з використанням:

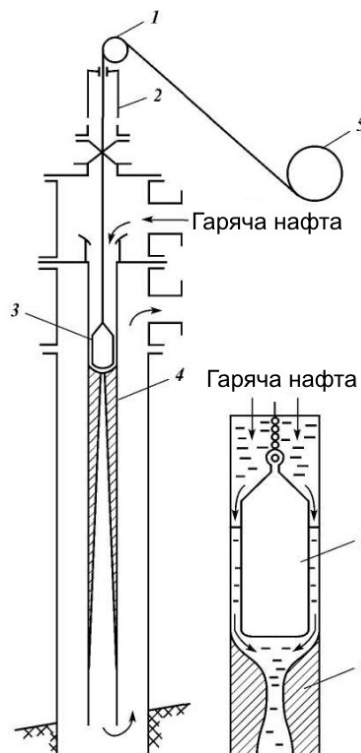
- гарячої нафти або води як теплоносія;
- водяної пари (парогенераторних установок);
- електричних печей наземного і свердловинного виконання;
- агентів, взаємодія яких призводить до хімічної реакції, що супроводжується виділенням деякої кількості тепла.

Технологія застосування теплоносія передбачає нагрівання рідини у спеціальних нагрівачах – котельних установках пересувного типу з подальшим подаванням її у свердловину способом прямого або зворотного промивання.

З цією метою промисловість випускає спеціальні агрегати – депарафінаційні пересувні установки, оснащені пароутворювачами – підігрівачами рідини до температури 150 °С і насосами, що розвивають тиск до 16 МПа. Нагрітий агент може циркулювати в свердловині певний час, забезпечуючи розплавлення і видалення відкладень.

Доцільніше застосовувати ППУ для очищення маніфольдів, арматури та трубопроводів у зоні розташування свердловини.

Підвищення ефективності очищення НКТ від відкладень парафіну може бути досягнуте технологією, схема якої відображена на рис. 1.



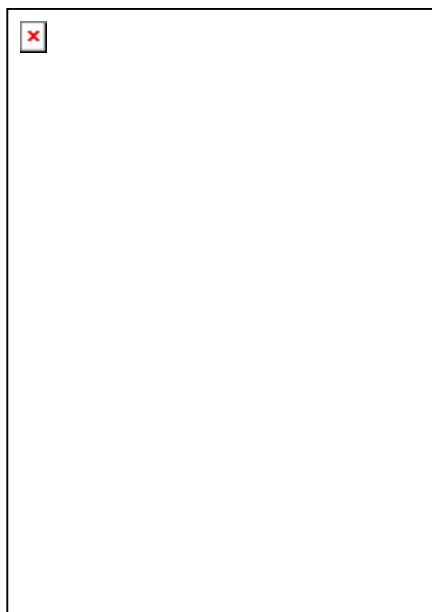
1 – спрямовуючий ролик; 2 – лубрикатор;  
3 – плунжер; 4 – парафін;  
5 – лебідка з канатиком

**Рисунок 1 – Схема устаткування свердловини для депарафінації гарячою нафтою із застосуванням плунжера**

Поліпшення процесу очищення відбувається за рахунок поєднання операції промивання гарячою рідиною з опусканням поршня. Останній забезпечує спрямований рух теплоносія вздовж внутрішньої поверхні НКТ і раціональніше використання тепла.

**Електродепарафінація.** Використання електричної енергії для видалення парафіну має давню історію, коли на сахалінських промислах на НКТ подавався електричний струм напругою 2000-6000 В.

Одним із різновидів депарафінації є використання пристроїв, що розташовуються у зоні інтенсивного утворення парафіну. Конструкція таких нагрівачів (рис. 2) [2-5] містить обмотку 2, осердя 3, пересувний контакт 1, приєднувальні клеми 4 і 5, джерело електричного струму 6.



1 – контакт пересувний; 2 – обмотка;  
3 – осердя; 4, 5 – приєднувальні клемми;  
6 – джерело електричного струму

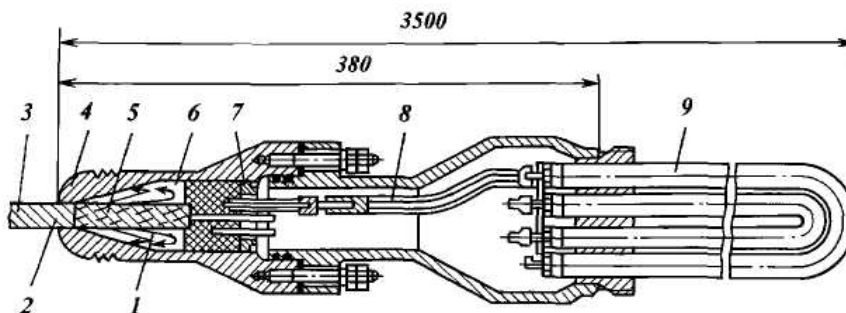
**Рисунок 2 – Схема устаткування свердловини й електрична схема ланцюга при депарафінзації із застосуванням індукційної електропечі**

Тут осердя є колона насосно-компресорних труб. Напруги подається на індукційну котушку обсадною колоною, а на осердя – НКТ. Умовою роботи схеми є забезпечення надійної ізоляції НКТ від обсадної колони. Це досягається застосуванням центраторів, виконаних з електроізоляційного матеріалу.

Із розвитком електродепарафінзації були розроблені індукційні нагрівачі, електроживлення яких здійснюється кабелем. Це забезпечує більш високу надійність і безпеку конструкції.

За останні роки промисловість освоїла виробництво установки для електропрогрівання свердловин типу УЕС-1500, яка забезпечує опускання у свердловину на кабель-канаті на глибину до 1500 м електричної печі потужністю до 50 кВт.

