



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 48000

(13) C2

(51) 6 B65D88/74

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ РОЗІГРІВАННЯ І ЗЛИВАННЯ НАФТИ І В'ЯЗКИХ НАФТОПРОДУКТІВ ІЗ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН

1

2

(21) 2002043277

(22) 19 04 2002

(24) 15 10 2002

(46) 15 10 2002, Бюл. № 10, 2002 р

(72) Бартенев Олександр Володимирович, Кириллов Ігор Анатолійович, Клявлін Валерій Володимирович, Ровенський Олександр Іванович, Уніговський Леонід Михайлович, Хімченко Іван Сергійович, Шварун Микола Михайлович, Якіменко Вячеслав Дмитрієвич, RU, Арбузов Андрей Александрович, RU, Джієнбаєв Сократ Нуржанович, RU

(73) Бартенев Олександр Володимирович, Кириллов Ігор Анатолійович, Клявлін Валерій Володимирович, Ровенський Олександр Іванович, Уніговський Леонід Михайлович, Хімченко Іван Сергійович, Шварун Микола Михайлович, Якіменко Вячеслав Дмитрієвич, RU, Арбузов Андрей Александрович, RU, Джієнбаєв Сократ Нуржанович, RU

(57) 1 Спосіб розігрівання і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн, що включає подачу пари через сопла зануреного нагрівника, поетапне розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів і подальше їх зливання через зливний клапан вагона-цистерни, який відрізняється тим, що вимірюють фактичну температуру нафти, що надійшла на розігрів, у залізничних вагонах-цистернах, розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів здійснюють двоетапно, причому перша і друга стадії розділені між собою технологічною паузою, коли пара не подається, на першій стадії розігрівання забезпечується приріст температури нафти і в'язких нафтопродуктів, що визначається за формулою

$$\Delta\Theta = (T_{\text{заст}} - T_{\text{факт}}) - T_k,$$

де

 $\Delta\Theta$  - приріст температури нафти і в'язких нафтопродуктів на першій стадії розігрівання, °С, $T_{\text{заст}}$  - температура застигання нафти і в'язких нафтопродуктів, що вказується у супровідних документах, °С, $T_{\text{факт}}$  - фактична температура нафти і в'язких нафтопродуктів, що надійшли на розігрів, у вагоні-цистерні, °С, $T_k$  - поправковий температурний коефіцієнт, що визначається експериментальним шляхом, тривалість першої стадії розігрівання визначається за формулою

$$\tau_1 = (M \cdot C_p \cdot \Delta\Theta) / (c_p \cdot q_n),$$

де

 $\tau_1$  - тривалість першої стадії розігрівання, год, $M$  - маса нафти і в'язких нафтопродуктів, що розігріваються, у залізничному вагоні-цистерні, кг,  
 $C_p$  - питома теплоємність нафти і в'язких нафтопродуктів, ккал/(кг·°С), $c_p$  - теплоємність насиченої пари при робочому тиску, ккал/кг, $q_n$  - питома витрата насиченої пари, що подається на сопла зануреного нагрівника, кг/год,

тривалість технологічної паузи визначають у залежності від результатів вимірювань змінної глибини дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів і від результатів вимірювань змінної висоти розташування сопел зануреного нагрівника відносно дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів, припиняючи технологічну паузу в подачі пари при від'ємному результаті значень різниці глибини дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів і висоти розташування сопел зануреного нагрівника відносно цього дзеркала

2 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що значення поправкового температурного коефіцієнта, що визначається експериментальним шляхом, задовольняє умові  $T_k > 5^\circ\text{C}$ 3 Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що початок зливання нафти і в'язких нафтопродуктів на першій стадії розігрівання збігається з початком розігрівання на цій стадії, або зміщений у часі відносно нього на величину, що не перевищує половини тривалості першої стадії розігрівання  $\tau_1$ 

(13) C2

(11) 48000

(19) UA

Винахід відноситься до області вантажно-розвантажувальних робіт, зокрема, до розігрівання і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів із залізничних цистерн в холодний період року, тобто в період, коли нафта і в'язкі нафтопродукти через вплив низьких температур навколишнього повітря приходять в загустий або затверділий стан, і може бути використаний в хімічній, нафтопереробній та інших галузях промисловості

