

Винахід відноситься до способів очищення трубопроводів від застигаючих в'язких темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, і може бути використаний для очищення технологічних трубопроводних систем, які використовуються в нафтохімічній промисловості, і, зокрема, на перевалочних, розподільних і приймальних нафтобазах.

Відомий спосіб очищення трубопроводів нафтобаз, що полягає в прокачуванні трубопроводів водою із застосуванням еластичних розподільників [1].

Недоліком способу-аналога є те, що його не можна застосовувати для трубопроводів, по яких перекачуються масла, реактивні палива та інші нафтопродукти, в тому числі високов'язкі темні нафтопродукти, для яких наявність води у їхньому складі є неприпустимою.

Як прототип вибраний спосіб очищення трубопроводів нафтобаз, що полягає у видаленні по закінченні проведення вантажно-розвантажувальних робіт з лінії технологічних трубопроводів, що складається з внутрішньоплощадочних, очисного, блокувального і підводного технологічних трубопроводів, а також гнучкого шланга, залишків нафти і в'язких нафтопродуктів за допомогою створення різниці тиску на ділянках технологічних трубопроводів за допомогою насосів, які розміщують в технологічному блоці насосно-трубопроводної системи нафтобази. При цьому очищення і вантаження нафтопродуктів здійснюють по різних трубопроводах (очисному і вантажному), а технологічні трубопроводи виконані з можливістю їх підігрівання [2].

Недоліком способу-прототипу є необхідність наявності крім вантажного трубопроводу ще й зачисного, який до того ж має меншу пропускну спроможність, обмежена застосовність цього способу для очищення внутрішньоплощадочних і блокувальних трубопроводів нафтобаз, а також його повна незастосовність для очищення підводних технологічних трубопроводів.

В основу винаходу поставлена задача створення універсального способу очищення технологічних трубопроводів, тобто способу очищення як внутрішньоплощадочних, так і блокувальних, а також підводних технологічних трубопроводів від застигаючої нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, які використовуються в технології перевалки темних нафтопродуктів на перевалочних нафтобазах.

Поставлена задача досягається тим, що в способі очищення внутрішньоплощадкових, блокувальних та підводних технологічних трубопроводів від застигаючої нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, що включає видалення по закінченні проведення вантажно-розвантажувальних робіт з лінії технологічних трубопроводів, що складається з внутрішньоплощадкових, блокувального та підводного технологічного трубопроводів, а також гнучкого технологічного шланга, який сполучено з судном, залишків нафти і в'язких нафтопродуктів в резервуари для зберігання темних нафтопродуктів за допомогою створення різниці тиску на ділянках технологічних трубопроводів за допомогою насосних агрегатів, які розміщують в технологічному блоці насосно-трубопроводної системи нафтобази, в технологічному блоці насосно-трубопроводної системи встановлюють два резервуари для зберігання нафтопродукту заміщення, один з яких спочатку порожній, розміщують паралельно першій лінії технологічних трубопроводів другу лінію з обв'язуванням її на існуючі внутрішньоплощадочні трубопроводи і насосні агрегати, між кінцями підводних технологічних трубопроводів в місці їх з'єднання з гнучкими технологічними шлангами встановлюють підводний з'єднувальний колектор із запірно-регулюючою арматурою, здійснюють витіснення залишків нафти і в'язких нафтопродуктів з ліній технологічних трубопроводів шляхом відкриття запірно-регулюючої арматури, встановленої в підводному з'єднувальному колекторі, подачі в одну з ліній технологічних трубопроводів нафтопродукту заміщення з резервуара для зберігання нафтопродукту заміщення, створення різниці тиску на ділянках технологічних трубопроводів за допомогою насосних агрегатів і забезпечення реверсивного переміщення нафтопродукту заміщення по двох лініях технологічних трубопроводів і підводному з'єднувальному колектору, здійснюють подачу з резервуара для зберігання темних нафтопродуктів до однієї з ліній технологічних трубопроводів розігрітої нафти і в'язких нафтопродуктів, за допомогою якої витісняють нафтопродукт заміщення з ліній технологічних трубопроводів до порожнього резервуара для зберігання нафтопродукту заміщення, контролюючи його витіснення з ліній технологічних трубопроводів на основі вимірів об'єму витісненого до порожнього резервуара нафтопродукту заміщення, перекривають запірно-регулюючу арматуру, встановлену в підводному з'єднувальному колекторі, і виконують вантажно-розвантажувальні операції, використовуючи одну з ліній технологічних трубопроводів.