Подальшим розвитком цього напрямку є опускання нагрівачів у середину НКТ (рис. 3) безпосередньо в інтервали утворення парафіну,

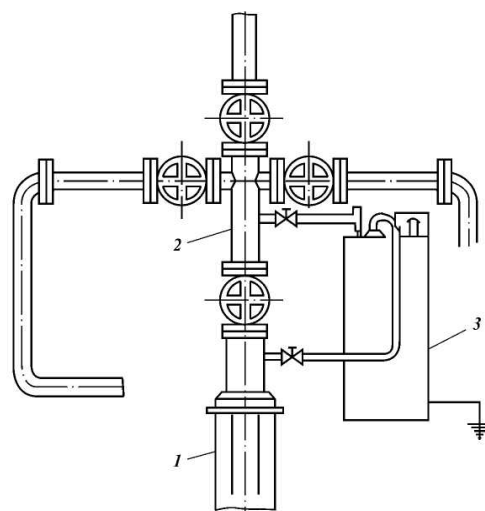


1 – кріплення кабелю; 2 – дротяний бандаж; 3 – кабель; 4 – головка; 5 – азбестова оплітка;  
6 – свинцева заливка; 7 – гайка; 8 – клемник; 9 – нагрівач

**Рисунок 3 – Електронагрівач свердловинний**

для чого було розроблено електричний нагрівач свердловинний діаметром 29 мм і потужністю 9,45 кВт.

Використання електронагрівачів для боротьби з відкладеннями парафіну в устьовій арматурі й маніфольдах реалізується також шляхом монтажу на гирлі свердловини спеціальної батареї зі сполучених між собою трьох труб, на які намотується електрична обмотка. Труби підключаються до арматури і через них пропускається рідина, котра видобувається, а на обмотку подається напруга (рис. 4) [2]. Потужність нагрівача становить 24 кВт, температура нагрівання рідини досягає 75 °С. Пристрій забезпечує циркуляцію нагрітої рідини через арматуру та робочий маніфольд та задовільне очищення останніх від парафіну.



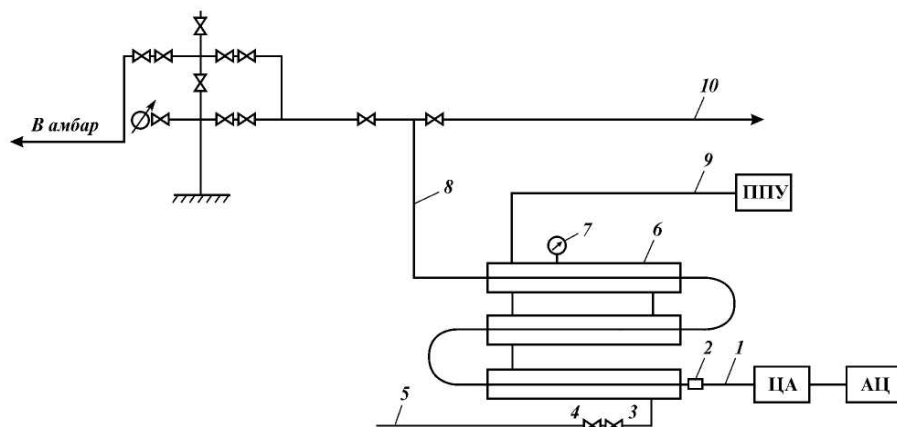
1 – свердловина; 2 – устьова арматура;  
3 – підігрівач

**Рисунок 4 – Індукційний прямострумний підігрівач і схема його підключення**

Використання даного пристрою особливо ефективно на віддалених свердловинах, розташованих в важкодоступних місцях.

Попри переваги електричного способу видалення парафінових відкладень він одержав обмежене використання через ненадійність серійних конструкцій обладнання.

Методи, що відносяться до фізичних, ґрунтуються на використанні електричних, магнітних, електромагнітних полів, механічних і ульт-



1 – лінія подавання розчинника; 2 – термокишеня; 3 – регулююча засувка; 4 – зворотний клапан;  
5 – лінія виходу відпрацьованої пари; 6 – кільцевий простір підігрівача; 7 – манометр;  
8 – лінія виходу гарячого розчинника; 9 – паропровід від ППУ; 10 – викидна лінія

**Рисунок 5 – Схема підключення устаткування свердловини під час оброблення гарячим розчинником**

травукових коливань. До найперспективніших методів відносять дію змінних електромагнітних полів на парафіністу нафту. У результаті лабораторних та промислових досліджень встановлено, що при обробці нафти електромагнітним полем ступінь парафінізації трубопроводів значно зменшується. Величина дії поля на інтенсивність утворення відкладень залежить від фізико-хімічних властивостей, складу нафти, інтенсивності поля і режиму обробки нафтового потоку полем.

Як відомо, нафта є сумішшю речовин, що володіють різним характером і значенням магнітної сприйнятливості, а також електричної поляризованості. Змінне електричне поле характеризується напруженістю змінного електричного поля і напруженістю змінного магнітного поля. При обробці нафтового потоку електромагнітним полем утворюються додаткові центри кристалізації парафіну по всьому об'єму нафтового потоку. Кристали ростуть не на стінках устаткування, а в об'ємі нафти, що і зменшує інтенсивність накопичення відкладень в устаткуванні.

На даний час у зв'язку з труднощами придбання хімічних реагентів і спеціального устаткування перспективними є пристрої, що запобігають утворенню відкладень, на основі постійних магнітів, які не вимагають ні хімічних реагентів, ні електроенергії. Протягом останніх трьох років для вирішення цієї проблеми пропонувалися електромагнітні пристрої «Магніфлю» виробництва компанії «Петролеум Магнетік Інтернешнл» (штат Техас, США). Фактично вони є трубами НКТ із зовнішнім кожухом, в якому розміщуються магніти. Технологічна конструкція пристрою забезпечує універсальність цих виробів, але через досить значні розміри (2-5 м) і масу (30-100 кг) іноді виникають проблеми з установленням і монтажем (обов'язкове підняття НКТ на поверхню).