Як аналог вибраний спосіб циркуляційного розігріву речовин, що загусли, у залізничних цистернах [1], в якому розігрів здійснюють за допомогою гарячих струменів тієї ж речовини, що нагрівається, до необхідної температури в теплообміннику струминного пристрою і подається під напором у гідродинамічні насадки для формування струменів розігріву

Достоїнством способу аналога є те, що обводнення нафти і в'язких нафтопродуктів взагалі не може відбутися в силу природи використовуваного теплоносія. Тому відпадає необхідність у пошуку шляхів по зменшенню обводнення

Істотним недоліком способу аналога є те, що його здійснення можливе тільки при наявності спеціальної установки. До того ж він вимагає великих енерговитрат для функціонування таких елементів пристрою, як теплообмінник, вакуумні і напірні насоси

З цієї причини при розігріванні грузлих і застиглих нафти і в'язких нафтопродуктів широкое поширення одержали способи з використанням як теплоносія водяної пари (насиченої і перегрітої) через доступність і дешевину останньої, а також через відносну простоту реалізації цих способів. Проте основний недолік цих способів пов'язаний з обводненням нафти і в'язких нафтопродуктів, що розігріваються. Тому у способах розігріву, пов'язаних з використанням пари, пошук напрямів скорочення обводнення стає пріоритетним

Як прототип вибраний спосіб розігрівання і зливання із залізничної цистерни матеріалу, що твердне [2]. Цей спосіб передбачає безперервний вплив на матеріал, що твердне, струменями гарячого розріджючого матеріалу, що виходять з соплових насадок занурювального пристрою (фурми), і безперервне розігрівання матеріалу, що твердне, в два етапи (у дві стадії)

На першій стадії здійснюють безперервне розігрівання частини матеріалу від люка до зливного приладу залізничної цистерни струменями, що направлені донизу. На другій стадії здійснюють безперервне розігрівання всього матеріалу в цистерні бічними струменями шляхом обмивання його по гвинтовій лінії по чергово зверху вниз і знизу вгору. При цьому на першій стадії розріджений продукт виводять через люк залізничної цистерни, а на другій - через її зливний прилад

Однак даний спосіб, при якому здійснюють хоч і двостадійне, але безперервне розігрівання матеріалу, не забезпечує економічної витрати теплового агента, що використовується для розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів, що гуснуть

В основу винаходу поставлена задача створення оптимального режиму розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів, що застигають, по всьому

об'єму цистерни, тобто як в придонній частині, так і на торцевих дільницях цистерни, а також зменшення ступеня обводнення нафти та в'язких нафтопродуктів, скорочення часу і практично повного зливання застиглих нафтопродуктів при економічній витраті пари з врахуванням кількості (рівня) нафтопродуктів, що знаходяться в цистерні, погодних умов проведення процесу шляхом створення ефективних локальних напрямків руху пари, його розподілу по об'єму цистерни, а також тривалості інтервалів нагрівання і зливання та дозування подачі пари

Поставлена задача досягається тим, що в способі розігрівання і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн, що включає подачу пари через сопла зануреного нагрівника, поетапне розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів і подальше їх зливання через зливний клапан вагона-цистерни, вимірюють фактичну температуру нафти, що надійшла на розігрів, у залізничних вагонах-цистернах, розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів здійснюють двостадійно, причому перша і друга стадії розділені між собою технологічною паузою, коли пара не подається, на першій стадії розігрівання забезпечується приріст температури нафти і в'язких нафтопродуктів, що визначається за формулою

$$\Delta\Theta = (T_{\text{заст}} - T_{\text{факт}}) - T_k,$$

де  $\Delta\Theta$  - приріст температури нафти і в'язких нафтопродуктів на першій стадії розігрівання, °C,

$T_{\text{заст}}$  - температура застигання нафти і в'язких нафтопродуктів, що вказується у супровідних документах, °C,

$T_{\text{факт}}$  - фактична температура нафти і в'язких нафтопродуктів у вагон-цистерні, що надійшли на розігрів, °C,

$T_k$  - поправковий температурний коефіцієнт, що визначається експериментальним шляхом, тривалість першої стадії розігрівання визначається за формулою

$$\tau_1 = (M \cdot C_p \cdot \Delta\Theta) / (c_p - q_n),$$

де  $\tau_1$  - тривалість першої стадії розігрівання, год,

$M$  - маса нафти і в'язких нафтопродуктів у залізничному вагоні-цистерні, що розігріваються, кг,