Вантажно-розвантажувальні роботи здійснюють одночасно по двох лініях технологічних трубопроводів.

Очищення технологічних трубопроводів здійснюють при умові перевищення температури залишків нафти і в'язких нафтопродуктів, що знаходяться в лініях технологічних трубопроводів після вантаження їх на судно, в порівнянні з паспортною температурою застигання нафти і в'язких нафтопродуктів, що перекачуються.

Як нафтопродукт заміщення використовують нафтопродукт з температурою застигання, не більшою за -15°C .

Перераховані ознаки способу складають суть винаходу.

Наявність причинно-наслідкового зв'язку між сукупністю істотних ознак винаходу і технічним результатом, що досягається, полягає в наступному.

В процесі експлуатації технологічних трубопроводів нафтобаз виникає необхідність в їх періодичному випорожненні, наприклад, для проведення ремонтних робіт, зміни сорту нафтопродукту, що перекачується, при закінченні вантажно-розвантажувальних операцій і для інших цілей.

В умовах конкретної нафтобази, наприклад, Феодосійського підприємства по забезпеченню нафтопродуктами (ФПЗНП), вантаження на морські судна нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, може бути здійснено в морі по підводних технологічних трубопроводах на безпричальних рейдових пунктах наливу, що віддалені від берегової межі на відстань біля 700 метрів.

Довжина берегової частини технологічних блокувальних трубопроводів, тобто трубопроводів, розташованих між насосною станцією і багатоканальною береговою камерою перемикавання, складає біля 700 - 800м. Таким чином, загальна довжина блокувальних і підводних технологічних трубопроводів складає біля 1400 - 1500м.

Після виконання технологічної операції по вантаженню на морське судно нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, підводні і берегові блокувальні технологічні трубопроводи з нафтопродуктами повинні бути підігріті шляхом використання системи розігрівання, або повинні бути звільнені від застигаючого в них нафтопродукту.

В іншому випадку здійснення подальших технологічних операцій по вказаних трубопровідних системах буде неможливим, оскільки всередині трубопроводів буде знаходитись застигла нафта і в'язкі нафтопродукти.

Це в повній мірі відноситься також до способів очищення технологічних трубопроводів від застигаючих темних нафтопродуктів, які використовуються для очищення трубопроводів вантажних танків, встановлених на танкері з нафтопродуктами. Згідно з цими способами, по закінченні проведення вантажно-розвантажувальних робіт залишки нафтопродуктів, не відкачані з танків по вантажних трубопроводах, видаляють за допомогою створення різниці тиску на ділянках технологічних трубопроводів за допомогою насосів, і транспортування залишків по зачисним технологічним трубопроводам, які мають менший діаметр і пропускну спроможність в порівнянні з вантажними технологічними трубопроводами [3].

В існуючих в цей час нафтокомплексах по перевалці легкозастигаючих сортів нафти і світлих нафтопродуктів, нафтопродукт, що знаходиться в технологічних трубопроводах, розігривається за допомогою спеціально призначеної для цього технологічної системи розігрівання. Ця система забезпечує розігрівання нафти і нафтопродукту, що знаходиться в технологічних трубопроводах, у разі їх застигання.

При цьому велике практичне значення має уміння розраховувати час охолодження нафтопродукту в зупиненому "гарячому" трубопроводі. "Гарячі" трубопроводи, які працюють періодично, повинні бути звільнені або заповнені незастигаючим малов'язким продуктом. Якщо з яких-небудь причин цього не було зроблено, то після закінчення певного часу в'язкість нафтопродукту може зрости настільки, що робочого тиску, що допускається в трубі, виявиться недостатньо для поновлення процесу перекачування нафтопродукту по цих трубопроводах.