На даний момент упроваджуються магнітні пристрої, котрі являють собою циліндри діаметрами 60 і 42 мм, завдовжки 450 і 350 мм, ма-

сою приблизно 5 і 3 кг, виконані з корозійностійкої сталі і обладнані елементами кріплення усередині труби і пристосуваннями, що дають змогу підвішувати їх в НКТ на дроті, у тому числі разом з механічним шкребком або обважнювачем. Підймання НКТ в більшості випадків не потрібне.

Слід зазначити, що недоліком магнітних пристроїв є те, що вони можуть запобігати відкладенням парафінів, але не здатні очищувати труби та обладнання від них.

На даний час широко використовується метод, що полягає у внесенні в нафту або нафтову емульсію хімічних реагентів, що зменшують, а іноді і повністю запобігають утворенню парафіністих відкладень. Дія таких реагентів базується на адсорбційних процесах, що відбуваються на межі розділу між рідкою фазою і твердою поверхнею. Останніми роками завдяки зусиллям вчених багатьох дослідницьких центрів і промислових інженерів створено низку хімічних речовин – інгібіторів парафіновідкладень, які застосовуються з різним ступенем ефективності.

Окрему групу утворюють хімічні реагенти, призначені для видалення наявних відкладень та сповільнення подальшого їх накопичення. Вони одержали назву видалювачів і за хімічним складом – це розчинники, що є відходами або проміжними похідними нафтохімічних виробництв.

Досвід застосування розчинників свідчить, що з підвищенням температури до 60°C швидкість розчинення АСПВ збільшується в 4 рази. Для цієї мети було розроблено спеціальний підігрівач, що є теплообмінником «труба в трубі». Теплоносій від паропересувної установки закачують в кільцевий простір теплообмінника, а розчинник, що нагрівається, подається насосним агрегатом в центральну трубу, що сполучається з арматурою свердловини. За витрати 2 л/с і температури 60–70 °C розчинник дозують в свердловину. Устаткування і свердловини обв'язують за схемою, зображеною на рис. 5.

Опишемо технологію оброблення свердловини.

Пару від ППУ подають одночасно з розчинником в підігрівач. Температуру пари рекомендується підтримувати не нижчою 200 °С. Розчинник в об'ємі 6 м<sup>3</sup> подають в НКТ в область, розташовану нижче за межу інтенсивного виділення парафіну з нафти, тобто на глибину 2000-2100 м.

Після закачування розчинника в НКТ свердловину зупиняють на 2 год., відтак запускають в роботу. При ремонтних роботах для очищення НКТ і експлуатаційної колони рекомендується підняти НКТ на глибину до 1000 м і виконати циркуляційне промивання гарячим розчинником в об'ємі 16-18 м<sup>3</sup>.

Основним показником техніко-економічної ефективності описаної технології є збільшення міжочисного періоду свердловини, а також підвищення дебіту нафти і газу впродовж усього періоду експлуатації свердловини.

В окремих випадках для сповільнення процесу відкладання парафіну застосовують інгібітор ХТ-48. Існує декілька способів його застосування:

- безперервне дозоване подавання через затрубний простір за допомогою насосів-дозаторів;

- періодична обробка насосно-компресорних труб і викидних ліній;

- оброблення викидних ліній гарячого розчину ХТ-48 в нафті з нагріванням його в підігрівачах.

Останнім часом набули поширення декілька способів подавання інгібіторів до нафтових свердловин – періодичне і подавання в затрубний простір устьовими дозаторами.

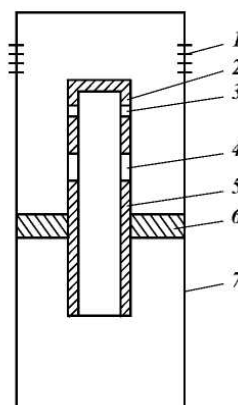
Періодичний спосіб передбачає одноразове затискання в пласт певного об'єму розчину насосним агрегатом через затрубний простір свердловини або НКТ без підймання устаткування. Такий спосіб простий, технологічний, проте, як вказують дослідники, відносно високовартісний, оскільки нетривалий за терміном впливу.

Подавання розчину в затрубний простір устьовими дозаторами вимагає монтажу дозуючих насосів, що спричиняє певні технічні труднощі. Затрубне дозування вимагає також підвищеної витрати реагента унаслідок втрати його активності при проходженні значного стовпа газорідної суміші від гирла до нижньої частини НКТ.

Найдоцільнішим є подавання в свердловини інгібітора. При фонтанному способі видобування з цією метою можуть використовуватися декілька конструкцій дозаторів.

Дозатор гравітаційної дії складається з контейнера, зібраного з декількох насосно-компресорних труб, заповнених інгібітором, і дозуючого пристрою. Останній є штуцером з двома отворами різного діаметра. Дозатор вмонтовується в кінці колони НКТ (рис. 6).

Передбачається, що через отвір більшого діаметра пластова рідина надходить в контейнер і унаслідок більшої, ніж у інгібітора густини,



1 – фільтр; 2 – заглушка; 3 – отвір діаметром 1,5 мм; 4 – отвір діаметром 3 мм; 5 – штуцер; 6 – державка; 7 – контейнер

**Рисунок 6 – Дозатор гравітаційного типу**

осідає на дно. При цьому інгібітор підіймається вгору і витісняється з контейнера через отвір меншого діаметра.

Об'єм реагента, а отже, і кількість НКТ, утворюючих контейнер, вибирається виходячи з планованої дози реагента і міжремонтного періоду роботи свердловинного фонтану.