$C_p$  - питома теплоємність нафти і в'язких нафтопродуктів, ккал/(кг °C),

$c_p$  - теплоємність насиченої пари при робочому тиску, ккал/кг,

$q_n$  - питома витрата насиченої пари, що подається на сопла зануреного нагрівника, кг/год, тривалість технологічної паузи визначають у залежності від результатів вимірювань змінної глибини дзеркала ванни незлитих залишків нафти і в'язких нафтопродуктів і від результатів вимірювань змінної висоти розташування сопел зануреного нагрівника відносно дзеркала ванни незлитих залишків нафти і в'язких нафтопродуктів, припиняючи технологічну паузу в подачі пари при від'ємному результаті значень різниці глибини дзеркала ванни незлитих залишків нафти і в'язких нафтопродуктів і висоти розташування сопел зануреного нагрівника відносно цього дзеркала

Значення поправкового температурного кое-

фіцієнта, що визначається експериментальним шляхом, задовольняє умові  $T_k > 5^\circ\text{C}$

Початок зливання нафти і в'язких нафтопродуктів на першій стадії розігрівання збігається з початком розігрівання на цій стадії, або зміщений у часі відносно нього на величину, що не перевищує половини тривалості першої стадії розігрівання  $t_1$

Перераховані ознаки пристрою складають суть винаходу

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

На перший погляд, напрямок розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів, пов'язаний з використанням пари, носить тупиковий характер. Адже величина ступеня розігріву і величина ступеня обводнення мають прямо-пропорційну залежність. При цьому зниження кількості теплоносія (пари), що підводиться, суперечить вимогам ефективності розігріву

До того ж при розігріванні нафти і в'язких нафтопродуктів ситуація з обводненням ускладнюється внаслідок твердих відкладень, що утворюються на стінках і днищі залізничного вагона-цистерни в умовах дії низьких температур. Це вимагає додаткового підведення тепла, що викликає відповідне збільшення ступеня обводнення

Таким чином, при використанні способів розігрівання і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів з застосуванням пари виникають великі труднощі у вирішенні проблеми мінімізації як обводнення, так і кількості незлитих залишків нафти і в'язких нафтопродуктів

Спосіб розігрівання і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів із залізничних цистерн, що пропонується, позбавлений зазначених недоліків, так як він дозволяє знизити ступень обводнення і кількість незлитих залишків нафти і в'язких нафтопродуктів, зменшити питому витрату теплоносія (пари), а також скоротити час зливання

Даний спосіб заснований на застосуванні пари як теплоносія відповідно до технології, що враховує природні властивості сирої нафти і в'язких нафтопродуктів, а також на характері її фазового розшарування в залізничному вагоні-цистерні в умовах впливу низьких температур

В'язкі нафтопродукти, як і нафта, є речовинами з особливими фізичними властивостями складових, що представлені вуглеводнями різних рядів. З них парафіновий ряд ( $C_{n2n+2}$ ) утворює основну масу нафти - приблизно 50 - 60%, і при нормальних умовах містить як гази, починаючи від метану  $CH_4$  до бутану  $C_4H_{10}$ , так і рідини - починаючи від пентану  $C_5H_{12}$  до пентадекана  $C_{15}H_{32}$

Більшість високомолекулярних з'єднань, починаючи від  $C_{16}H_{34}$  (з температурою плавлення  $+18^\circ\text{C}$ ) є твердими речовинами. Вуглеводні нафтового ряду ( $C_{n2n}$ ) є вагомою складовою частиною нафти. У нафті присутні також ароматичні вуглеводні ( $C_{n2n-6}$ ). Склад і фізичні властивості нафти визначаються співвідношенням в них вуглеводнів окремих рядів, а також вмістом високомолекулярних (важких) вуглеводнів

Вміст важких вуглеводнів у нафті коливається в широких межах, і може складати до 30%. Газо-

подібні і тверді вуглеводні розчинені в рідких, причому газоподібні вуглеводні можуть виділятися з останніх при підвищенні температури чи при зниженні тиску з утворенням вибухонебезпечних концентрацій

В'язкість нафти також змінюється в досить широких межах. При температурі  $+50^\circ\text{C}$  кінематична в'язкість нафти в залежності від родовища змінюється від 1,2 до  $55\text{мм}^2/\text{с}$ . Температура застигання нафти, при якій вона втрачає свою рухливість (плинність), змінюється в межах від  $-60^\circ\text{C}$  до  $+26^\circ\text{C}$