Що стосується способів розігрівання темних сортів нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, і які знаходяться в підводних технологічних трубопроводах, то в теперішній час аналогічних способів підігрівання підводних технологічних трубопроводів майже не існує. Вирішення такої задачі існуючими технічними засобами є технічно надзвичайно складним і економічно невиправданим.

Розігрівання темних сортів нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, в берегових блокувальних трубопроводах є технічно здійснимою задачею, тому такі системи розігрівання існують. Але, враховуючи значну довжину берегових трубопроводів, будівництво такої системи розігрівання буде таким, що вельми дорого коштує, а експлуатаційні витрати на її утримання - значними.

Таким чином, існують два варіанти технічного вирішення поставленої задачі. Перший варіант полягає в забезпеченні розігрівання нафтопродукту в технологічних трубопроводах вантаження легкозастигаючої нафти і в'язких нафтопродуктів, а другий - в забезпеченні їх видалення з цих технологічних трубопроводів по закінченні проведення вантажно - розвантажувальних робіт.

Як вказувалося вище, будівництво технологічних трубопроводів спільно з супутньою системою підігрівання є технологічно і економічно невиправданим заходом, тобто таким заходом, що дуже дорого коштує, а експлуатаційні витрати по обслуговуванню системи підігрівання є значними.

Отже, найбільш доцільним є використання другого варіанту, а саме видалення легкозастигаючої нафти і в'язких нафтопродуктів з технологічних трубопроводів нососно-трубопровідної системи після закінчення їх вантаження на судно.

Суть способу, що пропонується, полягає в тому, що після завершення технологічної операції по вантаженню на морське судно легкозастигаючої нафти і в'язких нафтопродуктів, що залишилися в лінії технологічних трубопроводів (а саме: внутрішньооплощадкових, підводному, блокувальному і гнучкому шлангу, що сполучений з судном), нафтопродукт, що знаходиться в розігрітому стані, примусово видаляють і закачують до резервуарів для зберігання товарних темних нафтопродуктів. Це здійснюють за допомогою створення різниці тиску на ділянках технологічних трубопроводів за допомогою насосних агрегатів, які розміщують в технологічному блоці нососно-трубопровідної системи нафтобази.

Технологічна операція по видаленню легкозастигаючої нафти і в'язких нафтопродуктів з ліній технологічних трубопроводів після вантаження нафтопродуктів на морське судно проводиться шляхом витіснення цього нафтопродукту нафтопродуктом заміщення. Наприклад, для умов Феодосійського транспортного вузла, температура застигання нафтопродукту заміщення повинна бути не вищою за - 15°С.

Визначальним чинником успішної реалізації способу є те, що очищення технологічних трубопроводів здійснюють при умові перевищення температури залишків нафти і в'язких нафтопродуктів, що знаходиться в лініях технологічних трубопроводів після вантаження їх на судно, в порівнянні з температурою застигання нафти, що перекачується, і в'язких нафтопродуктів.

Це означає, що технологічну операцію по заміщенню нафти, що залишилася в технологічних трубопроводах і в'язких нафтопродуктів, необхідно виконати протягом певного проміжку часу, впродовж якого температура нафтопродукту, що знаходиться в системі технологічних трубопроводів, не впаде до значень його температури застигання.

Припустимий часовий інтервал на застосування способу, що пропонується, розраховують по наступній формулі:

$$t_{\text{заст}} = t_{\text{тіз}} + (t_{\text{техн}} \cdot K_{\text{техін}}) \quad (1)$$

де $t_{\text{заст}}$ - припустимий час виконання технологічної операції заміщення, якщо час закінчення вантаження судна брати за початок відліку, год.;

$t_{\text{тіз}}$ - час теплової інерції технологічної системи від початку відліку до досягнення значень температури застигання ($T_{\text{заст}}$) товарного нафтопродукту, год.; цей час розраховується після будівництва нафтокомплексу на базі отриманих експериментальних даних;

$t_{\text{техн}}$ - час, необхідний на виконання технологічної операції по заміщенню, год., який розраховують по наступній формулі:

$$t_{\text{техн}} = \frac{V_{\text{сист}}}{Q}$$

де $V_{\text{сист}}$ - об'єм технологічних трубопроводів, по яких перекачується нафтопродукт, м^3 ;

Q - продуктивність насоса, $\text{м}^3/\text{год.}$;

$k_{\text{техін}}$ - коефіцієнт, що враховує час інерції системи і обслуговуючого персоналу (у випадку, що розглядається, значення коефіцієнта знаходиться в межах $k_{\text{техін}} = 1,2 \div 1,4$).