Не зважаючи на простоту конструкції, вказаний дозатор володіє істотним недоліком: витіснення реагента з контейнера відбувається незалежно від роботи свердловини. Це робить його неекономічним. Останнє проявляється найбільш гостро в періодично працюючих свердловинах.

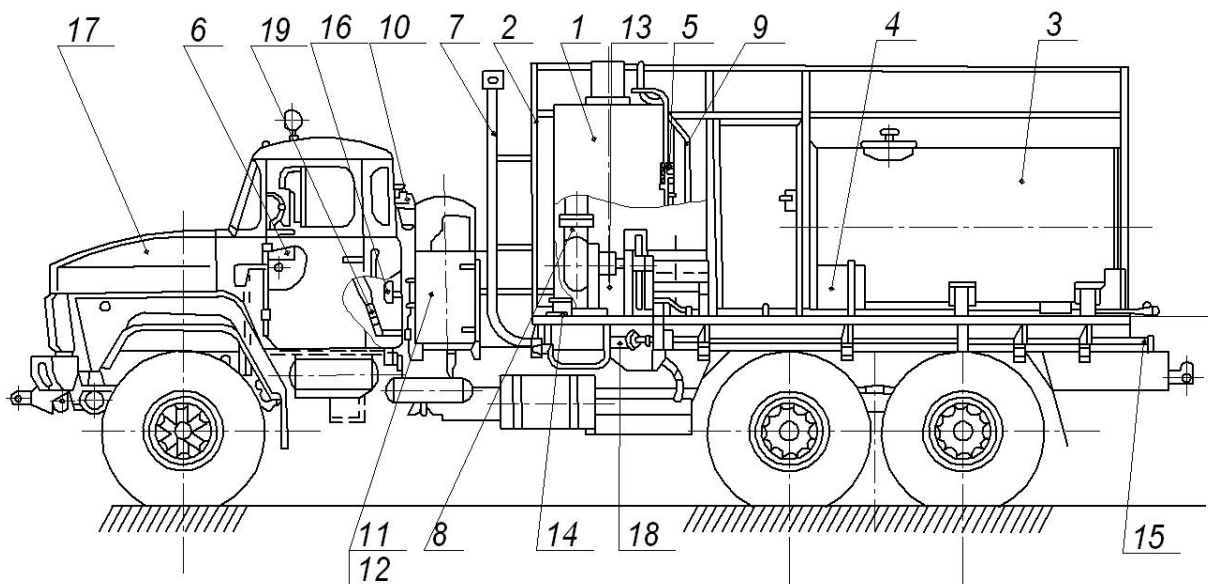
З-поміж усіх методів боротьби з АСПВ найбільшого поширення на промислах набув спосіб розрідження та виплавлення парафіну з внутрішньої поверхні насосно-компресорних труб водяною парою, одержуваною від пересувної парової установки (наприклад, типу ППУА-1600/100), або від стаціонарної теплотилової установки.

Схема парової пересувної установки ППУА-1600/100 наведена на рисунку 7.

Установка змонтована на шасі автомобіля КраЗ-250, призначена, в основному, для депарафінізації свердловин, промислових і магістральних нафтопроводів, обігріву заморожених ділянок наземних комунікацій, а також для очищення від парафіну внутрішніх поверхонь насосно-компресорних труб, вилучених із свердловин [3-5]. Вона має максимальну продуктивність за парою – 1600 кг/год., максимальну температуру пари – 310 °С, максимальний тиск пари – 10 МПа. Повна маса установки – 21000 кг.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.**

Розглянуті способи боротьби з відкладеннями парафінів дозволяють досить ефективно запобігати відкладанням їх часток на стінках НКТ та іншого свердловинного обладнання. Проте, вони не забезпечують абсолютного усунення цього фактора з виробничого процесу. При цьому періодично виникає необхідність



1 – котел паровий; 2 – кузов; 3 – цистерна; 4 – бак паливний; 5 – обв'язка; 6 – електрообладнання; 7 – виведення викидних газів; 8 – повітропровід; 9 – огороження; 10 – вогнегасник; 11 – комплект інструмента; 12 – вузол запірний; 13 – трансмісія; 14 – рама з кріпленнями; 15 – кріплення магістральних труб; 16 – управління регулюючим вентилям; 17 – шасі автомобіля; 18 – привод установки; 19 – керування коробкою відбору потужності

**Рисунок 7 – Пересувна парогенераторна установка ППУА 1600/100**

підняття колони НКТ із свердловинним обладнанням, для подальшого їх очищення.

Очищення проводить в лежачому положенні труби із застосування парогенераторних установок. Ці установки генерують суху пару і подають її на зовнішню поверхню очищуваного обладнання. При цьому відбувається підвищення температури оброблюваних елементів та розрідження високов'язких часток з подальшим їх стіканням до збірної ємності.

Спосіб очищення насосно-компресорних труб від парафінових відкладень за допомогою сухої пари набув найбільшого розповсюдження на промислах України. Він є досить простим і надійним, проте, малопродуктивним, так як очищується, як правило, по черзі кожна труба з піднятої колони. При цьому парогенераторні багатоцільові установки, котрі генерують пару, є досить енерговитратними.