Найбільший вплив на в'язкість, що визначає плинність нафти і в'язких нафтопродуктів, робить вміст високомолекулярних (важких) вуглеводнів. З цих міркувань при розігріванні нафти і в'язких нафтопродуктів в залежності від вмісту важких вуглеводнів треба підводити різну кількість тепла, щоби одержати необхідний приріст температури

Таким чином, раціональна технологія розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів повинна враховувати як природні, властивості нафти і в'язких нафтопродуктів, так і їх фазове розшарування в умовах дії низьких температур

Характер фазового розшарування нафти і в'язких нафтопродуктів визначається двома процесами. При зниженні температури важкі вуглеводні виділяються у тверду фазу. Під дією сил гравітації відбувається осадження твердих фракцій, які виділилися. Осадження припиняється зі зростанням в'язкісного тертя при подальшому зниженні температури

Спліна дія цих процесів приводить, з одного боку, до утворення твердих відкладень на стінках і, насамперед, на днищі залізничного вагона-цистерни, а з іншого - до виведення з об'єму нафти і в'язких нафтопродуктів значної частини високомолекулярних фракцій, що помітно знижує температуру застигання основної маси нафти і в'язких нафтопродуктів

Відзначені особливості враховувались при розробленні ефективного способу розігрівання і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів з залізничних вагонів-цистерн в осінньо-зимовий період

Оскільки нафта і в'язкі нафтопродукти набувають інших реологічних властивостей, зокрема знижену температуру застигання, для надання їм плинності досить на першому етапі (стадії) розігрівання підводити істотно меншу кількість тепла (насиченої пари)

На другій (заключній) стадії розігрівання висувається задача повноти зливання й очищення стінок вагона-цистерни від щільних відкладень нафти і в'язких нафтопродуктів. Основний механізм їхнього видалення - розчинення і змивання залишків, що реалізується за рахунок підвищення температури й інтенсивного перемішування залишків нафти нафти і в'язких нафтопродуктів, що зливаються

Потреба в кількості тепла, що підводиться на заключній стадії, також є незначною через незначний і швидко зменшуваний обсяг нафти і в'язких нафтопродуктів, що зливаються. При цьому досягається найважливіший технологічний ефект, що виражається в істотному скороченні обводнення нафти і в'язких нафтопродуктів, що розігріваються

за допомогою пари

Вищесказане доводить ефективність здійснення способу по двостадійній схемі. Протягом першої стадії проводиться розігрівання основної маси нафти і в'язких нафтопродуктів, що звільнені від значної частини високомолекулярних фракцій, які осіли на стінках і днищі цистерни. При цьому вирішується задача в найкоротший термін додати нафти і в'язким нафтопродуктам необхідної для початку плинності рухливості.

Для прискорення цього процесу одночасно з подачею пари на струминні апарати включається насос системи примусового відкачування, що дозволяє за рахунок інтенсивного струминного перемішування й відкачуючої дії зруйнувати псевдокристалічний шар нафти і в'язких нафтопродуктів і додати їм рухливості.

Як відомо, температура застигання ( $T_{заст}$ ) є універсальною характеристикою, що дозволяє судити про багато фізичних властивостей нафти, як-от про в'язкість, про склад нафти і вміст у ній важких фракцій (так, чим вище температура застигання, тим більше в ній міститься парафінів), про температурний рівень, при якому нафта і в'язкі нафтопродукти здобувають плинність і т.п. При цьому необхідний приріст температури  $\Delta T$  при розігріванні нафти і в'язких нафтопродуктів розраховується за формулою

$$\Delta T = (T_{заст} - T_{факт}) + T_K, [^{\circ}\text{C}] \quad (1)$$

Де  $T_{факт}$  - фактична температура нафти і в'язких нафтопродуктів, що надійшли на розігрів, визначена шляхом безпосереднього виміру за допомогою термометра (термопари),  $^{\circ}\text{C}$ .

$T_K$  - поправковий температурний коефіцієнт, що визначається експериментальним шляхом,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$\Delta T - \Delta \Theta = (T_{заст} - T_{факт} + T_K - ((T_{заст} - T_{факт}) - T_K) = 2T_K = 10^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

Це є істотним технопопичним вираженням, який дозволяє за рахунок зменшення кількості підводи пари знизити величину обводнення в середньому на 0,84% у порівнянні з технопопичною розігріву, яка не враховує фазове розшарування нафти/в'язких нафтопродуктів.