Час внутрішнього циркуляційного прокачування по технологічній системі трубопроводів $t_{\text{пр}}$, тобто прокачування «по кільцю», розраховують по наступній формулі:

$$t_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{сист}}}{Q} \quad (2)$$

Спосіб, що пропонується, реалізують при функціонуванні технологічного блоку насосно-трубопровідної системи нафтобази, схему якого показано на фіг.

Технологічний блок насосно-трубопровідної системи нафтобази містить насосну (рециркуляційну) станцію 1 з насосом для прокачування нафтопродукту заміщення 2, берегову камеру перемикавання 3, з якою сполучені кінці блокувальних трубопроводів 4, і від якої відходять підводні технологічні трубопроводи 5, що сполучені з гнучкими шлангами 6.

Між кінцями підводних технологічних трубопроводів 5 в місці їх з'єднання з гнучкими технологічними шлангами 6 встановлюють підводний з'єднувальний колектор 7 із запірною-регулюючою арматурою 8.

Гнучкі технологічні шланги 6 сполучені з морським судном 9 через його запірні клапани 10 на маніфольді (на фіг. не показано) судна 9.

Технологічний блок насосно-трубопровідної системи нафтобази містить також внутрішньоплощадкові трубопроводи 11, які разом з блокувальним 4 і підводним 5 технологічними трубопроводами, а з також гнучким технологічним шлангом 6 складають єдину лінію технологічних трубопроводів.

Причому, відповідно до розробленого способу, в технологічному блоці насосно-трубопровідної системи розміщують паралельно першій лінії технологічних трубопроводів другу лінію з об'єднанням її на існуючі внутрішньоплощадкові трубопроводи 11, а також на насосний агрегат 2 насосної станції 1 і насосні агрегати (на фіг. не показані) насосної станції темних нафтопродуктів 12.

У технологічному блоці насосно-трубопровідної системи нафтобази розміщують два резервуари 13 для зберігання нафтопродукту заміщення, причому один з них спочатку є порожнім, а також резервуари для зберігання темних нафтопродуктів 14 (на фіг. їх чотири).

Спосіб очищення внутрішньоплощадкових блокувальних і підводних технологічних трубопроводів від застигаючої нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, реалізовується таким чином.

У режимі роботи технологічної схеми по забезпеченню вантаження нафтопродукту на судно 9 обидві лінії технологічних трубопроводів (4, 5, 6, 11) працюють як звичайні вантажні лінії.

По закінченні проведення вантажно-розвантажувальних робіт закривають запірні клапани 10 на маніфольді судна 9 і проводять видалення (очищення) залишків нафти і в'язких нафтопродуктів з двох ліній технологічних трубопроводів, кожна з яких складається з внутрішньоплощадкових 11, блокувального 4 і підводного 5 технологічних трубопроводів, а також гнучкого технологічного шланга 6, що сполучений з судном 9.

Вказане очищення технологічних трубопроводів (4, 5, 6, 11) здійснюють при умові перевищення температури залишків нафти і в'язких нафтопродуктів, що знаходяться в лініях технологічних трубопроводів після вантаження їх на судно, в порівнянні з температурою застигання нафти і в'язких нафтопродуктів, що перекачується, а припустимий час виконання технологічної операції заміщення визначають по формулі (1).

Наприклад, для випадку, що розглядається, при температурі застигання товарного нафтопродукту $T_{\text{заст}} = 25^\circ\text{C}$ і часі теплової інерції технологічної системи від початку відліку до значення $T_{\text{заст}} = 25^\circ\text{C}$, значення часу теплової інерції технологічної системи складе $t_{\text{із}} = 4$ години.