Крім того, дані установки мають ряд недоліків, які обмежують ефективність їх використання, а саме:

- 1) робота на дизельному паливі, яке має відносно високу вартість;
- 2) значні витрати дизельного пального (до 110-125 л за годину);
- 3) підвищені витрати на технічне обслуговування, оскільки обладнання є достатньо складним та громіздким;
- 4) експлуатація агрегату вимагає суворого контролю жорсткості вживаної води, використання фільтрів, які знижують її жорсткість, а також профілактичного контролю товщини шару накипу та його видалення;
- 5) необхідність використання установок для попередньої обробки води при продуктивності ППУ, більшій за 0,7 т/год.;

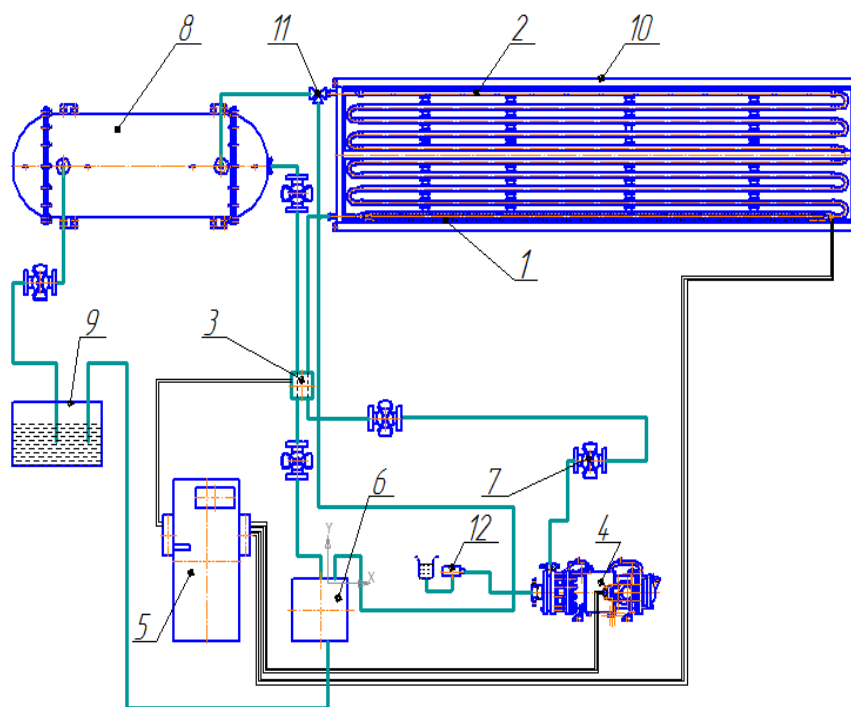
б) екологічна шкода докільню внаслідок роботи обладнання з очищення труб на відкритому повітрі та використання для утворення пари процесу спалювання дизельного пального.

**Мета роботи.** Виходячи з перелічених вище аргументів, можна стверджувати про доцільність розробки *нового технологічного комплексу для очищення НКТ від АСПВ*, який характеризуватиметься:

- високою якістю очищення насосно-компресорних труб від парафінових відкладень;
- зменшенням собівартості проведення процесу очищення НКТ;
- очищенням внутрішньої і зовнішньої поверхонь насосно-компресорних труб з будь-якими відхиленнями від прямолінійності при економії витрат робочого агента;
- поліпшенням умов праці обслуговуючого персоналу, підвищенням продуктивності праці;
- мінімальною екологічною шкодою оточуючому середовищу.

**Виклад основного матеріалу.** Для досягнення цих задач авторами був розроблений комплекс для очищення НКТ із застосуванням теплоізоляованого контейнера та електричного спірального трубного нагрівача, принципова схема якого наведена на рисунку 8.

Установка для очищення НКТ від АСПВ з використанням багатотрубного теплоізоляованого контейнера на базі глибинного електричного спірального трубного нагрівача складається з таких основних елементів: нагрівача трубчастого електричного 1, який є випромінювачем теплової енергії; НКТ 2, які підлягають очищенню; блоку контролю витрати рідини та



1 – нагрівач трубний електричний; 2 – НКТ, котрі очищуються від АСПВ;  
 3 – блок контролю витрати рідини та температури вхідного та вихідного потоків;  
 4 – насос циркуляційний; 5 – станція контролю та керування; 6 – фільтр-відстійник; 7 – засувка;  
 8 – відстійник горизонтальний пластинчастий; 9 – ємність-накопичувач; 10 – контейнер БК-10;  
 11 – триходовий кран; 12 – насос-дозатор

**Рисунок 8 – Принципова схема технологічного комплексу для очищення НКТ від АСПВ**

температури вхідного та вихідного потоків 3; насоса циркуляційного 4; станції контролю та керування 5; обладнання для очищення робочого агента (фільтр-відстійник 6 та відстійник горизонтальний пластинчастий 8); ємності-накопичувача 9; теплоізованого контейнера 10; засувки 7; триходового крана 11 та насоса-дозатора 12. Також до складу комплексу входять теплоізовані трубопроводи, які забезпечують зв'язок між технологічними апаратами, та кабелі управління і живлення.

Принцип роботи установки заснований на використанні теплової енергії, що виробляється електричним трубним нагрівачем. Завдяки своїм особливостям (незначному зовнішньому діаметральному розміру 0,13 м, виконання на базі труби НКТ діаметром 89 мм) його можна використовувати у складі свердловинного трубного підйомника вуглеводневої сировини. Теплова енергія, в результаті процесу теплообміну, передається робочому агенту, який проходить внутрішньою порожниною нагрівача. Це призводить до збільшення температури робочого агента. Циркуляцію системою підігрітого до 80-90°C агента забезпечує відцентровий насос типу 2ЦГ. Під впливом високотемпературного потоку теплоносія на парафін, який знаходиться на стінках НКТ, відбувається його розплавлення і видалення через вивідний патрубок теплоізованого контейнера. При цьому, для отримання мінімальної витрати електричної енергії та зменшення споживаної потужності нагрівача було прийняте технологічне рішення,