Експериментальним шляхом було встановлено, що значення поправкового температурного коефіцієнта  $T_K$  в формулах (1 - 3), який визначається експериментальним шляхом, повинно задовольняти умові  $T_K \geq 5^{\circ}\text{C}$ .

При меншому значенні плинності нафти/в'язких нафтопродуктів, що розігріваються, зменшується у порівнянні з оптимальними режимами, а при деякому перевищенні цього значення (наприклад, у 2 рази), плинність нафти/в'язких нафтопродуктів підвищується, проте одночасно підвищуються енерговитрати теплоносія (пари), а також ступінь обводнення розігрітих нафти/в'язких нафтопродуктів.

Експериментальним шляхом також було встановлено, що початок зливання нафти і в'язких нафтопродуктів на першій стадії розігрівання може збігатися з початком розігрівання на цій стадії, або бути зміщений у часі відносно нього на величину, що не перевищує половини тривалості першої стадії розігрівання  $t_1$  (пунктирна лінія на фіг 1).

Після перевищення цього значення буде збі-

Експериментальна оцінка впливу фазового розшарування нафти в умовах дії низьких температур на величину  $\Delta T$  дозволила встановити наступні положення.

На температурній діаграмі (див. фіг 1) предствлені процеси, що протікають при розігріванні маси нафти і в'язких нафтопродуктів. На цій діаграмі заштрихована область, що розташовується нижче значення  $T_{заст}$ , яка зазначається в паспорті параметрів сирої нафти/в'язких нафтопродуктів.

Коли температура нафти нафти/в'язких нафтопродуктів знижується до визначеного рівня, високомолекулярні з'єднання вуглеводнів, що виділяються у тверду фазу у вигляді включень і конгломератів, під дією сил гравітації опускаються в рідкому середовищі нафти/в'язких нафтопродуктів й осаджуються на дно залізничного вагона-цистерни.

В результаті цього процесу частина високомолекулярних з'єднань виводиться з основної маси нафти/в'язких нафтопродуктів, за рахунок чого температура їх застигання  $T_{заст}$  знижується до рівня, що знаходиться у заштрихованій області на діаграмі (див. фіг 1).

При цьому величина необхідного приросту температури для набуття нафтою /в'язкими нафтопродуктами плинності визначається відповідно до формули (2).

$$\Delta \Theta = (T_{заст} - T_{факт}) - T_K, [^{\circ}\text{C}] \quad (2)$$

Таким чином, величина необхідного приросту температури при розігріванні нафти/в'язких нафтопродуктів фактично зменшується на величину  $2T_K = 10^{\circ}\text{C}$ , що впливає з обчислення різниці цих величин за формулою (3).

пльшуватись загальний час на зливання протягом першої і другої стадій, тобто зменшуватись продуктивність розігрівання і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн (тут можна провести аналогію із виконанням зтяжного стрибка - початком зливання - парашутиста).

Спосіб розігрівання і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн реалізується наступним чином.

Вимірюють фактичну температуру нафти  $T_{факт}$ , що надійшла на розігрів, у залізничних вагонах-цистернах. Далі здійснюють двостадійне розігрівання шляхом подачі пари через сопла зануреного нагрівника і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн через зливний клапан цистерни (на фіг 1 - 2 не показано), попередньо провівши необхідні підрахунки теплового балансу, що подані нижче.

На першій стадії розігрівання забезпечується приріст температури нафти і в'язких нафтопродуктів, що визначається за формулою (2).

$$\Delta \Theta = (T_{заст} - T_{факт}) - T_K$$

де  $\Delta \Theta$  - приріст температури нафти і в'язких нафтопродуктів на першій стадії розігрівання,  $^{\circ}\text{C}$ ,

$T_{заст}$  - температура застигання нафти і в'язких нафтопродуктів, що вказується у супровідних документах,  $^{\circ}\text{C}$ ,

$T_{факт}$  - фактична температура нафти і в'язких

нафтопродуктів, що надійшли на розігрів, °C, яка вимірюється безпосередньо за допомогою термометра (термопари).

