

Винахід відноситься до будівництва і експлуатації збудованих екологічно безпечних нафтокомплексів, призначених для здійснення операційної діяльності по реверсивному вивантаженню-вантаженню з залізничних вагонів-цистерн темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання і вантаження-вивантаження на морські судна, і може бути використаний для проектування і будівництва сучасного перевалочного нафтокомплексу, а також для проведення в цьому нафтокомплексі вантажно-розвантажувальних операцій під час перевалки темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн до резервуарних ємностей для накопичення і зберігання темних нафтопродуктів з подальшою перевалкою їх на морські судна, і може знайти застосування на перевалочних, розподільних і приймальних нафтобазах.

Відомий спосіб експлуатації нафтокомплексу, що виконаний у вигляді перевалочної нафтобази, і який призначений для здійснення операційної діяльності по вивантаженню або вантаженню з залізничних вагонів-цистерн темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання і подальшого вантаження-вивантаження на морські судна. Цей нафтокомплекс містить систему розігрівання темних нафтопродуктів у залізничному вагоні-цистерні і у складі котельні для підігрівання пари, внутрішньооплощадочних трубопроводів подачі пари, парового колектора і парової фурми з соплами, систему зливних колекторів двосторонньої вантажної залізничної естакади, що сполучені з приладом для нижнього зливання, який знаходиться в зоні зливного отвору залізничного вагонів-цистерн, резервуарні ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів, що виконані з можливістю підігрівання, комплексну насосну станцію, що входить до складу технологічного блоку трубопровідно-насосної системи перевалочної нафтобази, технологічну лінію вантаження темних нафтопродуктів, систему внутрішньооплощадочних технологічних трубопроводів, що входять до складу трубопровідно-насосної системи, а також запірно-регулюючу арматуру [1].

Спосіб експлуатації цього нафтокомплексу по перевалці темних нафтопродуктів полягає у здійсненні шляхом розігрівання у залізничному вагоні-цистерні за допомогою пари в'язкого нафтопродукту і його зливання з неї, транспортування розігрітого в'язкого нафтопродукту до резервуара для його зберігання, постійного підігрівання за допомогою пари або електричної енергії в'язкого нафтопродукту, що знаходиться в резервуарі для його зберігання, і подальшого транспортування підігрітого в'язкого нафтопродукту з резервуара для його зберігання по термоізольованих трубопроводах через берегову камеру перемикавання, і далі через стендерні пристрої, що розташовані у берегових причальних споруд, безпосередньо на морські судна.

При цьому експлуатація відомого нафтокомплексу по перевалці темних нафтопродуктів у вигляді нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, може бути здійснена тільки за умови використання спеціального обладнання і технологічної системи, призначеної для постійного підігрівання в'язкого нафтопродукту в трубопроводах, що використовуються для прийому і транспортування в'язкого нафтопродукту, включаючи систему підігрівання підводних технологічних трубопроводів, яка дуже дорого коштує. Це є головним недоліком способу експлуатації відомого нафтокомплексу.

Як прототип вибраний спосіб експлуатації нафтокомплексу, що виконаний у вигляді перевалочної нафтобази, і який призначений для здійснення операційної діяльності по вивантаженню-вантаженню з залізничних вагонів-цистерн темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання і вантаження-вивантаження на морські судна. Цей нафтокомплекс містить систему розігрівання темних нафтопродуктів у залізничному вагоні-цистерні у складі котельні для підігрівання пари, внутрішньооплощадочних трубопроводів подачі пари, парового колектора і парової фурми з соплами, систему зливних колекторів двосторонньої вантажної залізничної естакади, що сполучені з приладом для нижнього зливання, який знаходиться в зоні зливного отвору залізничного вагонів-цистерн, резервуарні ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів, що виконані з можливістю підігрівання, комплексну насосну станцію, що входить до складу технологічного блоку трубопровідно-насосної системи перевалочної нафтобази, і яка містить насоси, що забезпечують вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн до резервуарних ємностей накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, виконаних з можливістю підігрівання темних нафтопродуктів, насоси, що забезпечують доставку розігрітих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн до резервуарних ємностей накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, насоси, що забезпечують вантаження розігрітих темних нафтопродуктів з резервуарних ємностей накопичення і зберігання як до залізничних вагонів-цистерн, так і на морські судна по технологічній лінії вантаження темних нафтопродуктів, до складу якої входять береговий блокувальний трубопровід, підводний технологічний трубопровід і підводна гнучка шлангова система, систему внутрішньооплощадочних технологічних трубопроводів, що входять до складу трубопровідно-насосної системи, а також запірно-регулюючу арматуру [2].

Спосіб експлуатації цього нафтокомплексу полягає в розігріванні темного нафтопродукту у залізничному вагоні-цистерні за допомогою гострої пари, що подається до залізничного вагонів-цистерн за допомогою парової фурми з соплами на її кінці, і що має температуру до 130°C, зливанні розігрітого темного нафтопродукту з залізничному вагону-цистерни через прилад для нижнього зливання, транспортуванні розігрітого темного нафтопродукту по термоізольованих технологічних трубопроводах, що підігріваються, до резервуара для його накопичення і зберігання, постійного підігрівання темного нафтопродукту в резервуарі для його накопичення і зберігання за допомогою пари, що подається від котельні, або електричної енергії, і подальшому транспортуванні підігрітого темного нафтопродукту по термоізольованих технологічних трубопроводах, що підігріваються, з резервуара для його накопичення і зберігання на морські судна через стендерні пристрої, що знаходяться біля краю берега.

Крім того, транспортування темного нафтопродукту по лінії технологічних трубопроводів, що

підігриваються, здійснюють за допомогою відцентрових насосних агрегатів насосної станції, які розміщують в технологічному блоці насосно-трубопровідної системи перевалочної нафтобази.

Недоліками способу експлуатації цього нафтокомплексу є:

- неможливість багатоваріантного використання насосних агрегатів комплексної насосної станції, оскільки кожний насосний агрегат технологічно об'язаний суворо на свої технологічні трубопроводи, що дозволяють виконувати тільки свою однотипну операцію (наприклад, вантаження, вивантаження, зачищення і ін.);
- неможливість постійної і безпечної експлуатації комплексної насосної станції без будівництва додаткової інфраструктури для підігрівання технологічних трубопроводів, в тому числі внутрішньоплощадочних, а також фільтрів, насосних агрегатів і дренажних систем;
- наявність значного обводнення товарного темного нафтопродукту внаслідок розігрівання його водяною парою, внаслідок чого гіршають якісні характеристики, а також і комерційна вартість кінцевого товарного нафтопродукту;
- неможливість здійснення реверсивного руху темних нафтопродуктів по технологічних трубопроводах, що різко знижує якість очищення технологічних трубопроводів від залишків темних нафтопродуктів;
- використання відкритого зливного колектора темних нафтопродуктів, в якому здійснюється інтенсивне розігрівання темного нафтопродукту, внаслідок чого відбуваються великі втрати тепла і випаровування розігрітого темного нафтопродукту, а також забруднюється навколишнє середовище.

В основу винаходу поставлена задача створення і подальшої експлуатації створеного і універсального за функціональним призначенням та економічного за використанням замкнутого екологічно безпечного нафтокомплексу, призначеного для здійснення реверсивного вивантаження-вантаження з залізничних вагонів-цистерн темних нафтопродуктів у вигляді нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання і вантаження-вивантаження на морські судна, який виключає необхідність підігрівання комунікаційних технологічних трубопроводів, що проходять між залізничним вагоном-цистерною, резервуарами для накопичення і зберігання темного нафтопродукту і морським судном, а також виключає забруднення навколишнього середовища.

Поставлена задача досягається тим, що відповідно до способу експлуатації замкнутого екологічно безпечного нафтокомплексу, призначеного для реверсивного вивантаження-вантаження з залізничних вагонів-цистерн темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання і вантаження-вивантаження на морські судна, який полягає у встановленні і подальшій експлуатації системи розігрівання темних нафтопродуктів у залізничному вагоні-цистерні у складі котельні для підігрівання пари, внутрішньоплощадочних трубопроводів подачі пари, парового колектора і парової фурми з соплами, системи зливних колекторів двосторонньої вантажної залізничної естакади, що сполучені з приладом для нижнього зливання, який знаходиться в зоні зливного отвору залізничного вагону-цистерни, резервуарних ємностей накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів, що виконані з можливістю підігрівання, комплексної насосної станції, що входить до складу технологічного блоку трубопровідно-насосної системи перевалочної нафтобази, і яка містить насоси, що забезпечують вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн до резервуарних ємностей накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, виконаних з можливістю підігрівання темних нафтопродуктів, насосів, що забезпечують доставку розігрітих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн до резервуарних ємностей накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, насосів, що забезпечують вантаження розігрітих темних нафтопродуктів з резервуарних ємностей накопичення і зберігання як до залізничних вагонів-цистерн, так і на морські судна по технологічній лінії вантаження темних нафтопродуктів, до складу якої входять береговий блокувальний трубопровід, підводний технологічний трубопровід і підводна гнучка шлангова система, системи внутрішньоплощадочних технологічних трубопроводів, що входять до складу трубопровідно-насосної системи, а також запірно-регулюючої арматури, встановлюють з подальшою експлуатацією в системі розігрівання темних нафтопродуктів у залізничному вагоні-цистерні термомасильну котельню, підігрівач термального мастила, який розміщують у термомасильній котельні, внутрішньоплощадочні трубопроводи циркуляції термального мастила, пароперегрівач, який встановлюють у котельні для підігрівання пари, і який виконують з можливістю генерування перегрітої пари, що має температуру не менше за 250°C, а також пристрої вприскування розігрітого циркуляційного темного нафтопродукту у вигляді гідромоніторів, які виконують з можливістю переміщення по висоті залізничного вагону-цистерни і реверсивного обертання в горизонтальній площині, і які встановлюють у приладі для нижнього зливання, в технологічному блоці насосно-трубопровідної системи нафтокомплексу встановлюють резервуарну ємність зберігання темних нафтопродуктів циркуляційного розігрівання, яку виконують з можливістю підігрівання, два герметичних колектори циркуляційного розігрівання застигаючих темних нафтопродуктів, не менше двох циркуляційних насосів циркуляційного прокачування розігрітого темного нафтопродукту, заглиблену дренажну ємність, внутрішньоплощадочні трубопроводи підводу дренажної ємності, резервуарну ємність з нафтопродуктом заміщення, циркуляційний насос прокачування нафтопродукту заміщення, внутрішньоплощадочні трубопроводи циркуляції нафтопродукту заміщення, а також другу технологічну лінію вантаження темних нафтопродуктів, яку розміщують паралельно першій технологічній лінії вантаження темних нафтопродуктів, як котельню для підігрівання темних нафтопродуктів, що знаходяться в резервуарних ємностях накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, в резервуарній ємності зберігання темних нафтопродуктів циркуляційного розігрівання, а також у дренажній ємності, використовують термомасильну котельню, що працює на термостабільному термальному мастилі, яке є працездатним при температурах, що досягають 280 - 320°C, застигає при температурі не більше за - 12°C, і яке володіє антиокислювальними властивостями, як систему внутрішньоплощадочних технологічних

трубопроводів використовують всмоктуючі внутрішньоплощадочні трубопроводи, напірні внутрішньоплощадочні трубопроводи насосних агрегатів, транспортні внутрішньоплощадочні трубопроводи насосних агрегатів, внутрішньоплощадочні трубопроводи підводу насосних агрегатів, зачисні внутрішньоплощадочні трубопроводи, а також внутрішньоплощадочні трубопроводи циркуляційного розігрівання, систему зливних колекторів роблять з можливістю здійснення зливання-наливання, і виконують у вигляді двох колекторів нижнього зливання і двох колекторів верхнього зливання-наливання, технологічні трубопроводи трубопровідно-насосної системи перевалочної нафтобази у вигляді системи зливних колекторів і системи внутрішньоплощадочних технологічних трубопроводів виконують герметичними, замкненими і розділеними запірною-регулюючою арматурою на окремі технологічні ділянки, у комплексній насосній станції розміщують насосну темних продуктів і циркуляційну насосну розігрітих темних нафтопродуктів, при цьому насосну темних продуктів виконують у вигляді двох циркуляційних насосів подачі розігрітих темних нафтопродуктів на морське судно, циркуляційного резервного насоса вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн, чотирьох циркуляційних насосів вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн, а також циркуляційного резервного насоса вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн, причому кожний циркуляційний насос подачі розігрітих темних нафтопродуктів на морське судно технологічно об'язують на відповідну технологічну лінію вантаження темних нафтопродуктів, циркуляційний резервний насос вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн технологічно об'язують на герметичний колектор нижнього зливання, а також на резервуарну ємність накопичення і зберігання темного нафтопродукту за допомогою напірних внутрішньоплощадочних трубопроводів насосних агрегатів і транспортних внутрішньоплощадочних трубопроводів, кожну пару циркуляційних насосів вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн технологічно об'язують на правий і лівий герметичні колектори нижнього зливання, циркуляційний резервний насос вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн технологічно об'язують на обидві технологічні лінії вантаження, а також на герметичний колектор нижнього зливання, циркуляційну насосну розігрітих темних нафтопродуктів виконують у вигляді поршневого насоса верхнього зливання темних нафтопродуктів з несправних залізничних вагонів-цистерн, а також двох гвинтових зачисних насосів, причому поршневий насос верхнього зливання темних нафтопродуктів з несправних залізничних вагонів-цистерн технологічно об'язують на колектор верхнього зливання, а також на систему внутрішньоплощадочних трубопроводів, кожний гвинтовий зачисний насос технологічно об'язують на систему внутрішньоплощадочних трубопроводів, а також на герметичні колектори нижнього зливання, верхнього зливання і циркуляційного розігрівання, при цьому кожний циркуляційний насос циркуляційного прокачування розігрітого темного нафтопродукту технологічно об'язують за допомогою внутрішньоплощадочних трубопроводів циркуляційного розігрівання на відповідний герметичний колектор циркуляційного розігрівання, заглиблену дренажну ємність встановлюють між насосною темних нафтопродуктів і циркуляційною насосною розігрітих темних нафтопродуктів, і обладнують занурювальним зачисним насосом, а також резервуарним підігрівачем темних нафтопродуктів, що знаходяться в ній, і технологічно об'язують за допомогою внутрішньоплощадочних трубопроводів підводу дренажної ємності на насоси, що знаходяться у насосній темних нафтопродуктів і у циркуляційній насосній розігрітих темних нафтопродуктів, на циркуляційні насоси циркуляційного прокачування розігрітого темного нафтопродукту і на циркуляційні насоси прокачування нафтопродукту заміщення, а також на резервуарні ємності накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, резервуарну ємність з нафтопродуктом заміщення технологічно об'язують на циркуляційний насос прокачування нафтопродукту заміщення, а також за допомогою внутрішньоплощадочних трубопроводів циркуляції продукту заміщення на резервуарні ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів та на дві технологічні лінії вантаження темних нафтопродуктів, при цьому в резервуарних ємностях накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів, в ємності зберігання циркуляційного темного нафтопродукту і в дренажній ємності розміщують резервуарні підігрівачі темних нафтопродуктів у вигляді теплообмінників, які виконують з можливістю внутрішньої циркуляції термального мастила, розігрівання темного нафтопродукту у залізничного вагонів-цистерн і здійснюють як одночасне комбіноване розігрівання темного нафтопродукту за допомогою перегрітої пари і внаслідок циркуляції розігрітого за допомогою термального мастила темного нафтопродукту, що має температуру не менше за 50°C, який є подібним до темного нафтопродукту, що розігрівається у залізничному вагоні-цистерні, і який подається до неї через прилад для нижнього зливання і гідромонітор, а трубопровідно-насосну систему замкненого екологічно безпечного нафтокомплекса виконують з можливістю забезпечення реверсивності вивантаження-вантаження з залізничних вагонів-цистерн темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання і вантаження-вивантаження на морські судна.