Припустимий час виконання технологічної операції заміщення ($t_{\text{заст}}$) буде визначатись по формулі (1):

$$t_{\text{заст}} = 4,0 + (t_{\text{техн}} \cdot k_{\text{техін}})$$

де

$$t_{\text{техн}} = \frac{V_{\text{сист}}}{Q} = \frac{266}{300} = 0,33 \text{ год.}$$

$V_{\text{сист}}$ - об'єм усіх трубопроводів технологічної системи (в нашому випадку $V_{\text{сист}} = 266 \text{ м}^3$);

Q - продуктивність насоса прокачування продукту заміщення (в нашому випадку $Q = 800 \text{ м}^3/\text{год.}$).

Значення коефіцієнта, що враховує час інерції системи і обслуговуючого персоналу, вибираємо таким:

$$k_{\text{техін}} = 1,3.$$

Тоді

$$t_{\text{заст}} = 4,0 + (t_{\text{техн}} \cdot k_{\text{техін}}) = 4 + (0,33 \cdot 1,3) = 4,43 \text{ год.},$$

тобто операція по прокачуванню технологічної системи продуктом заміщення повинна бути виконана в період часу, що дорівнює 4 години 26 хвилин, якщо за початок відліку брати час закінчення вантаження нафтопродукту на судно.

Залишки нафтопродуктів, що знаходяться в технологічних трубопроводах, звичайно видаляють в резервуари для зберігання темних нафтопродуктів 14 за допомогою створення різниці тиску на ділянках технологічних трубопроводів (4, 5, 11) за допомогою насосного агрегату 2 рециркуляційної насосної станції 1 і насосних агрегатів (на фіг. не показано) насосної станції темних нафтопродуктів 12.

Після цього проводять перемикання системи технологічних трубопроводів на внутрішнє прокачування з метою запобігання утворенню всередині системи технологічних трубопроводів пробок, що утворюються з легкозастигаючої нафти і в'язких нафтопродуктів.

Для цього нафтопродукт заміщення з резервуарної місткості 13 насосом 2 подається в один з блокувальних трубопроводів 4, а потім в підводний технологічний трубопровід 5, і через підводний з'єднувальний колектор 7 нафтопродукт заміщення подається в інший підводний технологічний трубопровід

5. Далі через береговий блокувальний трубопровід 4 по внутрішньоплощадкових технологічних трубопроводах 11 нафтопродукт заміщення поступає до одного з резервуарів для зберігання нафтопродукту заміщення 13.

Таким чином, реверсивну циркуляцію нафтопродукту заміщення по двох лініях технологічних трубопроводів створюють за рахунок різниці тиску на ділянках лінії технологічних трубопроводів (4, 5, 11), що реалізують за допомогою насосних агрегатів.

Наприклад, при об'ємі трубопроводів однієї лінії технологічних трубопроводів, що дорівнює $V_{\text{сист}} = 266 \text{ м}^3$, і при продуктивності насоса $Q = 800 \text{ м}^3/\text{год.}$, час прокачування згідно (2) дорівнює:

$$t_{\text{пр}} = \frac{266}{800} \cdot 2 = 0,66 \approx 40 \text{ хв.}$$

тобто час внутрішнього циркуляційного прокачування нафтопродукту заміщення за технологічною системою трубопроводів $t_{\text{пр}}$ становить 40 хвилин.

В даному способі як продукт заміщення використовують продукт з температурою застигання, не більшою за -15°C .

Через деякий час, з метою часткового видалення нафтопродукту заміщення з ліній технологічних трубопроводів, з резервуара для зберігання темних нафтопродуктів 14 подають в одну з ліній технологічних трубопроводів (4, 5, 11) розігріту нафту і в'язкі нафтопродукти, проводячи за допомогою неї витіснення нафтопродукту заміщення з двох ліній технологічних трубопроводів (4, 5, 11) до порожнього на даний момент резервуара для зберігання нафтопродукту заміщення 13. При цьому здійснюють контроль за витісненням нафтопродукту заміщення на основі вимірів об'єму цього нафтопродукту, що надійшов до порожнього резервуара для зберігання нафтопродукту заміщення.