$T_k$  - поправковий температурний коефіцієнт, що визначається експериментальним шляхом, значення якого повинно задовольняти умові  $T_k \geq 5^\circ\text{C}$

Потім визначають необхідну кількість теплоносія (пари)  $Q_n$  за формулою (4)

$$Q_n = M \cdot C_p \cdot \Delta\theta / c_p, \text{ кг}, \quad (4)$$

де  $M$  - маса нафти і в'язких нафтопродуктів у залізничному вагоні-цистерні, що розігріваються, кг,

$C_p$  - питома теплоємність нафти, ккал/(кг°C),

$c_p$  - теплоємність насиченої пари, ккал/кг

Тривалість першої стадії розігрівання визначається нижче за формулою (5)

$$\tau_1 = Q_n / q_n = (M \cdot C_p \cdot \Delta\theta / (c_p \cdot q_n)), \quad (5)$$

де  $\tau_1$  - тривалість першої стадії розігрівання, год,

$q_n$  - питома витрата насиченої пари, що подається на сопла зануреного нагрівника, кг/год,

$C_p$  - питома теплоємність нафти і в'язких нафтопродуктів, ккал/(кг °C),

$c_p$  - теплоємність насиченої пари при робочому тиску, ккал/кг

Перша і друга стадії розділені між собою технологічною паузою. Коли пара не подається. Тривалість технологічної паузи визначають у залежності від результатів вимірювань змінної глибини дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів і від результатів вимірювань змінної висоти розташування сопел зануреного нагрівника відносно дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів

При від'ємному результаті значень різниці глибини дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів і висоти розташування сопел зануреного нагрівника, відносно дзеркала, технологічну паузу в подачі пари припиняють, тобто знову подають пару, що відповідає початку другої стадії розігрівання

Особливістю способу є те, що початок зливання нафти і в'язких нафтопродуктів через зливний клапан вагон а-цистерни (на фіг 1 - 2 не показано) на першій стадії розігрівання, як правило, збігається з початком розігрівання на цій стадії, або зміщений у часі відносно нього на величину, що не перевищує половини тривалості першої стадії розігрівання  $\tau_1$

Таким чином, однією з умов початку другої стадії розігріву є досягнення рівня глибини дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів позначки 0,6 - 0,8м, що відраховується від дна вагона-цистерни. Обрані значення рівнів нафти і в'язких нафтопродуктів дозволяють мати резерв часу, достатній для розплавлення, розчинення і змивання донних відкладень, що забезпечує повноту зливання

Витрата теплоносія на другій стадії зберігається такою ж, як і на першій стадії

Це дозволяє в кілька разів підвищити інтенсивність введення теплової енергії на одиницю маси нафти і в'язких нафтопродуктів на другій стадії в порівнянні з темпом введення тепла на першій стадії

Тим самим створюються необхідні теплові і температурні умови, що дозволяють повною мірою задіяти механізм розчинення твердих відкладень у сполученні з ефективно діючим механізмом гідродинамічного перемішування і змивання. За рахунок цього досягається повнота зливання нафти й ефективність очищення поверхні стінок цистерни

Нижче подано приклад розрахунків при здійсненні способу. Графік режиму розігрівання і зливання нафти і в'язких нафтопродуктів за прикладом запропонованого способу наведено на фіг 2

Розігрівали темну нафту в 60-тоннової залізничному вагоні-цистерні ( $M = 60000\text{кг}$ ) при наступних умовах  $T_{\text{заст}} = +8^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{факт}} = -2^\circ\text{C}$ , температура навколишнього повітря  $-10^\circ\text{C}$

На першій стадії розігрівання забезпечується приріст температури нафти і в'язких нафтопродуктів, що визначається за формулою (2)

$$\Delta\theta = (T_{\text{заст}} - T_{\text{факт}}) - T_k = 8^\circ\text{C} - (-2^\circ\text{C}) - 5^\circ\text{C} = +5^\circ\text{C}$$

Потім визначали необхідну кількість теплоносія (пари)  $Q_n$  за формулою (4)

$$Q_n = M \cdot C_p \cdot \Delta\theta / c_p = (60000\text{кг} \cdot 0,5\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 5^\circ\text{C} / 600\text{ккал}/\text{кг} = 250\text{кг}, \quad (4)$$

де  $M = 60000\text{кг}$  - маса нафти, що розігрівається, кг,

$C_p = 0,5$  - питома теплоємність нафти, ккал/(кг °C),

$\Delta\theta = 5$  - величина необхідного приросту температури, °C,

$c_p = 600$  - теплоємність насиченої пари при робочому тиску 0,4МПа, ккал/кг

Після чого визначали час першої стадії розігрівання за формулою (5)

$$\tau_1 = Q_n / q_n = 250\text{кг} / (650\text{кг}/\text{год}) = 0,38 \text{ години} = 23 \text{ хвилини},$$