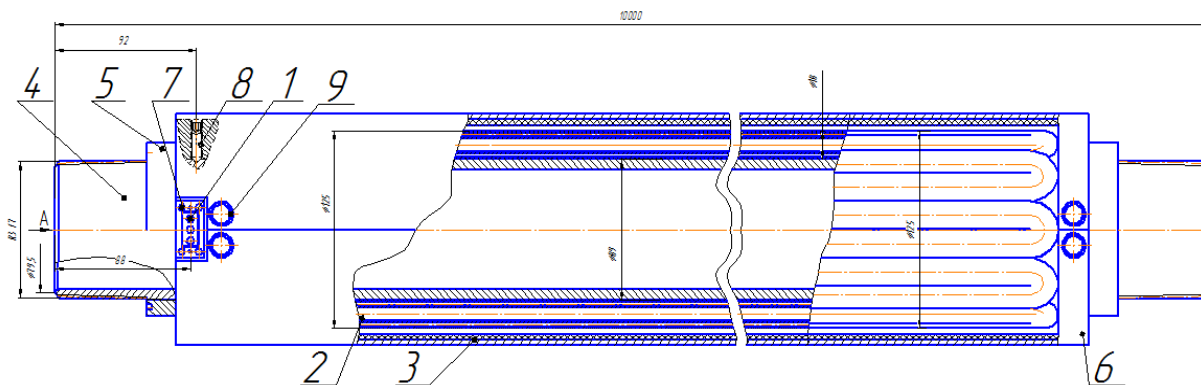
про забезпечення циркуляції робочого агента, на початковій стадії очищення, малим контуром, що включає тільки насос, електричний нагрівач та насосно-компресорні труби, які розміщені в теплоізованому контейнері. Потім, коли спостерігається розрідження АСПВ, за допомогою трьохходового крана 11 робочий агент разом із розрідженим парафіном спрямовується через обладнання для очищення технологічного середовища, яке включає відстійник горизонтальний пластинчастий та фільтр-відстійник. Парафін, який відділяється від води у пластинчастому відстійнику, спрямовується до ємності-накопичувача, а теплоносій разом із маленькими частинками АСПВ надходить у фільтр-відстійник, де відбувається остаточне освітлення робочого агента.

У ряді випадків для більш ефективного очищення НКТ від АСПВ в робочий агент додатково вводять хімічний реагент для видалення АСПВ за допомогою насоса-дозатора 12.

Роботою технологічного комплексу керують за допомогою станції контролю та керування, яка отримує інформацію від блоку контролю витрати рідини та температури вхідного і вихідного потоків та змінює за потреби режим роботи циркуляційного насоса та нагрівача.

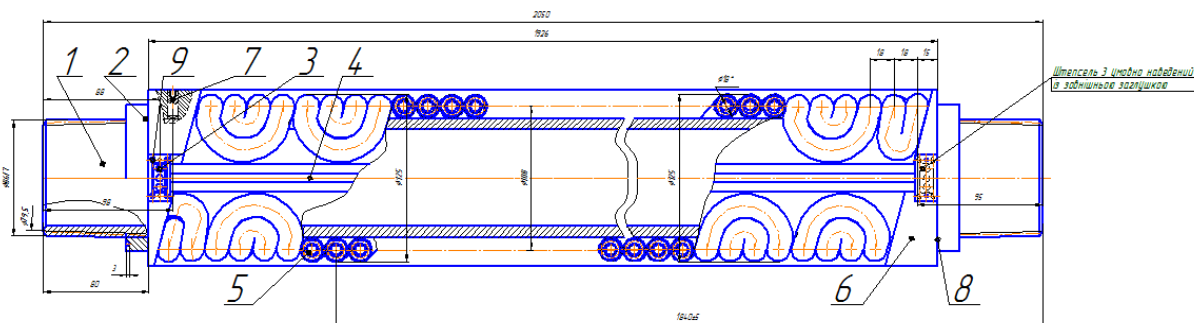
Одним із основних елементів даного технологічного комплексу є електричний спіральний трубний нагрівач ПЕГ-2ТІМ, який слугує джерелом тепла для нагрівання робочого агента. Конструктивне виконання електричного нагрівача подається на рисунку 9.





1 – гніздо штепсельне; 2 – елемент нагрівальний; 3 – кожух теплоізоляційний; 4 – корпус;  
5 – шайба затискна; 6 – шайба напрямна; 7 – гвинт затискний; 8 – гвинт кріплення напрямної шайби; 9 – болт кріплення кожуха

Рисунок 9 – Конструкція електричного спірального нагрівача трубчастого типу ПЕГ–2ТІМ



1 – корпус; 2 – шайба затискна; 3 – гніздо штепсельне; 4 – контактна група;  
5 – елемент нагрівальний; 6 – шайба напрямна; 7 – гвинт затискний; 8 – прокладка;  
9 – гвинт кріплення напрямної шайби

Рисунок 10 – Конструкція прохідного глибинного електричного трубного нагрівача ПЕГ-2ТІМ

Пропонований нагрівач є модернізованою конструкцією прохідного глибинного електричного нагрівача ПЕГ-2ТІМ (рис. 10).

Для підвищення ефективності роботи електричного нагрівача та виконання покладених на нього функцій у складі установки для очищення НКТ від АСПВ було прийняте рішення змінити форму навівання нагрівального елемента з кільцевої на поздовжню, конструктивне виконання затискної та напрямної шайб. Для забезпечення максимальної ефективності та підвищення ККД роботи нагрівача був розроблений теплоізоляційний кожух (поз. 3 рис. 9), який захищає нагрівальний елемент від механічних пошкоджень та сприяє більш раціональному використанню теплової енергії, яка відводиться на нагрівання робочого агента, а не розсіюється у навколишнє середовище. Кріплять теплоізоляційний кожух до нагрівача за допомогою болтів, які вгвинчуються у напрямні шайби.

Корпусом нагрівача слугує НКТ зі стандартним діаметром 89 мм.