Вибирають діаметр транспортних внутрішньоплощадочних трубопроводів і внутрішньоплощадочних трубопроводів підводу насосних агрегатів, що становить не менше за 1000мм, а діаметр напірних внутрішньоплощадочних трубопроводів насосних агрегатів вибирають не менше за 700мм.

Вибирають діаметр герметичних колекторів нижнього зливання, що становить не менше за 1200мм, а діаметр герметичного колектора циркуляційного розігрівання вибирають не менше за 400мм.

Як гвинтовий циркуляційний насос, що входить до складу циркуляційної насосної розігрітих темних нафтопродуктів, вибирають гвинтовий циркуляційний насос, що має продуктивність не менше за 800м³/год.

Кількість гвинтових зачисних насосів вибирають, виходячи з часу, передбаченого регламентом на проведення зачищення внутрішньоплощадочних трубопроводів, а також колекторів зливання-наливання і циркуляційного розігрівання.

Як циркуляційні насоси, що входять до складу насосної темних нафтопродуктів, а також як циркуляційні насоси циркуляційного прокачування розігрітого темного нафтопродукту і прокачування нафтопродукту заміщення вибирають циркуляційні насоси, кожний з яких має продуктивність не менше за $1250\text{ м}^3/\text{год}$ і висоту всмоктування не менше за 50м.

Вибирають об'єм заглибленої дренажної ємності, що становить не менше за 100 м^3 .

Герметичний колектор нижнього зливання встановлюють таким чином, щоби його верхня точка не перевищувала відмітки нижнього зливного стакану залізничної вагону-цистерн, а герметичний колектор циркуляційного розігрівання розміщують над герметичним колектором нижнього зливання.

Зачищення внутрішньошлящових трубопроводів, а також колекторів зливання-наливання і циркуляційного розігрівання, здійснюють при умові перевищення температури темних нафтопродуктів, що знаходяться у внутрішньошлящових трубопроводах, а також в колекторах зливання-наливання і циркуляційного розігрівання після проведення вантажно-розвантажувальних робіт, у порівнянні з температурою застигання товарних темних нафтопродуктів, що перекачуються.

Як підігрівач термального мастила, що встановлений у термомасильній котельні, використовують електронагрівальний теплообмінник, або теплообмінник, всередині якого циркулює розігріте термальне мастило, що є ідентичним до термального мастила, яке використовується як теплоносій для розігрівання темних нафтопродуктів, що гуснуть.

Вантажно-розвантажувальні роботи здійснюють одночасно по двох технологічних лініях вантаження темних нафтопродуктів.

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

Як нафтопродукт заміщення використовують пічне паливо, або суміш нафтопродуктів відпрацьованих, або сорти легкої нафти.

Як термальне мастило використовують мастило-теплоносій АМТ-300, або мастило-теплоносій АМТ-300Т, або мастило-теплоносій Teboil Termo Oil.

Перераховані ознаки способу складають суть винаходу.

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

У діючих нафтокомплексах по перевалці темних нафтопродуктів, що мають високі значення температури застигання, із залізничних вагонів-цистерн до резервуарних ємностей для накопичення і зберігання темних нафтопродуктів і далі на морські судна, застосовуються різноманітні технологічні способи і схеми, відмінними особливостями яких є:

1) застосування як теплоносія при розігріванні у залізничній вагонів-цистерн, а також при накопиченні і зберіганні товарних темних нафтопродуктів у резервуарних ємностях, гострої водяної пари, або теплообмінників, що працюють на водяній парі; при цьому температура теплоносія, як правило, не перевищує 130°C ;

2) обов'язкове розігрівання темного нафтопродукту в технологічних трубопроводах, зливо-наливних колекторах, а також у вигрібних траншеях;

3) забезпечення вантаження розігрітого темного нафтопродукту на морські судна тільки через берегові причальні споруди, і, зокрема, через стендерні пристрої.

У цей час під час експлуатації нафтокомплексів загальноприйнятою і найпоширенішою схемою перевалки темних нафтопродуктів, що включає прийом темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн, їх зберігання і подальшого вантаження на морські судна, є схема, при якій здійснюється розігрівання, зливання, зберігання, перекачування і вантаження в'язких темних нафтопродуктів на морські судна. Здійснення операційної діяльності по перевалці темних нафтопродуктів за цією найпоширенішою схемою має такі відмінності:

□ розігрівання темних нафтопродуктів у залізничних вагонів-цистернах здійснюється пристроями, в яких теплоносій є водяною парою, що має температуру $110 - 140^\circ\text{C}$;

□ зливання розігрітих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн здійснюється через нижній зливний стакан залізничного вагону цистерни безпосередньо до вигрібної траншеї;

□ зберігання товарних темних нафтопродуктів здійснюється в резервуарних ємностях, де розігрівання товарних темних нафтопродуктів забезпечується за допомогою теплообмінників, які працюють на водяній парі, що має температуру $110 - 130^\circ\text{C}$;

□ перекачування в'язких темних нафтопродуктів з резервуарних ємностей накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів здійснюється при обов'язковому їх підігріванні;

□ вантаження в'язких темних нафтопродуктів на морські судна здійснюється по системі трубопроводів, яка обладнана системою підігрівання і теплоізоляції.

При використанні стандартної схеми розігрівання темних нафтопродуктів у залізничних вагонів-цистерн за допомогою гострої пари завжди виникає обводнення темного нафтопродукту, що істотно погіршує його якісні характеристики, а також зменшує коефіцієнт корисного використання тепла (який складає не більше за $30 - 40\%$). Як наслідок, збільшується технологічний час, витрачений на операцію розігрівання темних нафтопродуктів в залізничних вагонів-цистернах (який збільшується від 5 - 6 до 12 годин).

Крім того, у разі недостатнього розігрівання темного нафтопродукту в залізничному вагонів-цистерн (особливо в її торцевих частинах) при зливанні темного нафтопродукту в залізничному вагонів-цистерн залишається частина темного нафтопродукту, яку згодом до розігрітих і до злити є неможливим. Крім того, технологічне обладнання системи розігрівання, яке працює на водяній парі, є априорі недовговічним.

Зливання розігрітих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн за стандартною схемою

здійснюється відкритим способом через нижній зливний стакан залізничних вагонів-цистерн до вигрібної траншеї. Це приводить до значних втрат тепла, внаслідок чого темний нафтопродукт у вигрібній траншеї необхідно обов'язково до розігрівати. Крім того, така схема зливання негативно впливає на навколишнє середовище внаслідок інтенсивного випаровування нафтопродукту.

Зберігання темних нафтопродуктів здійснюється в резервуарних ємностях, де їх розігрівання забезпечується за допомогою теплообмінників, що також працюють на водяній парі, яка має температуру 110 - 130°C. Недоліком такого розігрівання є те, що технологічні системи підігрівання, які працюють на водяній парі, є недовговічними, часто втрачають герметичність, внаслідок чого до них попадає темний нафтопродукт. Це приводить до зниження ефективності їх використання і до трудомістких і витратних ремонтних робіт. До того ж коефіцієнт тепловіддачі таких теплообмінних систем є невисоким, що приводить, в свою чергу, до збільшення площі теплообміну, а також до збільшення кількості теплообмінників, що використовуються для розігрівання.

Перекачування темних нафтопродуктів проводиться по трубопроводах, обладнаних паросупутниками, які забезпечують підтримання необхідної температури в технологічних трубопроводах. Однак коефіцієнт тепловіддачі таких паросупутників є невисоким, і на практиці не перевищує 20%.

Вантаження темних нафтопродуктів на морські судна проводиться тільки через берегові стендерні пристрої, для чого морські судна відшвартовують до берегових причальних споруд, або пірсів. При цьому аналогів і прототипів вантаження на морські судна легкозастигаючих високов'язких темних нафтопродуктів по підводних технологічних трубопроводах, що не обладнані системою підігрівання і термоізоляції, не існує.

Темні нафтопродукти, які використовуються в перевалочному нафтокомплексі, що пропонується до експлуатації, і деякі сорти нафти мають такі значення температури застигання, що не дозволяють вільно здійснювати з ними технологічні операції по вантаженню-вивантаженню їх до транспортних засобів, перекачуванню їх по трубопроводних технологічних системах і зберіганню в необхідному технологічному стані. До таких нафтопродуктів відносяться мазут різних сортів, вакуумний газойль, нафти з високим змістом парафіну та інші нафтопродукти.

Як правило, температура застигання таких темних нафтопродуктів є вищою за температуру навколишнього середовища, при якій з темними нафтопродуктами здійснюються технологічні операції по транспортуванню і зберіганню. Тому темні нафтопродукти при досягненні значень своєї температури застигання втрачають рухливість, і подальше виконання за їх участю вантажно-розвантажувальних операцій, в тому числі операцій по перекачуванню темних нафтопродуктів по трубопроводних технологічних системах, стає неможливим.

Таким чином, для забезпечення проведення технологічних операцій з вказаними темними нафтопродуктами необхідно створити умови, при яких вони набувають необхідної рухливості (тобто текучості). Це досягається в тому випадку, коли температура темного нафтопродукту $T_{\text{нп}}$ буде перевищувати значення температури його застигання $T_{\text{заст}}$, тобто $T_{\text{нп}} > T_{\text{заст}}$.

Очевидно, що для того, щоб виконати цю умову згідно розробленого способу, необхідно розігріти темний нафтопродукт до таких значень його температури, при яких буде виконуватися умова $T_{\text{нп}} > T_{\text{заст}}$. У винаході, що описується, виконання цієї умови досягається шляхом застосування різних технологічних операцій, що здійснюються за допомогою відповідного розробленого технологічного обладнання і пристроїв.

Застосування за розробленим винаходом комбінованого розігрівання темного нафтопродукту в залізничних вагонів-цистернах дозволяє здійснювати розігрівання темного нафтопродукту відразу у всьому об'ємі залізничної вагонів-цистерни. Дійсно, парова фурма забезпечує розігрівання темного нафтопродукту в торцевих зонах залізничного вагону-цистерни. А інший елемент системи циркуляційного розігрівання, що призначена для здійснення розігрівання темним підігрітим нафтопродуктом, ідентичним до темного нафтопродукту, який розігрівається в залізничній вагонів-цистерні, а саме гідромонітор з соплами, виконаний можливістю переміщення по висоті залізничного вагону-цистерни, а також реверсивного обертання в горизонтальній площині для забезпечення розігрівання темного нафтопродукту в центральній частині залізничного вагону-цистерни.

Для функціонування вищезгаданої реалізації системи циркуляційного розігрівання, згідно з розробленим винаходом, в технологічному блоці насосно-трубопроводної системи перевалочної нафтобази встановлюють резервуар для зберігання розігрітого темного нафтопродукту, а також колектори циркуляційного розігрівання темного нафтопродукту для його циркуляції в залізничній вагонів-цистерні.

Крім того, в котельній для підігрівання пари встановлюють пароперегрівач з можливістю генерування перегрітої пари, що має температуру не менше за 250°C.

Розігрівання за розробленим винаходом нафти і в'язких нафтопродуктів, зокрема, у залізничному вагоні-цистерні, засновано на врахуванні природних властивостей нафти і в'язких нафтопродуктів, а також їх властивостей і умов транспортування в залізничних вагонів-цистернах в період, який характеризується низькими температурами навколишнього середовища (повітря).

Таким чином, для забезпечення проведення технологічних операцій з вказаними темними нафтопродуктами необхідно створити умови, при яких вони набувають необхідної рухливості (тобто текучості). Це досягається в тому випадку, коли температура темного нафтопродукту $T_{\text{нп}}$ буде перевищувати значення температури його застигання $T_{\text{заст}}$, тобто $T_{\text{нп}} > T_{\text{заст}}$. Очевидно, що для того, щоб виконати цю умову, необхідно розігріти темний нафтопродукт до таких значень температури, при яких буде виконуватися умова $T_{\text{нп}} > T_{\text{заст}}$. У способі, що заявляється, виконання цієї умови досягається за допомогою застосування різних технологічних операцій, а також відповідного технологічного обладнання.

Як відомо, нафти і в'язкі нафтопродукти - складні речовини, які являють собою суміші різних

вуглеводневих фракцій з різноманітними фізичними властивостями. До таких властивостей відносяться густина, внутрішнє тертя, теплове розширення, теплоємність, температура кипіння, температура застигання і т.п. Ці властивості змінюються в залежності від температури нафтопродукту, однак для різних фізичних властивостей нафтопродукту швидкість цих змін є різною.

Передусім, зниження температури навколишнього середовища приводить до більш щільного упакування молекул в одиниці об'єму, а також до селективного утворення зародків (центрів кристалізації) для компонент нафти/в'язких нафтопродуктів з високою температурою застигання.

По мірі подальшого зниження температури навколо центрів кристалізації зростають об'єми компонент, що кристалізуються, які поступово опускаються на дно (внаслідок дії гравітаційного поля) і утворюють тверді відкладення.

Таким чином, в умовах низьких температур протягом досить тривалого періоду часу, який є співрозмірним з часом транспортування нафтопродуктів, в вагонах-цистернах відбувається фазове розшарування важких вуглеводнів. Внаслідок цього процесу важкі вуглеводні в основній своїй масі набувають більш низької температури застигання за рахунок осідання відповідних фракцій.

Врахування цих чинників і механізмів зумовлює особливості використання розігрівання у залізничних вагонів-цистернах нафти і в'язких нафтопродуктів. Винахід, що пропонується, заснований на використанні автономної подачі теплоносія з декількох (не менш, ніж в двох, а саме зверху і знизу) боків з контролем режимів його подачі. Таким чином, у розробленому способі експлуатації нафтокомплексу розігрівання в'язких нафтопродуктів передбачає застосування комбінованого нагрівання нафтопродуктів у залізничних вагонів-цистернах з подальшим і (або) одночасним зливанням нафтопродуктів в ємності для їх накопичення і зберігання через нижній зливний пристрій залізничного вагону-цистерни.

При цьому на першому етапі одночасно подається кількість теплоносія, що контролюється, через занурювальний нагрівач (парову фурму) спеціальної конструкції, а також через сопла гідромонітора, виконаного з можливістю переміщення по висоті залізничного вагону-цистерни і реверсивного обертання в горизонтальній площині, для переведення важких вуглеводнів із застиглого (студеноподібного) стану в рідкотекучий стан, після чого проводиться часткове зливання розігрітої нафти/в'язкого нафтопродукту.

Після цього подача пари на фурму і подача розігрітого продукту на гідромонітор відключається, і продовжується зливання нафти і в'язких нафтопродуктів за допомогою системи відкачування,

Теплоносій, що подається далі, викликає у ванні з розігрітою нафтою/в'язким нафтопродуктом, що знаходяться у залізничний вагоні-цистерні, як тепловий, так і гідродинамічний удар, який необхідний для переведення в рідкотекучий стан залишків важких вуглеводнів. При цьому кількість тепла, що підводиться у ванну, тобто кількість теплоносія, що подається через сопла гідромонітора і через сопла занурювального нагрівача, визначається на основі вимірювань об'єму (товщини) розігрітого продукту, а також температур застигання осаджених фракцій і розігрітих нафтопродуктів.

У напрямі, де товщина продукту, що розігрівається, є більшою, на нього впливає більша кількість струменів, що виходять як з сопел паронагрівача, так і з сопел гідромонітора. Тобто кількість теплоносія, що подається з сопел паронагрівача і гідромонітора в різних напрямках, пропорційна масі (об'єму), або товщині продукту, що розігрівається, і який знаходиться у вагонів-цистерни. Внаслідок цього в горизонтальній площині осьового перетину вагонів-цистерни створюється рівномірний розподіл щільності теплових струменів по всьому перетину вагонів-цистерни.

Винахід також передбачає нагрівання певної кількості продукту, який відразу зливається, а на його місце поступає холодний продукт. Таким чином, тепло не встигає передатися стінкам залізничної вагону-цистерни, а розділяючий продукт між нагрівачами (паронагрівачем і гідромонітором) і стінками вагону-цистерни є ізолюючим середовищем. Внаслідок цього забезпечується високий коефіцієнт корисної дії нагрівання і зливання в'язких темних нафтопродуктів.

Таким чином, новизна запропонованого винаходу в частині реалізації розігрівання і подальшого зливання в'язких нафтопродуктів, що здійснюється за допомогою системи розігрівання темних нафтопродуктів у залізничному вагоні-цистерні, до складу якої входить котельня для підігрівання пари, внутрішньоплощадочні трубопроводи подачі пари, паровий колектор, парова фурма з соплами, термомастильна котельня, підігрівач термального мастила, що встановлений у термомастильній котельні, внутрішньоплощадочні трубопроводи циркуляції термального мастила, пароперегрівач, що встановлений у котельні для підігрівання пари, і який виконаний з можливістю генерування перегрітої пари, що має температуру не менше за 250°C, а також пристрої вприскування розігрітого циркуляційного темного нафтопродукту у вигляді гідромоніторів, виконаних з можливістю переміщення по висоті залізничного вагону-цистерни і реверсивного обертання в горизонтальній площині, полягає в спільному (комбінованому) розігріванні нафти і в'язких нафтопродуктів по всьому об'єму вагонів-цистерни.

Наступна група відмітних ознак винаходу стосується здійснення підігрівання темного нафтопродукту при його зберіганні, підігрівання дренажної місткості, що встановлюється в насосній станції, а також підігрівання темного нафтопродукту, призначеного для циркуляції, за допомогою використання як теплоносія термостабільного термального мастила.

В останній час як теплоносій почали поступово застосовувати різні термальні мастила, або мастила-теплоносії. Основними вимогами, що висуваються до таких термальних мастил, є: висока робоча температура, термостабільність, висока температура samozапалення, низька температура застигання, добрі антиокислювальні властивості.

Як було нами встановлено, теплообмін між термальним мастилом і темним нафтопродуктом, що розігрівається, а також між парою і темним нафтопродуктом, що розігрівається, практично не відрізняються по своїй ефективності, за винятком випадку використання тепла пари, що конденсується при застосуванні

пари як теплоносія.

У таблиці 1 показані порівняльні дані по ефективності розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів за допомогою різних видів теплоносіїв.

Таблиця 1

Порівняльні дані по ефективності розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів різними теплоносіями

теплоносіїв	робоча температура, °C	питома теплоємність, кКал кг · °C	температура застигання, °C	Показники ефективності розігрівання	
				час розігрівання, хв	температура, розігрівання, що досягається, °C
пара	100 ÷ 170	0,5	0	240	до 50
термальне мастило	200 ÷ 320	0,48 ÷ 0,5	- 12 ÷ - 30	200	до 75

Термомастила — це високотемпературні нетоксичні нафтові масла-теплоносії, які відрізняються високою термічною стабільністю і температурою самозаймання. Високотемпературні нафтові мастила-теплоносії, які є працездатними при температурах, що досягають 280 - 320°C, являють собою продукти глибокої переробки нафти, в яких за рахунок технологічних процесів досягається високий зміст ароматичних вуглеводнів.

Так, у винаході, що пропонується, можуть бути застосовані термомастила, які виробляється на основі екстракту важкого газойля каталітичного крекінга з подальшою селективною депарафінізацією і доочищенням. Ці мастила звичайно застосовуються в закритих системах обігрівання, які обладнані пристроєм для видалення продуктів розкладання, що легко випаровуються, і які можуть утворюватися при тривалій роботі теплоносія.

Як правило, ці термомастила мають густину при 20°C не менше за 995кг/м³, і кінематичну в'язкість при 100°C не більше за 5.3мм²/с. Гранично припустима температура цих термомастил при їх інтенсивній примусовій циркуляції в умовах тривалої експлуатації досягає до 300 - 320°C.

Внаслідок численних експериментальних досліджень, проведених з різними термальними мастилами, авторами винаходу було встановлено, що найбільш ефективним є використання наступних марок термальних масил для розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів, що застигають, а саме: АМТ-300 (ТУ 38 101537-75), АМТ-300Т (ТУ 38 1011023-85), Teboil Termo Oil (клас ISO VG 15, 32, 100) [3]. Деякі властивості досліджених термальних масил наведено в таблиці 2.

Таким чином, вказані в таблиці високотемпературні нафтові мастила-теплоносії є працездатними при температурах, що досягають 280 - 320°C, відрізняються досить високою термічною стабільністю, мають високу температуру самозаймання і низьку температуру застигання (- 12 + - 42°C). Крім того, ці мастила володіють добрими антиокислювальними властивостями.

Таблиця 2

Деякі властивості досліджених термальних масил

марка термального мастила	максимальна робоча температура, °C	температура застигання, °C
АМТ-300 (ТУ 38101537-75)	280 ÷ 300	- 30
АМТ-300Т (ТУ 38 101 1023-85)	280 ÷ 300	- 23
(клас ISO VG 15, 32, 100)	200 ÷ 320	- 12 ÷ 42

У свою чергу, вибір термального мастила як теплоносія у винаході, що пропонується, обумовлює те, що як котельну для підігрівання темних нафтопродуктів, що знаходяться в резервуарних ємностях накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, в резервуарній ємності зберігання темних нафтопродуктів циркуляційного розігрівання, а також у дренажній ємності, використовують термомасильну котельну, що працює на термостабільному термальному мастилі.

Наступна група відмітних ознак розробленого винаходу стосується складу, взаємозв'язку, експлуатаційних характеристик, а також особливостей здійснення експлуатації елементів комплексної насосної станції, яка міститься в структурі замкнутого екологічно безпечного нафтокомплексу.

Типові технологічні комплексні насосні станції, за допомогою яких забезпечується вивантаження темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, із залізничних вагонів-цистерн на морські судна, і що входять до складу трубопровідно-насосної системи типової перевалочної нафтобази, є жорстко прив'язаними до наступної схеми роботи: «залізничний вагон-цистерна — насосний агрегат — резервуарна

ємність накопичення і зберігання темних нафтопродуктів». При здійсненні традиційної технологічної схеми вивантаження високов'язких легкозастигаючих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн, темні нафтопродукти, що знаходяться в залізничних вагонах-цистернах, спочатку розігрівають і далі зливають відкритим способом через відкриті нижні зливні пристрої, що розташовані в зоні зливного отвору залізничних вагонів-цистерн, до вигрібної траншеї.

У вигрібній траншеї темний нафтопродукт дорозігрівається, після чого перекачується до резервуарних ємностей, призначених для накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів.

Після виконання операції по перекачуванню підігрітих темних нафтопродуктів з вигрібних траншей до резервуарних ємностей, призначених для накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів, технологічні трубопроводи, в тому числі внутрішньоплощадочні напірні трубопроводи, а також насосні агрегати і зливні колектори залишаються заповненими залишками в'язких темних нафтопродуктів. Внаслідок цього вищегадані технологічні трубопроводи і насосні агрегати в типовому виконанні роблять з термоізоляцією і обладнують системою термопідігрівання.

Як правило, традиційні технологічні системи перевалки високов'язких легкозастигаючих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн на морські судна не передбачають повного звільнення внутрішньоплощадочних напірних трубопроводів від залишків темних нафтопродуктів після завершення вантажо-розвантажувальних технологічних операцій.

В реалізованих технічних і технологічних рішеннях по будівництву і експлуатації сучасних нафтокомплексів у вигляді перевалочних нафтобаз, наприклад, на Феодосійському підприємстві по забезпеченню нафтопродуктами (ФПЗН), довжина технологічних трубопроводів вибрана мінімально можливою з метою можливості розміщення нафтокомплексу в береговій межі. Однак таке розміщення не завжди відповідає існуючим екологічним вимогам. Крім того, причальні споруди, які необхідні для здійснення швартування морських судів під вантаження, є складними гідротехнічними спорудами, що дуже дорого коштують.

Перспективних рішень по здійсненню перевалки легкозастигаючих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн на морські судна по внутрішньоплощадочним, береговим і підводним технологічним трубопроводам без застосування відповідних систем підігрівання технологічних трубопроводів на цей час не існує.

Технічні і технологічні рішення, що пропонуються при експлуатації розробленого нафтокомплексу, дозволяють кардинально вирішити задачу по перевалці легкозастигаючих темних сортів нафти і в'язких нафтопродуктів з берегових резервуарних ємностей накопичення і зберігання на морське судно, яке знаходиться на віддаленні від берегової межі біля 600м, за системою берегових блокувальних і підводних технологічних трубопроводів, загальна довжина яких складає біля 1500м. Причому така перевалка здійснюється без додаткового підігрівання нафтопродукту у вказаній трубопроводній вантажній системі.

Темний нафтопродукт, що залишився в трубопроводах, за традиційною технологією розігрівається за допомогою спеціальної технологічної системи підігрівання, що дозволяє підтримувати технологічну трубопроводну систему в необхідному експлуатаційному стані. Однак використання вказаної технологічної системи підігрівання вимагає постійних експлуатаційних витрат на підігрівання темного нафтопродукту в технологічних трубопроводах. Крім того, вона містить додаткове коштовне технологічне обладнання, що забезпечує доставку теплоносія, а також теплообмін в технологічних трубопроводах.

Особливістю розробленого способу експлуатації нафтокомплексу є те, що в технологічному блоці насосно-трубопроводної системи нафтобази встановлюють резервуарну ємність для зберігання темних нафтопродуктів циркуляційного розігрівання, а також два герметичних колектори циркуляційного розігрівання застигаючих темних нафтопродуктів.

У свою чергу, як систему внутрішньоплощадочних технологічних трубопроводів використовують всмоктуючи внутрішньоплощадочні трубопроводи, напірні внутрішньоплощадочні трубопроводи насосних агрегатів, транспортні внутрішньоплощадочні трубопроводи насосних агрегатів, внутрішньоплощадочні трубопроводи підводу насосних агрегатів, зачисні внутрішньоплощадочні трубопроводи, внутрішньоплощадочні трубопроводи циркуляційного розігрівання, а також допоміжні внутрішньоплощадочні трубопроводи для циркуляції нафтопродукту заміщення, циркуляції термального мастила і подачі нафтопродукту з/до дренажної ємності.

При цьому як колектори, що призначені для зливання темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн, використовують систему зливо-наливних колекторів, у вигляді з двох колекторів нижнього зливання і двох колекторів верхнього зливання. Причому систему зливо-наливних колекторів і внутрішньоплощадочних напірних трубопроводів виконують герметичною, замкненою і розділеною запірно-регулюючою арматурою на окремі технологічні ділянки.

Такий склад і виконання системи зливо-наливних колекторів дозволяє здійснювати як верхнє, так і нижнє зливання і наливання темних нафтопродуктів одночасно з двох залізничних вагонів-цистерн, встановлених по обидві сторони від двосторонньої вантажної залізничної естакади, а також використовувати циркуляційне розігрівання застигаючих темних нафтопродуктів, що знаходяться в залізничному вагонів-цистерні, тобто істотно підвищити продуктивність процесу вантаження-розвантаження.

Таким чином, на відміну від відомих способів експлуатації комплексних насосних станцій, до складу нафтокомплексів, в розробленому винаході використовується технологічна схема по здійсненню екологічно безпечного закритого і герметичного зливання розігрітих високов'язких легкозастигаючих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн по герметичних колекторах нижнього і верхнього зливання.

Крім того, для подачі до залізничних вагонів-цистерн розігрітого циркуляційного темного нафтопродукту

застосовуються герметичні колектори циркуляційного розігрівання застигаючого темного нафтопродукту.

Як правило, існуючі технологічні комплексні насосні станції, що забезпечують вивантаження темних нафтопродуктів, які мають високу температуру застигання, із залізничних вагонів-цистерн на морські судна і у зворотному боці, включають в себе насосні агрегати, що забезпечують вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн до резервуарних ємностей накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, насосні агрегати, що забезпечують доставку розігрітих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн до резервуарних ємностей накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, насосні агрегати, що забезпечують вантаження розігрітих темних нафтопродуктів з резервуарних ємностей накопичення і зберігання як до залізничних вагонів-цистерн, так і на морські судна, зливні колектори відкритого типу або вигрібні траншеї, а також систему підігрівання насосних агрегатів, що забезпечують технічні операції по транспортуванню темних нафтопродуктів по всіх внутрішньооплощадочних технологічних трубопроводах трубопровідно-насосної системи перевалочної нафтобази [1, 2, 4].

Основні недоліки типових комплексних насосних станцій, що приводять також до відповідних недоліків при їх експлуатації, полягають в наступному:

- неможливість багатоваріантного використання насосних агрегатів комплексної насосної станції, оскільки кожний насосний агрегат технологічно обв'язаний суворо на свої технологічні трубопроводи, що дозволяють виконувати тільки свою однотипну операцію;
- неможливість постійної і безпечної експлуатації комплексної насосної станції без будівництва додаткової інфраструктури підігрівання технологічних трубопроводів, в тому числі внутрішньооплощадочних, а також фільтрів, насосних агрегатів і дренажних систем;
- неможливість здійснення реверсивного руху темних нафтопродуктів по технологічних трубопроводах;
- наявність відкритого зливного колектора темних нафтопродуктів, в якому здійснюється інтенсивне розігрівання темного нафтопродукту, і як наслідок, відбуваються великі втрати тепла, а також випаровування розігрітого темного нафтопродукту.

При цьому встановлено, що для забезпечення ефективної перевалки широкого спектра сортів нафти і високов'язких нафтопродуктів при мінімальній кількості насосного обладнання із здійсненням його ефективного обв'язування, що використовується, на систему технологічних трубопроводів, у даному винаході доцільним є визначений вибір характеристик і кількості насосних агрегатів. Зокрема, кожний циркуляційний насос, що входить до складу насосної темних нафтопродуктів, а також циркуляційні насоси циркуляційного прокачування розігрітого темного нафтопродукту і насос прокачування нафтопродукту заміщення вибирають з продуктивністю, що становить не менше за $1250\text{ м}^3/\text{год}$, і висотою всмоктування, що становить не менше за 50м.

Для забезпечення розігрівання і зливання із залізничних вагонів-цистерн високов'язких і легкозастигаючих темних нафтопродуктів типу мазуту і нафт, а також для забезпечення їх зберігання в резервуарних ємностях накопичення і зберігання і подальшого вантаження на морські судна під час експлуатації нафтокомплексу пропонується наступна послідовність виконання операцій з підігрівання мазуту і високов'язких легкозастигаючих нафт на всіх етапах операційної діяльності з ними, а також відповідну технологічну схему, за допомогою якої реалізовується винахід, що пропонується.

Ця схема складається з наступних елементів: 1) термомасильної котельні для забезпечення розігрівання темного нафтопродукту (мазуту) в резервуарних ємностях; 2) резервуара із запасом розігрітого темного нафтопродукту (мазуту) для забезпечення циркуляційного розігрівання темного нафтопродукту (мазуту) в залізничних вагонів-цистернах; 3) котельня з високотемпературним пароперегрівачем для забезпечення роботи парових фурм; 4) парові фурми, що подаються в залізничний вагон-цистерну через її верхню горловину, і які забезпечують розігрівання темного нафтопродукту (мазуту), що знаходиться в залізничній вагонів-цистерні, за допомогою подачі перегрітої пари; 5) приладів нижнього зливання розігрітого темного нафтопродукту (мазуту) із залізничних вагонів-цистерн з системою циркуляційної подачі розігрітого темного нафтопродукту (мазуту); 6) циркуляційні колектори для подачі розігрітого темного нафтопродукту (мазуту) через прилади нижнього зливання у вагонів-цистернах, в яких встановлені гідромонітори; 7) технологічні насоси, що забезпечують подачу розігрітого темного нафтопродукту (мазуту) в циркуляційні колектори; 8) технологічні трубопроводи, запірно-регулююча арматура і допоміжне обладнання.

На фіг.1 - 3 показані схеми, за допомогою яких реалізується розроблений винахід, де на фіг.1 - А, 1 - Б показана принципова технологічна схема для здійснення експлуатації замкнутого екологічно безпечного нафтокомплексу, призначеного для реверсивного вивантаження-вантаження з залізничних вагонів-цистерн темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання і вантаження-вивантаження на морські судна;

на фіг.2 показаний елемент реалізації способу експлуатації нафтокомплексу, а саме схема комбінованого розігрівання темних нафтопродуктів у вигляді нафти і в'язких нафтопродуктів, які мають високу температуру застигання, при вивантаженні їх з залізничних вагонів-цистерн, що здійснюється під час експлуатації розробленого замкнутого екологічно безпечного нафтокомплексу;

на фіг.3 показана фотографія фрагмента нафтокомплексу, а саме його двосторонньої залізничної вантажної естакади з робочими місцями і елементами системи розігрівання темних нафтопродуктів під час здійснення операційної діяльності по вантаженню-вивантаженню темних нафтопродуктів з залізничних вагонів-цистерн.

Замкнений екологічно безпечний нафтокомплекс, призначений для реверсивного вивантаження-вантаження з залізничних вагонів-цистерн темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання і вантаження-вивантаження на морські судна, за допомогою якого реалізується

розроблений спосіб його експлуатації, включає в себе систему зливних колекторів, яка виконана з можливістю здійснення зливання-наливання, і включає в себе два герметичних колектори нижнього зливання 1 і два герметичних колектори верхнього зливання 2; комплексну насосну станцію, яка включає насосну темних нафтопродуктів 3, до складу якої входить циркуляційний насос (2шт.) подачі (або вантаження) розігрітих темних нафтопродуктів на морське судно (танкер) 4, циркуляційний резервний насос вивантаження (подачі) темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн 5, циркуляційний насос (4шт.) вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн 6, а також циркуляційний резервний насос вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн 7; циркуляційну насосну розігрітих темних нафтопродуктів 8, до складу якої входить поршневий насос верхнього зливання темних нафтопродуктів з несправних залізничних вагонів-цистерн 9 і гвинтовий зачисний насос 10 (2шт.); резервуарні ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11 (на фіг. їх 4шт.), що виконані з можливістю підігрівання; берегові блокувальні трубопроводи 12 (2шт.); берегову камеру переміщення 13; підводні технологічні трубопроводи 14 (2шт.); підводний з'єднувальний колектор 15; підводні гнучкі шлангові системи 16 (2шт.); морське судно (танкер) 17; запірний клапан маніфольда 18 морського судна (2шт.); двосторонню вантажну залізничну естакаду 19; залізничного вагону-цистерну 20; прилад нижнього зливання 21 залізничного вагонів-цистерни; систему внутрішньоплощадочних трубопроводів, до основного складу якої входять всмоктуючі внутрішньоплощадочні трубопроводи 22, напірні внутрішньоплощадочні трубопроводи 23 насосних агрегатів; транспортні внутрішньоплощадочні трубопроводи 24 насосних агрегатів, внутрішньоплощадочні трубопроводи 25 підводу насосних агрегатів, зачисні внутрішньоплощадочні трубопроводи 26, а також внутрішньоплощадочні трубопроводи циркуляційного розігрівання 27; ємність зберігання циркуляційного темного нафтопродукту 28, виконану з можливістю підігрівання; циркуляційні насоси циркуляційного прокачування розігрітого темного нафтопродукту 29 (2шт.); герметичний колектор циркуляційного розігрівання 30.

Одна технологічна лінія вантаження складається (умовно) з берегового блокувального трубопроводу 12, підводного технологічного трубопроводу 14 і підводної гнучкої шлангової системи 16. У насосній станції паралельно розміщено дві таких технологічних лінії вантаження (відповідно для вантаження на лівий і правий борт морського судна 17).

При цьому технологічні трубопроводи трубопровідно-насосної системи перевалочної нафтобази у вигляді системи зливних колекторів 1 і 2 і системи внутрішньоплощадочних технологічних трубопроводів (23, 24, 25, 26, 27), а також внутрішньоплощадочні технологічні трубопроводи іншого призначення (36, 38, 41), виконують герметичними, замкненими і розділеними запірно-регулюючою арматурою на окремі технологічні ділянки (на фіг.1 не позначено).

Насоси, що входять до складу насосної темних нафтопродуктів і циркуляційної насосної розігрітих темних нафтопродуктів, мають таке технологічне об'язування всередині насосно-трубопровідної системи перевалочної нафтобази, що описується нижче.

Кожну пару циркуляційних насосів 6 вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн технологічно об'язують на правий і лівий герметичні колектори нижнього зливання 1 двосторонньої вантажної залізничної естакади 19.

Циркуляційний насос 7 вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн є резервним, і у разі виходу з ладу якого-небудь з насосів 6 цей насос підключають до роботи замість нього.

Крім того, для здійснення вантаження темного нафтопродукту з резервуарної ємності накопичення і зберігання темного нафтопродукту 11, здійснюють технологічне об'язування циркуляційного насоса 7 на резервуарну місткість накопичення і зберігання темного нафтопродукту 11 за допомогою внутрішньоплощадочних трубопроводів 23 і 24. Циркуляційний насос 7 також технологічно об'язують на колектор нижнього зливання 1.

Кожний циркуляційний насос 4 подачі (вантажання) нафтопродукту на морське судно 17 технологічно об'язують на відповідну технологічну лінію вантаження (всього - на 2 технологічні лінії вантаження).

Циркуляційний резервний насос 5 вантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн 20 на морське судно 17 технологічно об'язують на обидві технологічні лінії вантаження (праву і ліву) темних нафтопродуктів на морське судно 17. Крім того, насос 5, як допоміжний насос, технологічно об'язують на колектор нижнього зливання 1 вантажної залізничної естакади 19.

Поршневий насос верхнього зливання 9 несправних темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн технологічно об'язують на колектор верхнього зливання 2, а також на внутрішньоплощадочні трубопроводи 22, 23, 24, 25, 26, 27.

Гвинтові зачисні насоси 10 технологічно об'язують на внутрішньоплощадочні трубопроводи 22, 23, 24, 25, 26, 27, на колектор нижнього зливання 1, колектор верхнього зливання 2, колектор циркуляційного розігрівання 30. Вони призначені для виконання технологічних операцій по зачищенню всіх вищезгаданих внутрішньоплощадочних трубопроводів (22, 23, 24, 25, 26, 27), а також колекторів верхнього 1 зливання, нижнього 2 зливання і циркуляційного розігрівання 30.

Кількість гвинтових зачисних насосів 10, призначених для виконання операцій по зачищенню внутрішньоплощадочних трубопроводів 22, 23, 24, 25, 26, 27, а також колекторів 1, 2, 30, вибирають, виходячи з умови обмеження часу проведення технологічної операції по зачищенню вказаних трубопроводів.

Циркуляційний насос циркуляційного прокачування розігрітих темних нафтопродуктів 29 (всього — 2шт.) технологічно об'язують через внутрішньоплощадочні трубопроводи 27 на герметичні колектори циркуляційного розігрівання 30 двосторонньої вантажної залізничної естакади 19 (по одному насосу 29 на правий і лівий колектор циркуляційного розігрівання 30).

Інші елементи замкнутого екологічно безпечного нафтокомплексу, показані на фіг.1 і на фіг.2, мають такі позначення: 31 — заглиблена дренажна ємність, що обладнана системою підігрівання; 32 — занурювальний зачисний насос дренажної ємності; 33 — внутрішньоплощадочні трубопроводи підводу дренажної ємності; 34 — резервуарна ємність з нафтопродуктом заміщення; 35 — циркуляційний насос прокачування нафтопродукту заміщення; 36 — внутрішньоплощадочні трубопроводи циркуляції нафтопродукту заміщення; 37 — термомастильна котельня; 38 — внутрішньоплощадочні трубопроводи циркуляції термального мастила; 39 — котельня для підігрівання пари; 40 — пароперегрівач; 41 — внутрішньоплощадочний трубопровід подачі перегрітої пари; 42 — колектор подачі перегрітої пари; 43 — горловина залізничної вагонів-цистерни; 44 — кран-поперечина; 45 — парова фурма з соплами 46; 47 — пристрої вприскування розігрітого циркуляційного темного нафтопродукту у вигляді гідромоніторів (2шт.); 48 — резервуарний підігрівач темних нафтопродуктів за допомогою термомастила; 49 — підігрівач термального мастила, що встановлений у термомастильній котельні.

Ці елементи мають дефінований склад, виконання, функціональне призначення і зв'язок з іншими елементами нафтокомплексу, що описується нижче.

Для здійснення високоефективної експлуатації нафтокомплексу (перевалочної нафтобази) технологічні трубопроводи трубопровідно-насосної системи у вигляді системи зливних колекторів 1 і 2 і системи основних внутрішньоплощадочних технологічних трубопроводів (23, 24, 25, 25, 27), а також допоміжні внутрішньоплощадочні технологічні трубопроводи іншого призначення (36, 38, 41), виконують герметичними, замкненими і розділеними запірною-регулюючою арматурою на окремі технологічні ділянки (на фіг. не позначено).

Заглиблену дренажну ємність 31 встановлюють між насосною темних нафтопродуктів 3 і циркуляційною насосною розігрітих темних нафтопродуктів 8. Дренажна ємність 31 призначена для збирання витоків нафтопродукту, які відбуваються скрізь сальникові ущільнення насосного обладнання, встановленого у вищевказаних насосних, а також інших насосів (29, 35), і має об'єм, що становить не менше за 100м³.

Дренажну ємність 31 обладнують занурювальним зачисним насосом 32, призначеним для відкачування нафти і в'язких нафтопродуктів, що зливаються з напірного трубопроводу насосів до дренажної ємності 31, з подальшою їх подачею до резервуара для накопичення і зберігання темних нафтопродуктів 11. Крім того, дренажну ємність 31 обладнують також резервуарним підігрівачем 48 темних нафтопродуктів, що знаходяться в ній.

Для забезпечення повноцінного функціонування у складі нафтокомплексу заглиблену дренажну ємність 31 за допомогою внутрішньоплощадочних трубопроводів 33 підводу дренажної ємності технологічно об'язують на насоси, що знаходяться у насосній темних нафтопродуктів 3 і у циркуляційній насосній розігрітих темних нафтопродуктів 8, на циркуляційні насоси циркуляційного прокачування розігрітого темного нафтопродукту 29 і прокачування нафтопродукту заміщення 35, а також на резервуарні ємності накопичення і зберігання темних нафтопродуктів 11.

Резервуарну ємність з нафтопродуктом заміщення 34 технологічно об'язують на циркуляційний насос прокачування нафтопродукту заміщення 35, а також за допомогою внутрішньоплощадочних трубопроводів циркуляції нафтопродукту заміщення 36 на резервуарні ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11, а також на дві технологічні лінії вантаження темних нафтопродуктів на морське судно 17.

Термомастильну котельню 37 технологічно об'язують за допомогою внутрішньоплощадочних трубопроводів циркуляції термального мастила 38 на резервуарні ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11, на дренажну ємність 31, а також на ємність зберігання циркуляційного темного нафтопродукту 28, що виконують з можливістю підігрівання за рахунок циркуляції термального мастила по резервуарних підігрівачах темних нафтопродуктів 48, які роблять у вигляді теплообмінників.

При цьому підігрівання самого теплоносія, а саме термального мастила у термомастильній котельні 37, здійснюють підігрівачем термального мастила 49, який встановлюють у термомастильній котельні 37, а підігрівач термального мастила 49 роблять у вигляді електронагрівального теплообмінника, або теплообмінника, і виконують з можливістю внутрішньої циркуляції термального мастила. До того ж в резервуарних ємностях накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11, ємності зберігання циркуляційного темного нафтопродукту 28 і дренажній ємності 31 розміщують резервуарні підігрівачі темних нафтопродуктів 48 у вигляді теплообмінників, і виконують їх з можливістю внутрішньої циркуляції термального мастила.

Систему комбінованого розігрівання в'язких темних нафтопродуктів при здійсненні розробленого способу експлуатації замкнутого екологічно безпечного перевалочного нафтокомплексу виконують у вигляді котельні для підігрівання пари 39 з пароперегрівачем 40, що генерує перегріту пару з температурою не менше за 250°C, і по внутрішньоплощадочному трубопроводу подачі перегрітої пари 41 подає її до колекторів подачі перегрітої пари 42. Звідси пара надходить до парової фури 45 з соплами 46.

До складу системи комбінованого розігрівання в'язких темних нафтопродуктів входять також пристрої вприскування розігрітого циркуляційного темного нафтопродукту у вигляді гідромоніторів 47 (2шт.), які виконують з можливістю переміщення по висоті залізничного вагонів-цистерни 20 і реверсивного обертання в горизонтальній площині. Гідромонітори 47 розташовують у приладі для нижнього зливання 21 залізничного вагонів-цистерни 20.

Особливістю розробленого винаходу є те, що трубопровідно-насосну систему при експлуатації замкнутого екологічно безпечного нафтокомплексу виконують з можливістю забезпечення реверсивності вивантаження-вантаження з залізничних вагонів-цистерн 20 темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання у ємностях 11 і вантаження-вивантаження на морські судна 17. Це

досягається за рахунок того, що насосні агрегати використовують в різних варіантах виконання вантажно-розвантажувальних операцій, а саме:

- ◆ для комбінованого розігрівання високов'язких легкозастигаючих темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, у залізничних вагонів-цистернах 20;
- ◆ для вивантаження високов'язких легкозастигаючих темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, із залізничних вагонів-цистерн 20 до резервуарних ємностей накопичення і зберігання темних нафтопродуктів 11;
- ◆ для вантаження високов'язких легкозастигаючих темних нафтопродуктів з резервуарних ємностей накопичення і зберігання темних нафтопродуктів 11 до залізничних вагонів-цистерн 20;
- ◆ для прокачування розігрітим темним нафтопродуктом зливних колекторів 1 і внутрішньоплощадочних трубопроводів 22, 23, 24 для запобігання застигання темного нафтопродукту в перервах між виконанням технологічних операцій по зливанню-наливанню залізничних вагонів-цистерн 20 (наприклад, в період переподачі залізничних вагонів-цистерн на під'їзні шляхи);
- ◆ для вантаження темних нафтопродуктів з резервуарних ємностей накопичення і зберігання темних нафтопродуктів 11 на танкер 17;
- ◆ для вивантаження розігрітих темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн 20 безпосередньо на танкер 17 за допомогою насосних агрегатів 4, оминувши при цьому резервуарні ємності накопичення і зберігання темних нафтопродуктів 11;
- ◆ для здійснення технологічних перерв під час проведення вантаження темних нафтопродуктів;
- ◆ для здійснення зачищення технологічних трубопроводів по закінченню проведення вантажно-розвантажувальних робіт за допомогою нафтопродукту заміщення;
- ◆ для здійснення зачищення технологічних трубопроводів по закінченню проведення вантажно-розвантажувальних робіт розігрітим товарним темним нафтопродуктом.

Крім того, встановлено, що для забезпечення надійної експлуатації розробленого нафтокомплексу у всіх передбачених технологічних режимах вантаження-розвантаження необхідно вибирати наступні розміри і робочі параметри елементів насосно-трубопровідної системи комплексної насосної станції, а саме:

1. Діаметр внутрішньоплощадочних трубопроводів, а саме транспортних внутрішньоплощадочних трубопроводів 24 і внутрішньоплощадочних трубопроводів 25 підводу насосів 4, 5, 6, 7, вибирають таким, що становить не менше за 1000мм, для забезпечення необхідного підводу розігрітих темних нафтопродуктів до вказаних циркуляційних насосів по внутрішньоплощадочних трубопроводах 24 і 25.

2. Діаметр внутрішньоплощадочних напірних трубопроводів 23 насосних агрегатів вибирають таким, що становить не менше за 700мм для забезпечення стійкої роботи циркуляційних насосів 6 і 7, тобто роботи без перевантажень.

3. Діаметр герметичних колекторів нижнього зливання 1 вибирають таким, що становить не менше за 1200мм, а діаметр герметичного колектора циркуляційного розігрівання 30 вибирають таким, що становить не менше за 400мм для забезпечення зливання розігрітих темних нафтопродуктів по всьому фронту зливання (тобто одночасно для тридцяти залізничних вагонів-цистерн 20) з урахуванням роботи системи циркуляційного розігрівання темного нафтопродукту (в складі елементів 28, 29, 30).

При цьому герметичний колектор нижнього зливання 1 встановлюють так, щоби його верхня точка не перевищувала відмітку нижнього зливного стакану (на фіг. не показано) залізничного вагону-цистерни 20, а герметичний колектор циркуляційного розігрівання 30 встановлюють над герметичним колектором нижнього зливання 1.

4. Кожний циркуляційний насос 4, 5, 6, 7, 29, 35 вибирають таким, що має продуктивність не менше за 1250м³/год, і висоту всмоктування, що вибирають таким, що становить не менше за 50м.

5. Кожний гвинтовий циркуляційний насос 10, що входить до складу циркуляційної насосної розігрітих темних нафтопродуктів, вибирають таким, що має продуктивність не менше за 800м³/год.

6. Режим прокачування розігрітим темним нафтопродуктом зливних колекторів 1 і внутрішньоплощадочних трубопроводів 22, 23, 24, 25, 26, 27, а також блокувальних 12 і підводних трубопроводів 14 здійснюють таким чином, щоб забезпечити повне заміщення темного нафтопродукту, що знаходиться в герметичних зливних 1 і циркуляційному 30 колекторах, а також у внутрішньоплощадочних і технологічних трубопроводах (12, 14, 16, 22, 23, 24, 25, 26, 27).

Для цього вибирають певний об'єм розігрітого темного нафтопродукту V_{пр}, що перекачується з резервуарної місткості накопичення і зберігання темних нафтопродуктів 11, а шуканий час прокачування t_{пр} розраховують по формулі:

$$t_{пр} = \frac{V_{тр}}{Q}, V_{пр} = V_{тр},$$

де V_{тр} - об'єм трубопроводів що використовуються для прокачування, м³ (в нашому випадку це трубопроводи 12, 14, 16, 22, 23, 24, 25, 26, 27 і колектори 1, 30);

t_{пр} - час, необхідний на проведення технологічної операції прокачування розігрітого нафтопродукту, год;

Q - продуктивність насоса, що прокачує, м³/год.

7. Режим прокачування нафтопродуктом заміщення зливних колекторів 1 і внутрішньоплощадочних трубопроводів 22, 23, 24, 25, 26, 27, а також блокувальних 12 і підводних трубопроводів 14 здійснюють таким чином, щоб забезпечити повне заміщення темного нафтопродукту, що знаходиться в герметичних зливних 1 і циркуляційному 30 колекторах, а також у внутрішньоплощадочних і технологічних трубопроводах (12, 14, 16, 22, 23, 24, 25, 26, 27).

Як нафтопродукт заміщення у розробленому нафтокомплексі використовують нафтопродукт з

температурою застигання не вище за -15°C ÷ -12°C , а саме пічне паливо, або суміш нафтопродуктів відпрацьованих, або сорти легкої нафти.

Нами встановлено, що пічне паливо, згідно з вимогами ГСТУ 320-001-499-43.010-98, може застосовуватися як шуканий нафтопродукт заміщення, оскільки воно має температуру застигання не вище за -17°C . У свою чергу, суміш нафтопродуктів відпрацьованих (СНО), а також сорти легких нафт необхідно підбирати за їх фактичним станом, тобто так, щоби температура їх застигання не перевищувала -15°C , оскільки цей параметр якості у СНО і сортів легких нафт є таким, що не нормується.

Варіанти реалізації розробленого способу експлуатації замкненого екологічно безпечного нафтокомплексу, призначеного для реверсивного вивантаження-вантаження з залізничних вагоноцистерн темних нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, їх зберігання і вантаження-вивантаження на морські судна розглянемо для кожного конкретного варіанту вантаження-вивантаження.

І. ЗДІЙСНЕННЯ КОМБІНОВАНОГО РОЗІГРІВАННЯ ВИСОКОВ'ЯЗКИХ ЛЕГКОЗАСТИГАЮЧИХ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ, ЩО МАЮТЬ ВИСОКУ ТЕМПЕРАТУРУ ЗАСТИГАННЯ, У ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНАЩИСТЕРНАХ 20.

Залізничні вагони-цистерни 20 з темними нафтопродуктами встановлюють на робочі місця двосторонньої вантажної залізничної естакади 19. Для забезпечення роботи парових фурм 45 з соплами 46, водяна пара генерується в паровій котельній 39, і потім подається на пароперегрівач 40. На пароперегрівачі 40 пара перегрівається до температури, що складає не менше за 250°C , після чого перегріта пара подається по технологічних внутрішньооплощадочних трубопроводах 41 подачі перегрітої пари до колекторів подачі перегрітої пари 42, що розміщуються в технологічному блоці двосторонньої вантажної залізничної естакади 19.

Після цього через верхню горловину 43 в залізничну вагоно-цистерну 20 опускається парова фурма 45 з соплами 46, в яку з парового колектора подачі перегрітої пари 42 подається перегріта до температури 250°C водяна пара. Надійна робота парової фурми 45 забезпечується при тиску пари в колекторі подачі перегрітої пари 42, що складає не менше за 3кг/см^2 .

Крім того, одночасно з опусканням парової фурми 45 в залізничну вагоноцистерну 20, до її нижнього зливного стакану (на фіг.1 не позначено) приєднується прилад нижнього зливання 21 з пристроєм циркуляційного розігрівання і пристроєм для вприскування розігрітого циркуляційного темного нафтопродукту у вигляді гідромонітора 47 з соплами (на фіг.1 сопла гідромоніторів 47 не позначено), виконаних з можливістю переміщення по висоті залізничного вагонів-цистерни 20 і реверсивного обертання в горизонтальній площині.

Через гідромонітори 47 з колектора циркуляційного розігрівання 30 в залізничну вагонів-цистерну 20 з резервуара для зберігання розігрітого циркуляційного темного нафтопродукту 28 подається темний нафтопродукт, заздалегідь розігрітий за допомогою резервуарного підігрівача-теплообмінника темних нафтопродуктів 48, по якому циркулює термомастило, до температури $50 - 90^{\circ}\text{C}$.

Теплоносій, що подається далі, викликає у ванні з розігрітою нафтою/в'язким нафтопродуктом, що знаходяться у залізничному вагоні-цистерні, як тепловий, так і гідродинамічний удар, який необхідний для переведення в рідкотекучий стан залишків важких вуглеводнів. При цьому кількість тепла, що підводиться у ванну, тобто кількість теплоносія, що подається через сопла гідромонітора і через сопла занурювального нагрівача, визначається на основі вимірювань об'єму (товщини) розігрітого продукту, а також температур застигання осаджених фракцій і розігрітих нафтопродуктів.

У напрямі, де товщина продукту, що розігрівається, є більшою, на нього впливає більша кількість струменів, що виходять як з сопел паронагрівача, так і з сопел гідромонітора. Тобто кількість теплоносія, що подається з сопел паронагрівача і гідромонітора в різних напрямках, пропорційна масі (об'єму), або товщині продукту, що розігрівається, і який знаходиться у вагонів-цистерні. Внаслідок цього в горизонтальній площині осьового перетину вагонів-цистерни створюється рівномірний розподіл щільності теплових струменів по всьому перетину залізничної вагоно-цистерни.

Цей режим передбачає також нагрівання певної кількості нафтопродукту, який відразу зливається, а на його місце надходить холодний темний нафтопродукт. Таким чином, тепло не встигає передатися стінкам вагону-цистерни, а розділяючий нафтопродукт між нагрівачами (паронагрівачем і гідромонітором) і стінками залізничної вагонів-цистерни є ізолюючим середовищем. Внаслідок цього забезпечується високий коефіцієнт корисної дії нагрівання і зливання в'язких темних нафтопродуктів.

Потрібно зазначити, що у винаході, що пропонується, розігрівання темного нафтопродукту, що знаходиться в резервуарних ємностях для накопичення і зберігання товарного темного нафтопродукту 11, в резервуарній ємності для зберігання циркуляційного темного нафтопродукту 28, а також у дренажній ємності 31, забезпечується за допомогою високоефективної технологічної системи розігрівання 48, що працює на термомастилі

Таким чином, в залізничному вагоні-цистерні 20 здійснюється одночасне комбіноване розігрівання темного нафтопродукту шляхом застосування парової фурми 45 з соплами 46 і гідромонітора 47 з соплами. За рахунок формування на виході з парових сопел 46 фурми 45 пружних струменів, забезпечується надійне розігрівання темного нафтопродукту в торцях залізничної вагонів-цистерни 20, а за рахунок формування на виході з сопел гідромонітора 47 і розпилення розігрітого темного нафтопродукту у вигляді пружних парорідинних струменів забезпечують розігрівання темного нафтопродукту в центральній частині вагонів-цистерни 20.

У винаході, що пропонується, система основних внутрішньооплощадочних технологічних трубопроводів (22 - 27), інші допоміжні внутрішньооплощадочні технологічні трубопроводи 36, 38, 41, берегові блокувальні трубопроводи 12, а також підводні технологічні трубопроводи 14 не обладнані системою розігрівання

темного нафтопродукту, що знаходиться в них, на відміну від відомих трубопровідних систем аналогів і прототипів.

Таким чином, застосування комбінованого розігрівання темного нафтопродукту, що пропонується, в залізничних вагонів-цистернах, дозволяє здійснювати розігрівання темного нафтопродукту відразу по всьому об'єму залізничної вагонів-цистерни. При цьому парова фурма 45 забезпечує розігрівання темного нафтопродукту в торцевих зонах залізничного вагона-цистерни 20. А інший елемент розігрівання, а саме гідромонітор 47 з соплами, що виконаний з можливістю переміщення по висоті залізничного вагону-цистерни 20, а також реверсивного обертання в горизонтальній площині, забезпечує розігрівання темного нафтопродукту в центральній частині залізничної вагонів-цистерни 20.

Результати експериментів по застосуванню режиму комбінованого розігрівання легкозастигаючого темного нафтопродукту в залізничного вагону-цистерни 20 згідно розробленого способу експлуатації наведено в таблиці 3.

Результати застосування комбінованого розігрівання легко застигаючого темного нафтопродукту в залізничній вагону-цистерні

Нафтопродукт	Початкова температура нафтопродукту	Температура застигання нафтопродукту	Температура продукту після розігрівання	Час розігрівання, год/хв			Вміст рідини в к	
				застосування паропідігрівання відкритим способом з температурою пари 110 - 130°C	застосування парової фурми з перегрітою парою з температурою 250°C	застосування парової фурми з перегрітою парою з температурою 250°C і гідромонітора з температурою темного нафтопродукту 50°C	застосування паропідігрівання відкритим способом з температурою пари 110 - 130°C	за
Нафта (1 вагону-цистерна)	- 5°C	+ 15°C	+ 34°C	2год. 20хв.	0год. 32 хв.	не застосовувався	3,1%	
мазут(1 вагону-цистерна)	+ 4°C	+ 28°C	+ 36°C	6год. 26хв.	2год. 56 хв.	2год. 12 хв.	6,0%	

II. ЗДІЙСНЕННЯ ВИВАНТАЖЕННЯ ВИСОКОВ'ЯЗКИХ ЛЕГКОЗАСТИГАЮЧИХ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ ІЗ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН 20 В РЕЗЕРВУАРНІ ЄМНОСТІ НАКОПИЧЕННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ТОВАРНИХ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ 11.

Темний нафтопродукт із залізничних вагонів-цистерн 20 попадає до резервуарних ємностей накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11, що виконані з можливістю підігрівання 11, де відбувається зберігання і накопичення товарних темних нафтопродуктів до об'ємів танкерної партії.

Зберігання товарного темного нафтопродукту проводиться при температурі, що є не нижчою за 55°C. Підтримання такої температури забезпечується за рахунок високоефективної технологічної системи підігрівання 48, де як теплоносії використовується термомасило, розігріте до температури 250°C, що подається до технологічної системи підігрівання 48 по внутрішньооплощадочних трубопроводах циркуляції термального мастила 38 від термомасильної котельні 37. При цьому у термомасильній котельні 37 термомасило попередньо підігрівається до необхідної робочої температури за допомогою підігрівача термального мастила 49, що встановлений у термомасильній котельні 37.

При умові одночасного вивантаження з одного боку двосторонньої вантажної залізничної естакади 19 тридцяти залізничних вагонів-цистерн з мазутом (при загальній вазі темних нафтопродуктів 2000 - 2200 тонн), і обмеженні на час проведення технологічної операції по вивантаженню вказаного темного нафтопродукту, який не повинен перевищувати 1,5 години, необхідно кожний колектор нижнього зливання 1 вантажної залізничної естакади 19 технологічно обв'язувати на два циркуляційних насоси 6.

У цьому випадку розігрітий в залізничному вагонів-цистерни 20 темний нафтопродукт через прилад нижнього зливання 21 і зливні прилади (на фіг. не позначено) колекторів нижнього зливання 1 попадає через всмоктуючий внутрішньооплощадочний трубопровід 22 в насосний агрегат 6, який по напірних внутрішньооплощадочних трубопроводах 23 подає темні нафтопродукти, що перекачуються, до резервуарних ємностей накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11.

III. ЗДІЙСНЕННЯ ВАНТАЖЕННЯ ВИСОКОВ'ЯЗКИХ ЛЕГКОЗАСТИГАЮЧИХ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ З РЕЗЕРВУАРІВ НАКОПИЧЕННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ТОВАРНИХ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ 11 ДО ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН 20.

При реалізації цього варіанту розігрітий темний нафтопродукт, що зберігається в резервуарі накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11, по системі внутрішньооплощадочних

трубопроводів 24 насосних агрегатів подається на всмоктуючий внутрішньоплощадочний трубопровід 22 насосного агрегату 6, а потім до нижніх зливних колекторів 1, і через прилади нижнього зливання 21 подається до залізничного вагонів-цистерни 20.

IV. ЗДІЙСНЕННЯ ПРОКАЧУВАННЯ РОЗІГРІТИМ ТЕМНИМ НАФТОПРОДУКТОМ КОЛЕКТОРІВ НИЖЬОГО ЗЛИВАННЯ 1, А ТАКОЖ ВНУТРІШНЬОПЛОЩАДОЧНИХ ТРУБОПРОВОДІВ 22, 23, 24, 25 ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ЗАСТИГАННЯ ТЕМНОГО НАФТОПРОДУКТУ В ПЕРЕРВАХ МІЖ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ОПЕРАЦІЯМИ ПО ЗЛИВАННЮ-НАЛИВАННЮ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН 20.

Така ситуація виникає, наприклад, в період переподачи залізничних вагонів-цистерн 20 на під'їзні шляхи. При реалізації цього варіанту розігрітий темний нафтопродукт з резервуарної ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11 по внутрішньоплощадочних трубопроводах 24 поступає в насос 6, потім в колектори нижнього зливання 1, і через всмоктуючий внутрішньоплощадочний трубопровід 22 знов попадає в інший насос 6, який по напірних внутрішньоплощадочних трубопроводах 23 подає темні нафтопродукти, що перекачуються, в резервуарні ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11.

Можлива також зміна напрямку руху темного нафтопродукту по вказаній системі трубопроводів і колекторів, тобто здійснення реверсивного руху темного нафтопродукту. Таке короткочасне реверсивне прокачування розігрітого темного нафтопродукту дозволяє підтримувати необхідну температуру в колекторах нижнього зливання 1 і у внутрішньоплощадочних трубопроводах 22, 23, 24 у разях нетривалих технологічних перерв між зливо-наливними операціями, що дозволяє уникнути трудомістких операцій по зачищенню колекторів нижнього зливання 1 і внутрішньоплощадочних трубопроводів в 22, 23, 24.

V. ЗДІЙСНЕННЯ ДЛЯ ВАНТАЖЕННЯ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ НА ТАНКЕР 17 З РЕЗЕРВУАРНОЇ ЄМНОСТІ НАКОПІЧЕННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ТОВАРНИХ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ 11.

При реалізації цього варіанту розігрітий нафтопродукт з резервуарної ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11 по внутрішньоплощадочних трубопроводах 25 підводів насосних агрегатів поступає в насосний агрегат 4 подачі розігрітих темних нафтопродуктів на танкер, звідки темні нафтопродукти подаються в берегові блокувальні трубопроводи 12, берегову камеру перемикання 13, підводні технологічні трубопроводи 14, підводні гнучкі шлангові системи 16, і далі на танкер 17. При цьому є можливим одночасне вантаження по двох паралельно розташованих технологічних лініях вантаження в складі трубопроводів 12, 14, 16.

VI. ЗДІЙСНЕННЯ ВИВАНТАЖЕННЯ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ ІЗ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНОЦИСТЕРН 20 БЕЗПОСЕРЕДНЬО НА ТАНКЕР 17, ОМИНУВШИ РЕЗЕРВУАРНІ ЄМНОСТІ НАКОПІЧЕННЯ І ЗБЕРІГАННЯ ТОВАРНИХ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ 11.

При реалізації цього варіанту розігрітий в залізничному вагоні-цистерні 20 темний нафтопродукт через прилади нижнього зливання 21 попадає до зливного колектора 1. Потім темний нафтопродукт по всмоктуючих внутрішньоплощадочних трубопроводах 22 попадає в насосний агрегат 4, після чого через берегові блокувальні трубопроводи 12, підводні технологічні трубопроводи 14 і підводні гнучкі шлангові системи 16 поступає на танкер 17.

VII. ЗДІЙСНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕРВ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ВАНТАЖЕННЯ ТЕМНИХ НАФТОПРОДУКТІВ.

Під час вантаження нафтопродукту на танкер 17 може виникнути необхідність в здійсненні технологічних перерв на нетривалий час (до 1 доби) в проведенні вантажних операцій. Це може бути викликано, наприклад, поганими погодними умовами (шторм), або технічними причинами (наприклад, поломкою насосних агрегатів). У цьому випадку виникає необхідність термінового видалення з берегових блокувальних 12 і підводних технологічних трубопроводів 14 темного нафтопродукту, інакше він застигне.

Операція по заміщенню легкозастигаючого темного нафтопродукту іншим темним нафтопродуктом в цьому випадку є недоцільною і небажаною, оскільки це приводить до вимушених тривалих технологічних перерв в проведенні вантажних операцій. Для запобігання застигання темного нафтопродукту в берегових блокувальних 12 і підводних технологічних трубопроводах 14 передбачено здійснювати режим прокачування розігрітого темного нафтопродукту по береговим блокувальним 12 і підводним технологічним трубопроводам 14.

При реалізації цього варіанту розігрітий темний нафтопродукт з резервуарної ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11 по внутрішньоплощадочних трубопроводах 25 підводу насосних агрегатів попадає в резервний насосний агрегат 5 вивантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн, а потім в технологічну лінію вантаження в складі берегового блокувального трубопроводу 12, підводного технологічного трубопроводу 14 і підводної гнучкої шлангової системи 16.

Далі через запірний клапан маніфольда 18 танкера 17 розігрітий нафтопродукт попадає до другої технологічної лінії вантаження, а потім по зачисним внутрішньоплощадочним трубопроводам 26 назад до резервуарної ємності накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11.

У технологічній схемі вантаження-розвантаження темних нафтопродуктів, що описується, сумарний об'єм трубопроводів 22, 23, 24, 25, 26, 12, 14, 16, 27 складає $V_{\text{тр}} = 600 \text{ м}^3$, а продуктивність насоса 6 становить $Q = 1250 \text{ м}^3/\text{год}$.

Тоді час прокачування розігрітого темного нафтопродукту по технологічній системі трубопроводів 22, 23, 24, 25, 26, 12, 14, 16, 27 буде дорівнювати:

$$T_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{тр}}}{Q} = \frac{600}{1250} = 0,48 \text{ год} \approx 29 \text{ хв.}$$

VIII. ЗДІЙСНЕННЯ ЗАЧИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ПО ЗАКІНЧЕННЮ

ПРОВЕДЕННЯ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ.

По закінченні проведення вантажно-розвантажувальних робіт виникає необхідність зачищення технологічних трубопроводів, а саме внутрішньошлящадочних трубопроводів (22, 23, 24, 25, 26, 27) і колекторів (1,2, 30). Це здійснюється за допомогою гвинтових зачисних насосів 10.

При реалізації цього варіанту, згідно з технологічним регламентом на проведення вантажно-розвантажувальних робіт, час проведення технологічної операції по зачищенню вказаних трубопроводів t не повинен перевищувати 0,5 години.

Тоді
$$t = \frac{V}{Q},$$
де V - сумарний об'єм внутрішньошлящадочних трубопроводів (22, 23, 24, 25, 26, 27) і колекторів (1,2, 30), м^3 ,
 Q - сумарна продуктивність зачисних насосів, $\text{м}^3/\text{год}$.

У нашому випадку сумарний об'єм внутрішньошлящадочних трубопроводів складає $V \approx 600\text{м}^3$, а продуктивність одного гвинтового зачисного насоса 10 дорівнює $Q = 800\text{м}^3/\text{год}$. Тоді при умові застосування одного гвинтового зачисного насоса 10 отримаємо:

$$t = \frac{600}{800} = 0,75\text{год},$$

а при умові застосування двох гвинтових зачисних насосів 10 отримуємо:
 $t = 0,75 / 2 \approx 0,38\text{год} \approx 22\text{хв.}$,

тобто час зачищення при умові застосування двох гвинтових зачисних насосів 10 скорочується майже в 2 рази.

Після закінчення вантаження нафтопродукту на морське судно 17 насосно-трубопровідна технологічна система перевалочного нафтокомплексу працює таким чином. На морському судні 17 закриваються запірні клапани 18 маніфольда. Насосом 35 "забирають" з резервуарної ємності для зберігання нафтопродукту заміщення 34 нафтопродукт заміщення, і подають його до одного з берегових блокувальних трубопроводів 12.

Далі нафтопродукт заміщення витісняє з трубопровідної системи «по кільцю», тобто через перший підводний технологічний трубопровід 14, підводний з'єднувальний колектор 15 із запірно-регулюючою арматурою, другий підводний технологічний трубопровід 14 і другий береговий блокувальний трубопровід 12, застигаючий товарний темний нафтопродукт, що залишився в них після вантаження, до резервуарної ємності 11, призначеної для накопичення і зберігання темних нафтопродуктів.

Накопичена суднова партія легкозастигаючих темних нафтопродуктів певний час зберігається в берегових резервуарних ємностях накопичення і зберігання товарних темних нафтопродуктів 11, де за допомогою системи підігрівання 48 підтримується необхідна температура темних нафтопродуктів, що перевищує температуру їх застигання.

Перед вантаженням темних нафтопродуктів на морське судно 17 температура темних нафтопродуктів підвищується до значень температури вантаження ($T_{\text{пгр}}$). Шукана температура вантаження $T_{\text{пгр}}$ визначається на основі наступної умови:

$$T_{\text{пгр}} = T_c + \Delta T_{\text{пот}},$$

де $\Delta T_{\text{пот}}$ - значення зниження температури темного нафтопродукту в трубопровідній системі, що відбувається за рахунок теплообміну, $^{\circ}\text{C}$;

T_c — температура прийому темного нафтопродукту на морському судні (17), $^{\circ}\text{C}$ (за комерційними умовами ця температура повинна бути $T_c \geq 55^{\circ}\text{C}$).

Для технологічної системи, що пропонується, $\Delta T_{\text{пот}}$ розраховується по наступній формулі:

$$\Delta T_{\text{пот}} = \Delta T_{\text{пот.б.тр.}} + \Delta T_{\text{пот.п.тр.}}$$

де $\Delta T_{\text{пот.б.тр.}}$ — значення зниження температури нафтопродукту в берегових блокувальних трубопроводах (12), $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta T_{\text{пот.п.тр.}}$ — значення зниження температури нафтопродукту в підводних технологічних трубопроводах (14), що визначається по формулі:

$$\Delta T_{\text{пот.б.тр.}} = \frac{L_{\text{б.тр.}} \cdot K_{\text{пот.б.тр.}}}{100},$$

де $L_{\text{б.тр.}}$ — довжина берегових блокувальних трубопроводів (12), м;

$K_{\text{пот.б.тр.}}$ — коефіцієнт, що враховує втрати температури нафтопродукту в берегових блокувальних трубопроводах (12) на кожні 100 метрів їх довжини.

У нашому випадку $L_{\text{б.тр.}} = 800\text{м}$. Коефіцієнт $K_{\text{пот.б.тр.}}$ залежить від якості термоізоляції, діаметра труби берегових блокувальних трубопроводів (12), швидкості руху темного нафтопродукту тощо, і знаходиться в межах $K_{\text{пот.б.тр.}} = 0,2 \div 0,45$. Тому приймаємо значення $K_{\text{пот.б.тр.}} = 0,3$.

Тоді

$$\Delta T_{\text{пот.б.тр.}} = \frac{L_{\text{п.тр.}} \cdot K_{\text{пот.б.тр.}}}{100},$$

де $L_{\text{п.тр.}}$ — довжина підводних технологічних трубопроводів, м;

$K_{\text{пот.п.тр.}}$ — коефіцієнт втрат температури нафтопродукту в підводних технологічних трубопроводах (14) на 100 метрів їх довжини, який знаходиться в межах $K_{\text{пот.п.тр.}} = 1,0 \div 1,8$.

У нашому випадку $L_{п.тр} = 600\text{м}$, а значення $K_{пот.п.тр.}$ приймаємо таким: $K_{пот.п.тр.} = 1,8$.

Як приклад розрахуємо значення температури вантаження ($T_{пгр}$) для умов технологічної системи, що пропонується:

$$\begin{aligned} T_{пгр} &= T_c + \Delta T_{пот} = T_c + \Delta T_{пот.п.тр.} = T_c + \\ &+ \frac{L_{б.тр.} \cdot K_{пот.б.тр.}}{100} + \frac{L_{п.тр.} \cdot K_{пот.п.тр.}}{100} = \\ &= 55 + \frac{800 \cdot 0,3}{100} + \frac{600 \cdot 1,8}{100} = 55 + 2,4 + 10,8 = 68,2^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Таким чином, температура товарного темного нафтопродукту, призначеного для вантаження на морське судно 17, при реалізації цього варіанту повинна бути доведена до значення $T_{пгр} = 68,2^\circ\text{C}$.

Потім розігрітий до необхідної температури вантаження $T_{пгр}$ товарний темний нафтопродукт поступає на один з вантажних насосів 4, який "подає" цей нафтопродукт до одного з берегових блокувальних трубопроводів 12. Потім через берегову камеру перемикання 13 темний нафтопродукт поступає до підводного технологічного трубопроводу 14, підводного з'єднувального колектора 15, і, при відкритому положенні запірно-регулюючої арматури (на фіг. 1 не позначено) підводного з'єднувального колектора 15 надходить до другого підводного технологічного трубопроводу 14, берегової камери перемикання 13 і до другого берегового блокувального трубопроводу 12.

При цьому незастигаючий нафтопродукт заміщення, що знаходиться в блокувальному трубопроводі 12 і підводних технологічних трубопроводах 11, витісняється до резервуарної ємності зберігання нафтопродукту заміщення 34.

Потім, після закінчення операції по витісненню нафтопродукту заміщення, на морському судні 17 відкриваються запірні клапани 18 маніфольда морського судна 17 і підключається другий вантажний насос 4. Таким чином, здійснюється вантаження нафтопродукту по двох вантажних лініях технологічних трубопроводів, що складаються з берегового блокувального трубопроводу 12, підводного технологічного трубопроводу 14 і підводних гнучких шлангових систем 16.

Перед вантаженням товарного темного нафтопродукту на морське судно 17 здійснюють його рециркуляційне прокачування «по кільцю» з метою витіснення нафтопродукту заміщення з технологічної системи трубопроводів. Потім, перед початком вантаження товарного темного нафтопродукту по двох вантажних лініях технологічних трубопроводів, за необхідності підключається гвинтовий насос 10 для протискування пробок, що утворюються у вищевказаній системі технологічних трубопроводів. Таким чином, гвинтовий насос 10 згідно розробленого способу експлуатації також використовується як для зачищення, так і для прокачування по системі технологічних трубопроводів першої партії (струменя) товарного темного нафтопродукту.

Його застосування в якості прокачувального засобу викликане тим, що проходження першої партії темного нафтопродукту по незаповнених технологічних трубопроводах, як правило, є утрудненим, і для прокачування першої партії темного нафтопродукту, що перекачується, необхідно підіймати тиск в трубопроводі до значень $P_{прод.сист.}$. Цю двоєдину задачу у комплексному винаході, що пропонується вирішують за допомогою використання одного з насосів 10 гвинтового типу.

Вищеописана технологічна схема для реалізації режиму заміщення була частково змодельована і перевірена на нафтокомплексі ФПЗНП при вантаженні на морське судно 17 високов'язкої нафти, що мала температуру застигання $+15^\circ\text{C}$. Вантаження виконувалось у зимовий період року при температурі повітря навколишнього середовища $+15^\circ\text{C}$.

При цьому нафта, що знаходилась в берегових блокувальних трубопроводах 12, застигла, і відцентровими вантажними насосами 4, що мали продуктивність $Q = 1250\text{м}^3/\text{год}$, на морське судно 17 не вивантажувалась.

За рахунок вищеописаного дволінійного з'єднання технологічних вантажних трубопроводів, призначених для вантаження нафти на морське судно 17, що було відшвартоване до безпричального рейдового пункту «Південний», в береговій камері перемикання 13 було змодельовати «кільце» для прокачування нафти.

За допомогою підключеного до схеми гвинтового насоса 10 продуктивністю $Q = 375\text{м}^3/\text{год}$ було почато прокачування нафти спочатку «по кільцю», а потім і до вантажних танків морського судна 17. При цьому запобіжний пристрій від аварійного перевищення внутрішньотрубного тиску, що був розташований у береговій камері перемикання (на фіг.1 не позначений), не спрацював.

Експериментальні дані для вищеописаного дослідження наведено в таблиці 4. З таблиці 4 видно, що внаслідок нетривалої роботи гвинтового насоса 10, в технологічній трубопровідній системі були ліквідовані пробки із застиглої нафти. Після цього вантаження нафти на судно 17 продовжувалося за рахунок роботи основних вантажних насосів 4 відцентрового типу.

Слід зазначити, що попереднє прокачування нафти «по кільцю» по технологічній системі трубопроводів за рахунок роботи основного вантажного насоса 4 відцентрового типу не відбулося, оскільки в технологічній системі трубопроводів утворилися пробки із застиглої нафти.

При реалізації технічних і технологічних рішень по створенню і подальшій експлуатації замкнутого екологічно безпечного перевалочного нафтокомплексу, що пропонується, і при будівництві на основі цих рішень двосторонньої вантажної залізничної естакади (див. фіг.3) з фронтом одночасного проведення вантажних операцій для 60 залізничних вагонів-цистерн, пропускну спроможність вказаного нафтокомплексу по прийому темних нафтопродуктів за умови мінімальної (2), середньої (3) і максимальної (4) кількості подач розраховували на базі даних табл. 5.

Таблиця 4

Порівняльні результати використання насосів різних типів і продуктивності для циркуляційного прокачування нафти і в'язких нафтопродуктів по системі технологічних трубопроводів

Насосне обладнання, що застосовувалось	Нафтопродукт, що перекачується	Об'єм трубопроводів, що прокачуються, м ³	Час прокачування, хв	Тиск на виході з насоса, кг/см ²	Тиск спрацьовування клапана запобіжного пристрою, кг/см ²
Основний насос (4) відцентрового типу продуктивністю Q=1250м ³ /год	Нафта з T _{заст} = + 15°C	266	15	5	10
Насос прокачування першого струменя гвинтовий (10) продуктивністю Q = 375м ³ /год	Нафта з T _{заст} = + 15°C	266	6	7,5	10

Таблиця 5

До розрахунку пропускної спроможності нафтокомплексу по прийому темних нафтопродуктів при здійсненні його експлуатації

Найменування темного нафтопродукту	Розрахункова вантажопідйомність однієї вагоноцистерни, тонн	Кількість вагоноцистерн у подачі	Кількість подач за добу	Пропускна спроможність нафтокомплексу по прийому темних нафтопродуктів		
				Добова Q _{сп} , тонн	місячна, тонн	річна при K _н = 1,5, млн.тонн
Мазут M100	66	60	2	7920	237600	1,9
			3	11880	356400	2,8
			4	15840	475200	3,8

Таким чином, пропускна спроможність нафтокомплексу по прийому темних нафтопродуктів з урахуванням значення коефіцієнта нерівномірності завантаження K_н = 1,5 буде складати від 1,9млн. тонн (мінімум) до 3,8 млн. тонн в рік (максимум).

Розрахунок необхідного об'єму резервуарної ємності 11 для забезпечення різних варіантів прийому темних нафтопродуктів був виконаний, виходячи з умов роботи інфраструктури Феодосійського перевалочного нафтокомплексу, а також на основі формули, приведеної для розрахунку об'єму резервуарної ємності для морських перевалочних складів нафти і нафтопродуктів згідно ВБН В.2.2-58.1-94 [5, 6], а саме:

$$V_m = \frac{K_c}{K_v \cdot \gamma} \left[\frac{Q_{год}}{Pr} \cdot K_c \cdot K_{мн} \cdot K_{спр} \cdot K_p + Q_{сп}(m \cdot K_n - 1) \right],$$

де K_c — безрозмірний коефіцієнт сортності (у випадку, що розглядається, виходячи з умов трьох сегрегованих об'ємів перевалки, приймаємо K_c = 1,05);

K_v — безрозмірний коефіцієнт використання об'єму резервуара (звичайно знаходиться в межах 0,83 - 0,85, тому у випадку, що розглядається, приймаємо K_v = 0,85);

γ — питома вага нафтопродукту (у випадку, що розглядається, γ = 1,015тонн/м³);

Q_{год} — річний об'єм перевалки (див. табл.6);

Pr — розрахункова кількість робочих днів в році, яка визначається по наступній формулі:

$$Pr = 365 \cdot n \cdot K_{зан},$$

де n — кількість причалів (у випадку, що розглядається, n = 1);

K_{зан} — безрозмірний коефіцієнт зайнятості причалів (у випадку, що розглядається, K_{зан} = 0,5);

тоді

$$Pr = 365 \cdot 1 \cdot 0,5 = 182,5 \text{ (днів)};$$

K_{сн} — безрозмірний коефіцієнт нерівномірності добового відвантаження (для мазуту знаходиться в межах 2,01 - 3,0, а у випадку, що розглядається, приймаємо K_{сн} = 2,5);

K_{мн} — безрозмірний коефіцієнт місячної нерівномірності прибуття морських суден (для мазуту знаходиться в межах 1,06 - 1,92, а у випадку, що розглядається приймаємо K_{мн} = 1,5);

K_{спр} — безрозмірний коефіцієнт попиту (у випадку, що розглядається, встановлено K_{спр} = 1,15);

K_p — безрозмірний коефіцієнт, що враховує час знаходження резервуарів в ремонті (у випадку, що розглядається, встановлено K_p = 1,06);

Q_{сп} — середньодобовий об'єм надходження нафтопродуктів, тонн (див. табл.5);

m — кількість неробочих днів за метеоумовами (у випадку, що розглядається, виходячи з місцевих умов і досвіду метеоспостережень, приймаємо m = 6);

K_n — безрозмірний коефіцієнт, що враховує часткове використання ємності, призначеної для добового відвантаження (у випадку, що розглядається, встановлений $K_n = 0,8$).

Розрахунок необхідної резервуарної ємності (об'єму) для забезпечення різних варіантів прийому темних нафтопродуктів наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

До розрахунку необхідної резервуарної ємності для забезпечення різних варіантів прийому темних нафтопродуктів

об'єм перевалки за рік $Q_{\text{год}}$, млн. тонн	густина, нафтопродукту, тонн/м^3	значення розрахункових коефіцієнтів						кількість причалів n , шт	Кількість неробочих днів за метео умовами, днів	розрахунковий об'єм резервуарної ємності, м^3
		K_c	K_v	K_{cn}	K_{mn}	$K_{спр}$	K_p			
1,9	1,015	1,05	0,85	2,5	1,5	1,15	1,06	1	6	60000
2,8	1,015	1,05	0,85	2,5	1,5	1,15	1,06	1	6	130000
3,8	1,015	1,05	0,85	2,5	1,5	1,15	1,06	1	6	180000

Розроблені при експлуатації замкнутого екологічно чистого перевалочного нафтокомплексу режими комбінованого розігрівання нафти і в'язких нафтопродуктів, що мають високу температуру застигання, при вивантаженні їх із залізничних вагонів-цистерн, під час зберігання в резервуарних ємностях і при вантаженні на морські судна, мають наступні переваги:

- застосування розробленого комбінованого високоефективного розігрівання темних нафтопродуктів у залізничних вагонів-цистернах дозволяє значно (в 2 - 3 рази) скоротити час на проведення розвантажувальних операцій;

- застосування для розігрівання темних нафтопродуктів в залізничних вагонів-цистернах перегрітої пари з температурою, що перевищує 250°C , і яка доставляється до темного нафтопродукту за допомогою парових фурм, дозволяє зберегти якість кінцевого товарного темного нафтопродукту, а також не допустити його обводнення;

- застосування в технологічній системі розігрівання темних нафтопродуктів в резервуарних ємностях для зберігання товарних і циркуляційних темних нафтопродуктів, а також у дренажній ємності термомастила як теплоносія дозволяє ефективніше використовувати тепло, поліпшити економічні показники роботи системи розігрівання, значно збільшити термін служби технологічної системи, а також отримувати більшу, ніж при стандартному розігріванні, температуру теплоносія; це, в свою чергу, дозволяє отримувати більшу температуру розігрівання темних нафтопродуктів в резервуарах для їх накопичення і зберігання, а також у резервуарі зберігання циркуляційного темного нафтопродукту і у дренажній ємності; при цьому система розігрівання темних нафтопродуктів в резервуарах є замкнутою системою з багаторазовим використанням теплоносія;

- використання розігрітих темних нафтопродуктів як теплоносія в схемі комбінованого циркуляційного розігрівання темних нафтопродуктів, що знаходяться в залізнично-навагоні-цистерні, дозволяє зменшити витрати тепла на їх розігрівання;

- застосування розробленого способу експлуатації дозволяє відмовитися від розігрівання темних нафтопродуктів, що знаходяться всередині блокувальних і внутрішньоплощадочних трубопроводів, оскільки після закінчення технологічної операції вказані трубопроводи звільняються від темних нафтопродуктів шляхом роботи насосних агрегатів;

- при реалізації розробленого способу експлуатації відпадає необхідність в здійсненні теплоізоляції блокувальних і підводних технологічних трубопроводів, що значно здешевлює загальну вартість проекту;

- застосування за розробленим способом експлуатації закритих герметичних колекторів зливання розігрітих темних нафтопродуктів, що експлуатуються без системи підігрівання і теплоізоляції, значно здешевлює вартість проекту і істотно поліпшує екологічні показники при реалізації винаходу;

- при реалізації розробленого способу експлуатації здійснюється герметичний, екологічно безпечний прийом і відвантаження темних нафтопродуктів із залізничних вагонів-цистерн до резервуарних ємностей накопичення зберігання темних нафтопродуктів і далі на морські судна;

- у розробленому способі експлуатації застосовується технологічна система внутрішньоплощадочних технологічних трубопроводів і зливо-наливних колекторів без використання супутньої технологічної системи підігрівання за рахунок застосування нових технічних і технологічних рішень по організації операційної діяльності з легкозастигаючими темними нафтопродуктами, що значно здешевлює вартість будівництва нафтокомплексу і знижує витрати на його експлуатацію;

- застосування нової технологічної схеми вантаження легкозастигаючих темних нафтопродуктів на морські судна по підводному технологічному трубопроводу без здійснення підігрівання у вантажній системі технологічних трубопроводів, згідно з розробленим способом, знижує вартість будівництва вантажної системи технологічних трубопроводів не менш, ніж в три рази, значно спрощує технічні і технологічні будівельні рішення, а також зменшує кумулятивні експлуатаційні витрати;

- при реалізації розробленого способу експлуатації застосовуються нові технологічні рішення по

вивільненню трубопровідних технологічних систем від застигаючого нафтопродукту за допомогою використання циркуляції незастигаючого нафтопродукту заміщення;

- у розробленому способі експлуатації здійснюється багатоваріантне використання технологічного обладнання і внутрішньоплощадочних технологічних трубопроводів, тобто насосно-трубопровідної системи нафтокомплекса;

- під час експлуатації нафтокомплексу, згідно з розробленим способом, при одній і тій же потужності двосторонньої вантажної залізничної естакади (тобто у випадку одночасного знаходження під вантажними операціями 60 залізничних вагонів-цистерн) досягається збільшення пропускної спроможності вантажної залізничної естакади в 1,5 - 2 рази за рахунок скорочення часу і витрат на технологічні операції по розігріванню і вивантаженню темних нафтопродуктів;

Технічні і технологічні рішення по використанню котельної, що працює на термомасилі, для підігрівання темних нафтопродуктів в залізничних вагонів-цистернах, в резервуарних ємностях для накопичення і зберігання темних нафтопродуктів, в резервуарі циркуляційного розігрівання темних нафтопродуктів, а також в дренажній ємності, є ефективним і надійним засобом при експлуатації системи розігрівання розробленого нафтокомплексу внаслідок наступних чинників:

- повна автоматизація при отриманні і розподілі теплоносія, що дозволяє забезпечити роботу по підігріванню темних нафтопродуктів без участі обслуговуючого персоналу;

- обладнання і підігрівачі, що працюють на термомасилі, не руйнуються від корозії, тому вони є довговічними; внаслідок цього не відбувається забруднення термомасила темними нафтопродуктами;

- високі температурні показники теплоносія (термомасила) дозволяють зменшити габарити теплообмінних апаратів, що працюють на термомасилі, внаслідок зменшення їх поверхні при забезпеченні необхідних експлуатаційних характеристик процесу теплообміну;

- мобільність системи розігрівання термальним маслом (система "виводиться" на потрібний тепловий режим протягом 1 години).

Джерела інформації

1. Черняк И.Л., Мацкин А.Я. Эксплуатация нефтебаз. М.: ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы. 1956. - С. 34 - 36.

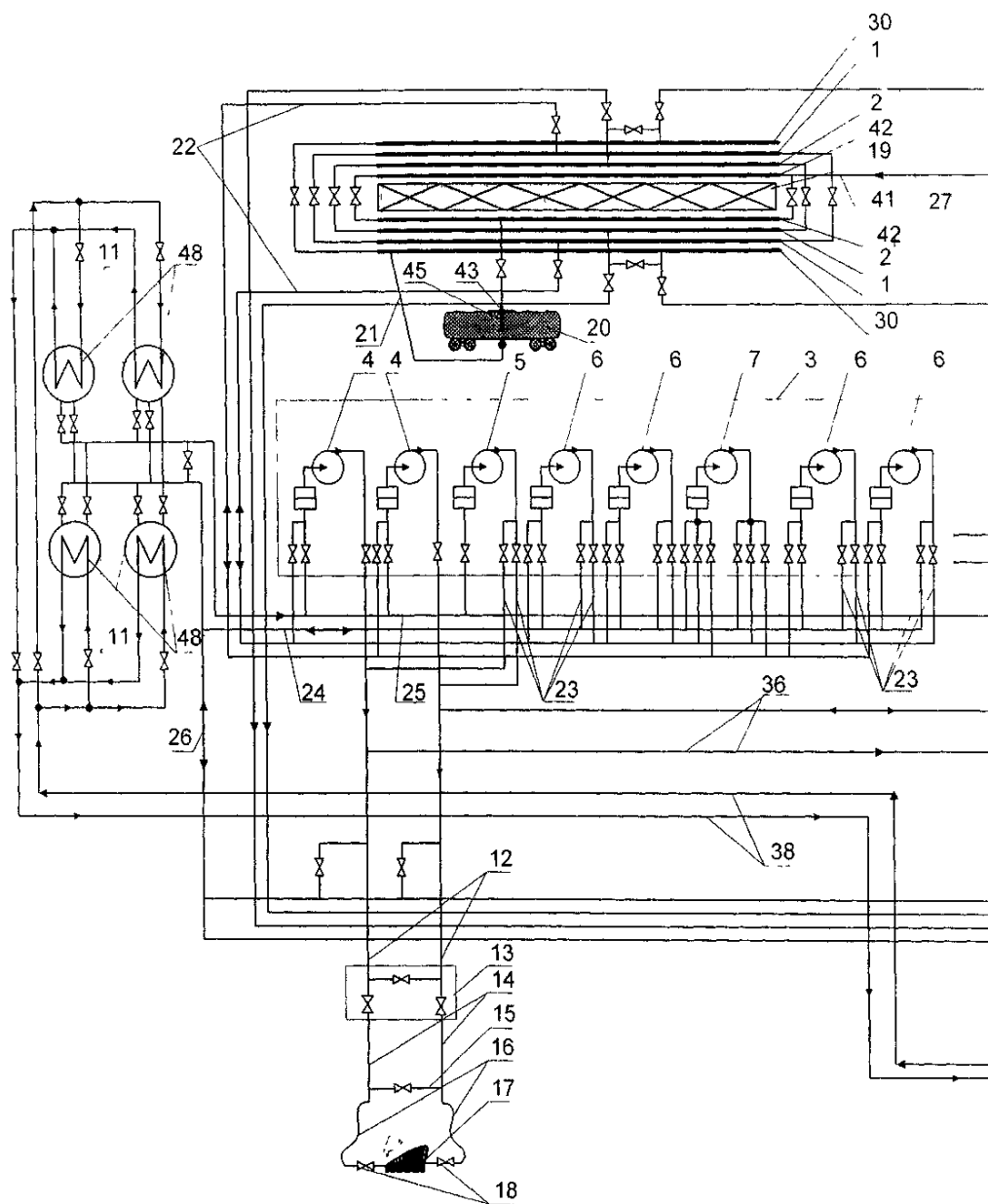
2. Едигаров С.Г., Михайлов В.М., Прохоров А.Д., Юфин В.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз. М.: Недра, 1982. - С. 196 - 199.

3. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение (справочник). Под ред. Школьников В.М. — М.: Химия, 1989. — С. 402 - 404.

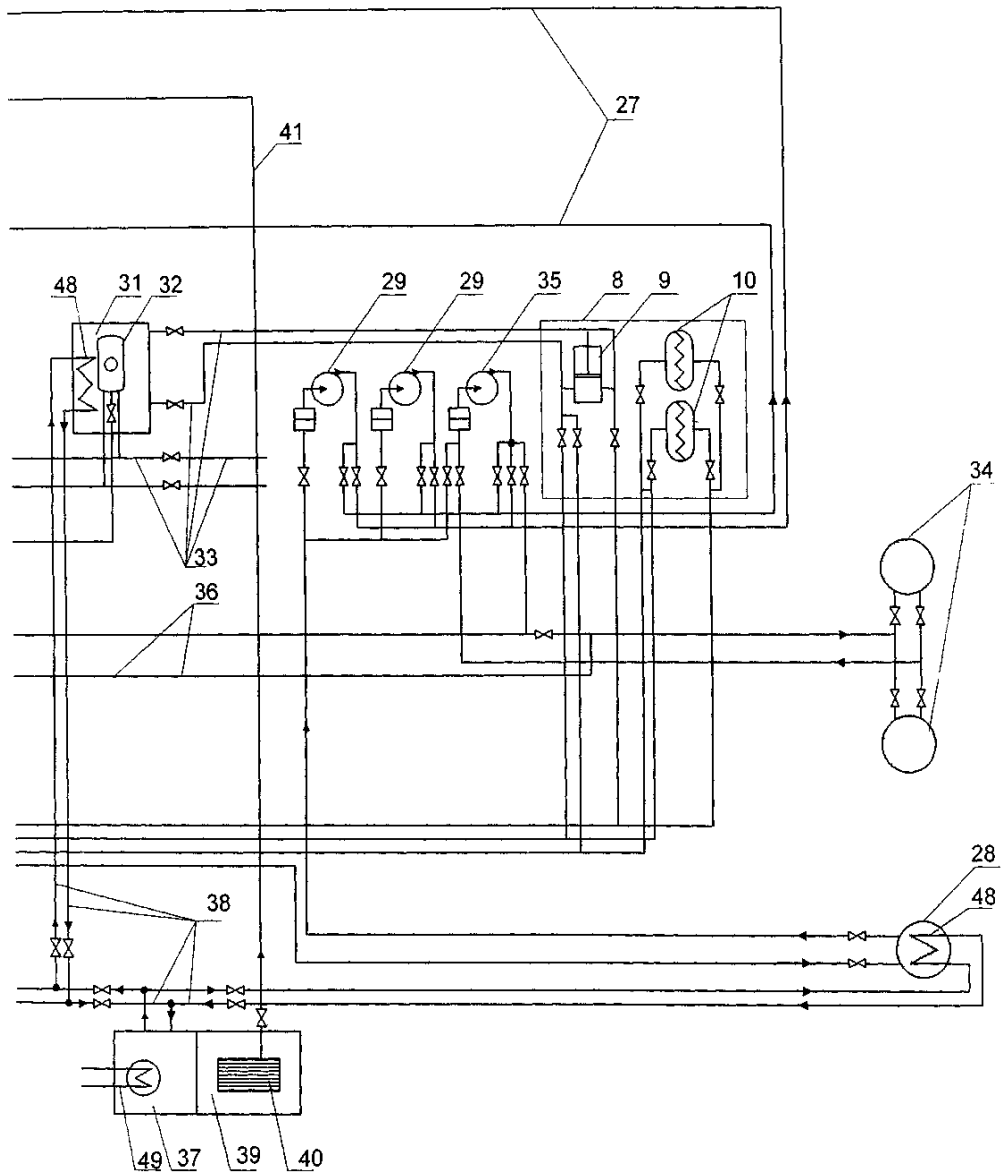
4. Едигаров С.Г., Михайлов В.М., Прохоров А.Д., Юфин В.А. Проектирование и эксплуатация нефтебаз. М.: Недра, 1982. — С. 155 — 156.

5. ВБН В.2.2-58.1-94. Проектирование складов нефти и нефтепродуктов с давлением насыщенных паров не выше 93,3кПа.

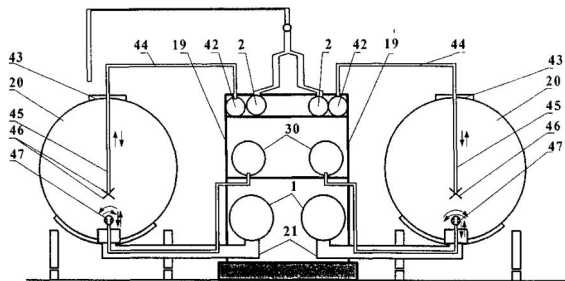
6. Рогозюк В.В., Григіль М.А., Хачикян Л.А. Експлуатаційникові газонафтового комплексу (довідник). - К.: Росток, 1998. - 431с.



Фир.1-А



Фир.1-Б



Фир.2



Фир.3