де  $Q_n = 250$  - потрібна кількість пари на першу стадію розігрівання, кг,

$q_n = 650$  - питома витрата насиченої пари, що подається на сопла зануреного нагрівника, кг/год

Початок зливання нафти і в'язких нафтопродуктів на першій стадії розігрівання збігається з початком розігрівання на цій стадії (див. фіг 2)

Перша і друга стадія процесу розігрівання були розділені технологічною паузою, коли пар не подається, але продовжується зливання нафти і в'язких нафтопродуктів за допомогою примусової системи відкачування

Тривалість технологічної паузи визначають у залежності від результатів вимірювань змінної глибини дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів і від результатів вимірювань змінної висоти розташування сопел занурювального нагрівача відносно дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів

Технологічну паузу в подачі пари припинили при від'ємному результаті значень різниці глибини дзеркала ванни незлитої залишків нафти і в'язких нафтопродуктів (600мм) і висоти розташування сопел зануреного нагрівника відносно дзеркала (605мм)

Тривалість технологічної паузи у наведеному прикладі склала 16 хвилин. Остаточне зливання припинили через 43 хвилини після початку процесу розігрівання (див. фіг 2)

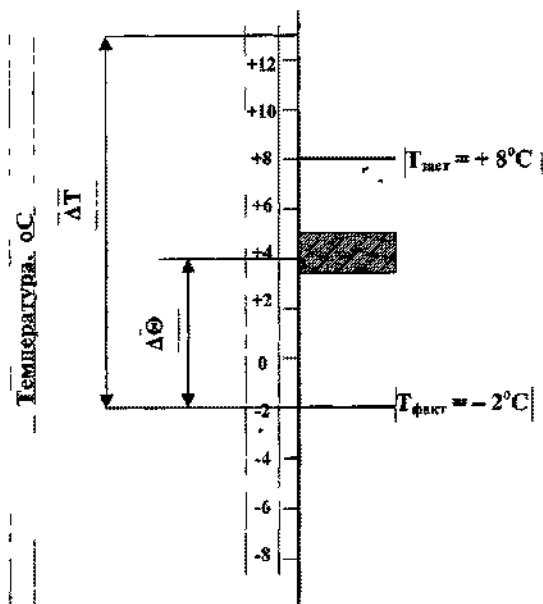
Досягнуті показники зливання нафти і в'язких нафтопродуктів з залізничних вагоноцистерн із використанням пропонованого способу розігріву наступні: кількість незлитих залишків нафти і в'язких нафтопродуктів складають менше 30 мм, ступінь обводнення нафти і в'язких нафтопродуктів складає 0,53%, сумарний час зливання скорочу-

ється в 1,5 - 2 рази і становить за двома стадіями 40 - 45 хвилин

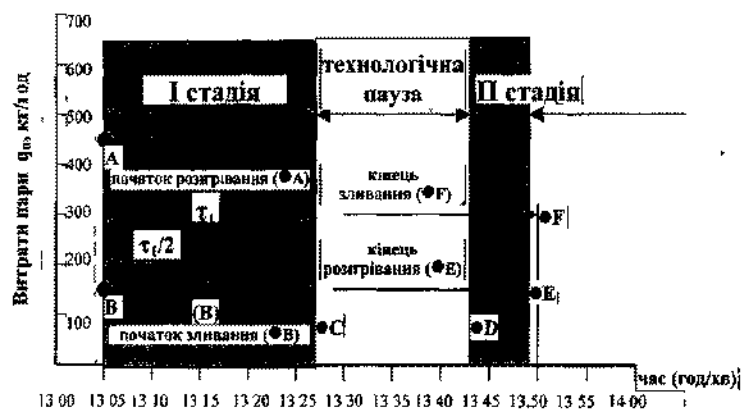
Література

1 SU № 1551624 МПК 6 B65D88/74 Пріоритет від 26 10 1987

2 SU № 1549859 МПК 6 B65D88/74 Опубл 15 03 90, Б И №10



Фиг. 1



Фиг. 2

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна

(044) 456 - 20 - 90

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»

вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна

(044) 216 - 32 - 71