Електричний нагрівач ПЕГ-2ТІМ має такі технічні характеристики:

- 1) споживана потужність, кВт – 91.
- 2) тип живлення – змінний або постійний струм напругою 220/380 В.
- 3) максимальна температура підігріву робочого агента, °С – 75...90.

- 4) гарантований наробіток на відмову, год. – 4500.

5) габаритні розміри, мм:

- довжина 10000,

- зовнішній діаметр 146.

- 6) час виходу на робочий режим роботи, хв. – 10.

7) маса, кг – 130.

Споживана нагрівачем потужність в процесі підняття температури робочого агента визначається із залежності:

$$P_H = \frac{c \cdot G \cdot (T_K - T_H)}{t \cdot \epsilon}, \quad (1)$$

де  $P_H$  – споживана нагрівачем потужність, Вт;  
 $c$  – питома теплоємність робочого агента, Дж/(кг·К);

$G$  – маса середовища у внутрішній порожнині нагрівача, кг;

$T_K$  – кінцева температура нагріву середовища, К;

$T_H$  – початкова температура середовища, К;

$\epsilon$  – коефіцієнт, який враховує теплові втрати під час проходження робочим агентом нагрівача;

$t$  – час нагріву робочого агента, с.



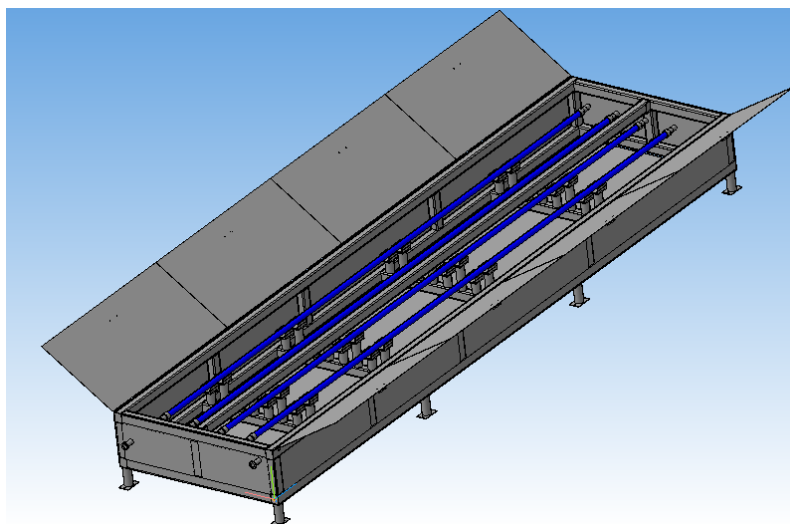
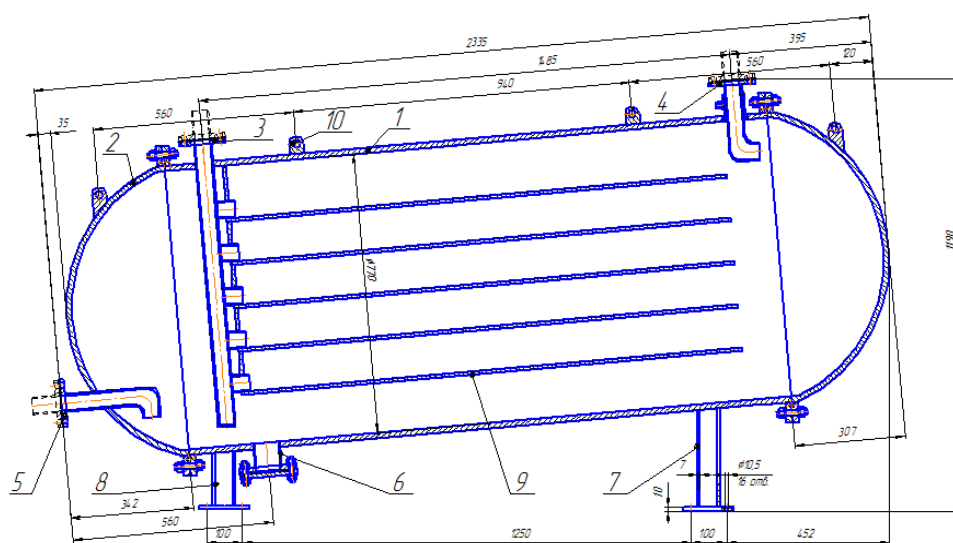


Рисунок 11 – Конструкція багатотрубного теплоізолюваного контейнера



1 – корпус; 2 – кришка корпуса; 3 – патрубок введення емульсії; 4 – патрубок відведення парафіну; 5 – патрубок відведення робочого агента; 6 – патрубок дренажний; 7 – опора передня; 8 – опора задня; 9 – горизонтальна полиця; 10 – такелажний пристрій

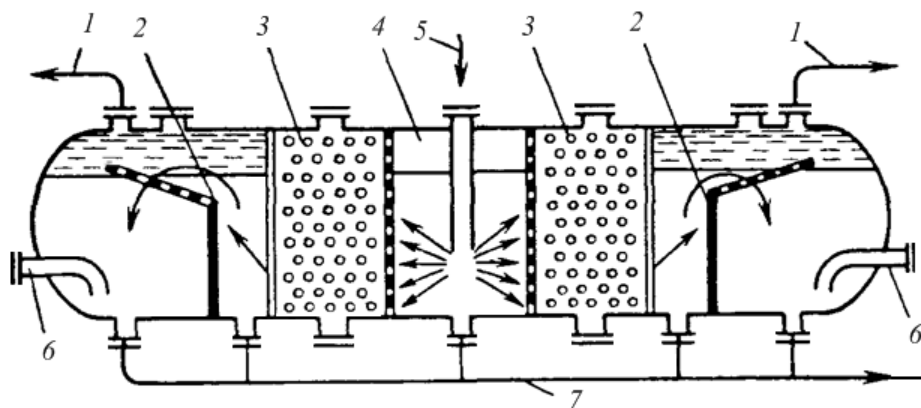
Рисунок 12 – Відстійник горизонтальний пластинчастий

Для забезпечення роботи комплексу з очищення НКТ від АСПВ був розроблений багатотрубний теплоізолюваний контейнер (рис. 11), що служить для розміщення НКТ, які підлягають очищенню, та електричного нагрівача.

Корпус контейнера, що має прямокутний переріз, виготовлений із профільного металу електроварюванням. Бічна поверхня обшита листовим металом, товщиною 3 мм. Знизу контейнер закритий піддоном, з нахилом в одну сторону для збирання парафінових з'єднань, які стікають із зовнішньої поверхні насосно-компресорних труб. Для очищення піддону від АСПВ, які перебувають у рідкому стані, передбачений обладнаний краном дренажний патрубок. Для розміщення насосно-компресорних труб, які підлягають очищенню, та електричного нагрівача, в контейнері передбачені тримачі із різною висотою, для максимально корисного використання внутрішнього простору контей-

нера (труби розміщені у шаховому порядку). З метою підвищення продуктивності процесу завантаження труб до контейнера використовують швидкокороз'ємні муфти для з'єднання труб. Робочий агент потрапляє у НКТ, розміщені у контейнері, через ввідний патрубок, а виходить через вивідний патрубок. Для підведення кабелю до електричного нагрівача, який також знаходиться у контейнері, передбачений спеціальний отвір на бічній поверхні. Зверху контейнер закривається кришкою з метою зниження рівня розсіювання теплової енергії у навколишнє середовище. Для реалізації технологічного процесу очищення НКТ з мінімальними тепловими втратами, зовнішню поверхню контейнера покривають шаром теплоізоляційного матеріалу – пінополіуретану.

Очищення робочого агента від включень парафіну проводять у горизонтальному пластинчастому відстійнику (рис. 12). У ньому руйнування емульсії прямого типу відбувається вна-



1 – вихід парафіну; 2 – переділки; 3 – відсіки, заповнені гранульованим поліетиленом; 4 – камера попереднього відстоювання; 5 – введення робочого агента; 6 – вихід робочого агента; 7 – дренажний водовід для скидання брудної води після промивання фільтра

Рисунок 13 – Фільтр-відстійник

слідок зниження швидкості потоку та відокремлення крапель парафіну і води за рахунок гравітаційних сил, тобто різниці їх густин (седиментаційний метод). З метою інтенсифікації гравітаційного розділення в апараті розміщують горизонтальні полиці, зменшуючи таким чином товщину шару емульсії.

Заздалегідь звільнений у горизонтальному пластинчатому відстійнику від великих крапель парафіну агент надходить лінією 5 в камеру попереднього відстоювання 4. З неї він прямує у відсіки 3, заповнені гранульованим поліетиленом з розмірами гранул 4-5 мм. Гранульований поліетилен сприяє «захопленню» парафінових крапель і вільно пропускає через гранули воду. На шляху руху робочого агента до виходів 6 та парафіну до виходів 1 розміщені переділки 2, що змінюють напрям потоку цих флюїдів і сприяють їх гравітаційному розділенню.

Очищений агент (теплоносій) автоматично скидається по водоводах 6, а парафін – трубопроводами 1.

Даний технологічний комплекс розроблений у мобільному виконанні, що робить його зручним в експлуатації на нафтопромислах, так як одна установка зможе обслуговувати кілька складів з насосно-компресорними трубами.

Фільтр-відстійник (рисунок 13) призначений для «вловлювання» дрібних крапельок парафіну з робочого агента.

Запропоноване технічне рішення підкріплюється безпосередньо розробленою технічною документацією, що дає змогу за необхідності спрямовувати її на виробництво як робочий проект.

Отже, посилаючись на перелічені техніко-економічні фактори, можна стверджувати, що запропонований спосіб очищення НКТ дасть можливість очищувати труби будь-якого ступеня забрудненості за наявності відхилень від прямолінійності та механічних пошкоджень. При цьому внаслідок закритого типу контура системи негативний вплив на оточуюче середовище мінімальний.

### Висновки

Застосування технологічного комплексу для очищення насосно-компресорних труб від АСПВ з використанням багатотрубного теплоізованого контейнера на базі глибинного електричного спірального трубного нагрівача дає змогу поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу, підвищити продуктивність праці та знизити собівартість процесу очищення НКТ, а також зменшити забруднення навколишнього середовища.

### Література

- 1 Акульшин А. И. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин / А.И. Акульшин, В.С. Бойко. – М.: Недра, 1989. – 480 с.
- 2 Онищенко О. Г. Машины та обладнання для видобутку нафти і газу: навчальний посібник / О. Г. Онищенко, А. М.Матвієнко. – Полтава: Видавництво ПолтНТУ, 2009. – 409 с.
- 3 Довідник з нафтової справи; за заг. ред. докторів технічних наук В.С. Бойка, Р.М. Кондрата, Р.С. Яремійчука. – К.: Львів, 1996. – 620 с.
- 4 Бухаленко П. И. Монтаж, обслуживание и ремонт нефтепромыслового оборудования / П. И. Бухаленко, Ю. Г.Абдулаев. – М.: Недра, 1985. – 350 с.
- 5 Молчанов А. Г. Нефтепромысловые машины и механизмы / А. Г.Молчанов, А. Г. Чичеров. – М.: Недра, 1976.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
01.10.14

Рекомендована до друку  
професором **Паневником О.В.**  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
професором **Павленком А.М.**  
(Полтавський національний технічний  
університет імені Юрія Кондратюка,  
м. Полтава)