У даному способі надходження нафтопродукту до порожнього резервуара для зберігання нафтопродукту заміщення 13 контролюється при допомозі вимірювача рівня. У тому випадку, коли об'єм нафтопродукту заміщення, що надійшов до резервуара 13 $V_{\text{нефт}}$ буде дорівнювати об'єму всіх технологічних трубопроводів $V_{\text{труб}}$, що забезпечують вантаження нафтопродукту на судно, тобто при умові $V_{\text{нефт}} = V_{\text{труб}}$, подача до резервуарної ємності 13 нафтопродукту заміщення припиняється.

Перед початком вантаження нафтопродукту з резервуарної ємності 14 на судно 9, нафтопродукт заміщення витісняють зворотню до резервуару для зберігання нафтопродукту заміщення 13 шляхом здійснення прокачування по одній з технологічних ліній (4, 5, 11). Розігрітий нафтопродукт витісняє нафтопродукт заміщення спочатку з однієї технологічної лінії, що складається з берегового блокувального трубопроводу 4 і підводного технологічного трубопроводу 5, а потім через підводний з'єднувальний колектор 7 і надходить до іншої технологічної лінії, що складається з берегового блокувального трубопроводу 4 і підводного технологічного трубопроводу 5.

Час повного прокачування нафтопродукту заміщення не повинен перевищувати значення $t_{\text{пр}}$, що визначається по формулі (2):

$$t_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{сист}}}{Q} \quad (2)$$

де $t_{\text{пр}}$ - час внутрішнього прокачування технологічної системи трубопроводів розігрітим нафтопродуктом, год.;

$V_{\text{сист}}$ - об'єм трубопроводів технологічної схеми, м^3 ;

Q - продуктивність насоса по вантаженню розігрітого нафтопродукту на судно, $\text{м}^3/\text{год.}$

Наприклад, при об'ємі трубопроводів однієї лінії технологічної системи $V_{\text{сист}} = 266 \text{ м}^3$ і при продуктивності насоса по вантаженню розігрітого нафтопродукту на судно $Q = 1200 \text{ м}^3/\text{год.}$, час повного прокачування нафтопродукту заміщення складе:

$$t_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{сист}} \cdot 2}{Q} = \frac{266 \cdot 2}{1200} \approx 27 \text{ хв.}$$

Після цього перекривають запірно-регулюючу арматуру 8 підводного з'єднувального колектора 7, і здійснюють вантажно-розвантажувальні операції по одній з ліній технологічних трубопроводів (4, 5, 6, 11). При цьому вантажно-розвантажувальні роботи можна здійснювати як по одній, так і одночасно по двох лініях технологічних трубопроводів (4, 5, 6, 11). Останнє призводить до скорочення загального часу вантажно-розвантажувальних операцій.

Розроблений спосіб очищення внутрішньоплощадкових, блокувальних і підводних технологічних трубопроводів від застигаючої нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, дозволяє:

значно здешевити будівництво насосно-трубопроводного технологічного комплексу;

виключити з складу технологічного комплексу систему підігрівання нафтопродукту в підводних і берегових технологічних трубопроводах, що дорого коштує;

відмовитися від термоізоляції підводних технологічних трубопроводів;

застосовувати технологію багаторазового використання продукту заміщення, що значно зменшує експлуатаційні витрати на очищення;

шляхом застосування двох ліній технологічних трубопроводів підвищити продуктивність вантаження вдвічі і зменшити наполовину час знаходження судна під вантажними операціями, а також забезпечити надійне прокачування технологічних трубопроводів продуктом заміщення після закінчення вантажних операцій;

використовувати одну і ту ж технологічну схему для проведення різних технологічних операцій.

Джерела інформації

1. Едигаров С.Г., Михайлов В.М., Прохоров А.Д., Юфин В.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз. М.: Недра, 1982. - С. 242.
2. Черняк И.Л., Мацкин А.Я. Эксплуатация нефтебаз. М.: ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы. 1956. - С. 34 - 36.
3. Едигаров С.Г., Михайлов В.М., Прохоров А.Д., Юфин В.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз. М.:

