



УКРАЇНА

(19) UA (11) 92723 (13) C2

(51) МПК (2009)

B01F 3/00

B01F 11/00

F02B 51/00

C10G 27/00

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

(54) СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ РІДКИХ ВУГЛЕВОДНІВ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) a200702143

(22) 28.02.2007

(24) 10.12.2010

(46) 10.12.2010, Бюл.№ 23, 2010 р.

(72) КОЗАКОВ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ,
ТЕРНЮК МИКОЛА ЕМАНУІЛОВИЧ, ПЕРАДЗЕ
АНАТОЛІЙ ТАРІЄЛОВИЧ, БЕЗРУКОВ ОЛЕК-
САНДР МИХАЙЛОВИЧ, ЛЕЛЮК ОЛЕНА ВОЛО-
ДИМИРІВНА(73) КОЗАКОВ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ,
ТЕРНЮК МИКОЛА ЕМАНУІЛОВИЧ, ПЕРАДЗЕ
АНАТОЛІЙ ТАРІЄЛОВИЧ, БЕЗРУКОВ ОЛЕК-
САНДР МИХАЙЛОВИЧ, ЛЕЛЮК ОЛЕНА ВОЛО-
ДИМИРІВНА

(56) RU 2202406 C2, 20.04.2003

SU 1389828 A1, 23.04.1988

SU 1373719 A1, 15.02.1988

SU 1373720 A1, 15.02.1988

RU 2179572 C1, 20.02.2002

RU 2276182 C2, 10.05.2006

WO 2006044041 A2, 27.04.2006

EP 0583653 A1, 23.02.1994

US 4597671 A, 01.07.1986

(57) 1. Спосіб очищення рідких вуглеводнів, пере-
важно нафти, нафтопродуктів і палив від сіркоор-
ганічних сполук, який включає кавітаційну обробку
вуглеводнів, при здійсненні якої рідкий вуглево-
день змішують з водою, який відрізняється тим,
що рідкий вуглеводень додатково змішують з ад-
сорбентом-каталізатором у співвідношенні компо-
нентів, % маси:

вуглеводнева сировина	50-90
адсорбент-каталізатор	0,05-1,5
вода	решта,

отриману реакційну суміш піддають кавітаційній
обробці для принаймні часткового окислення сір-
коорганічних сполук, після чого принаймні частко-
во очищений від сіркоорганічних сполук рідкий
вуглеводень відділяють від сірководню, води, ку-
бового та твердого залишків.2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що каві-
таційну обробку реакційної суміші здійснюють
шляхом впливу на її середовище фізичними фак-
торами періодичного характеру, які викликають

2

виникнення в середовищі реакційної суміші мно-
жинних кавітаційних явищ.3. Спосіб за п. 2, який відрізняється тим, що час-
тоту впливу фізичними факторами змінюють від
найнижчої до найвищої.4. Спосіб за п. 3, який відрізняється тим, що най-
вища частота впливу фізичними факторами що-
найменше удвічі перевищує найнижчу частоту
впливу фізичними факторами.5. Спосіб за п. 3, який відрізняється тим, що час-
тоту впливу фізичними факторами змінюють дис-
кретно.6. Спосіб за п. 3, який відрізняється тим, що час-
тоту впливу фізичними факторами змінюють плав-
но.7. Спосіб за п. 6, який відрізняється тим, що час-
тоту впливу фізичними факторами змінюють плав-
но із зупинками на частотах, при яких окислення
сіркоорганічних сполук відбувається з підвищеною
ефективністю.8. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що каві-
таційну обробку здійснюють при температурі сумі-
ші 60-90 °C і тиску до 4 атм.9. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що в
процесі кавітаційної обробки у суміш безперервно
додають воду.10. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що в
процесі кавітаційної обробки у суміш порціонно
додають воду.11. Спосіб за п. 10, який відрізняється тим, що
воду додають принаймні трьома порціями.12. Спосіб за будь-яким з пп. 1-11, який відрізня-
ється тим, що як адсорбент-каталізатор застосо-
вують монтморилоніт, палигорскіт, каолінит, каолі-
нову глину або їх суміш.13. Пристрій для очищення рідких вуглеводнів,
переважно нафти, нафтопродуктів і палив від сір-
коорганічних сполук, який містить першу ємність з
впускним і випускним отворами, кавітаційний при-
стрій із входом і виходом, засоби для прокачуван-
ня рідини, другу ємність із впускним і випускними
отворами і трубопроводи для транспортування
рідини, який відрізняється тим, що вхід кавітацій-
ного пристрою сполучений із внутрішнім об'ємом

(13) C2

(11) 92723

(19) UA

першої ємності, а вихід кавітаційного пристрою через засоби управління потоком рідини сполучений із вхідним отвором першої ємності та із вхідним отвором другої ємності, при цьому пристрій містить також дозатор для подачі води в першу ємність і дозатор для подачі допоміжних речовин у першу ємність.

14. Пристрій за п. 13, який **відрізняється** тим, що кавітаційний пристрій виконаний у вигляді кавітаційного засобу для впливу на рідину фізичними факторами періодичного характеру, які викликають виникнення в середовищі рідини множинних кавітаційних явищ.

15. Пристрій за п. 14, який **відрізняється** тим, що кавітаційний пристрій виконаний з можливістю впливу на рідину фізичними факторами різної частоти.

16. Пристрій за п. 15, який **відрізняється** тим, що кавітаційний пристрій виконаний у вигляді декількох різночастотних кавітаційних засобів.

17. Пристрій за п. 16, який **відрізняється** тим, що кавітаційний пристрій виконаний у вигляді двох послідовно встановлених різночастотних кавітаційних засобів.

18. Пристрій за п. 17, який **відрізняється** тим, що частота впливу першого кавітаційного засобу нижче за частоту впливу другого кавітаційного засобу.

19. Пристрій за п. 16, який **відрізняється** тим, що кавітаційний пристрій виконаний у вигляді трьох різночастотних кавітаційних засобів, два з яких встановлені послідовно, а третій підключений до точки сполучення перших двох.

20. Пристрій за п. 19, який **відрізняється** тим, що продуктивність першого кавітаційного засобу в цілому дорівнює сумарній продуктивності другого і третього кавітаційних засобів.

Винахід відноситься до нафтопереробки, а саме до технології одержання малосірчастих нафт, нафтопродуктів, палив (консистентних і рідких вуглеводнів) та підвищення виходу дистильованих фракцій вуглеводневої сировини, і може бути використаний в нафтопереробній і нафтохімічній галузях промисловості.

В даний час актуальною є проблема одержання високоякісних нафтопродуктів, наприклад, композиційних, переважно вуглеводневих, автомобільних або енергетичних палив, у тому числі з використанням вихідних матеріалів низької якості, а також проблема зменшення матеріальних витрат на технологічні процеси, пов'язані з переробкою та одержанням високоякісних нафтопродуктів, оскільки їх якість впливає на тривалість експлуатації великої кількості агрегатів. Також актуальною проблемою є збільшення виходу дистильованих фракцій вуглеводневої сировини при здійсненні його обробки, необхідність чого обумовлена стабільним підвищенням вартості нафти. Одним із шляхів вирішення зазначених задач є переробка і виробництво високоякісних нафтопродуктів з використанням кавітаційної обробки.

Кавітація являє собою процес утворення в рідині порожнин, заповнених газом, парою або їх сумішшю (так званих кавітаційних пухирців або каверн). Кавітаційні пухирці утворюються в тих місцях, де тиск у рідині стає нижче деякого критичного значення, зокрема для реальної рідини цей тиск приблизно дорівнює тиску насиченої пари цієї рідини при даній температурі. Якщо зниження тиску відбувається внаслідок високих місцевих швидкостей у потоці краплинної рідини, що рухається, то кавітація називається гідродинамічною, а якщо внаслідок проходження звукових хвиль великої інтенсивності - акустичною. Використання кавітаційної обробки спрямовано на вирішення таких технічних задач, як стерилізація оброблюваної рідини, емульгування продуктів, що звичайно не змішуються (наприклад, мазут і вода), руйнування

довгих полімерних ланцюгів у нафтопродуктах, переведення їх у новий структурний стан, здрибнювання (диспергування) до мікронного рівня твердих часток у рідині, гомогенізація оброблюваного продукту, інтенсифікація хімічних реакцій у десятки і часом навіть тисячі разів і т.д. Відомі в даний час способи очищення і переробки нафтопродуктів, зокрема рідких вуглеводнів, включають двох і більш стадійну кавітаційну обробку, яка здійснюється з використанням пристроїв зі складною конструкцією, що включає набір кавітаційних засобів різного типу. Крім того, найчастіше при здійсненні обробки до вихідної сировини додають різні присадки або цільові добавки, що не тільки підвищує матеріальні витрати на реалізацію процесу, але і не завжди дозволяє одержати кінцевий продукт необхідної якості. Також вихідна сировина, що піддається кавітаційній обробці, часто містить сірчані сполуки. Очищення нафтопродуктів, зокрема вуглеводнів, від сірки, - це одна з найважливіших і найбільш важких задач сучасної нафтопереробки. Використовувані пристрої для реалізації даних задач мають складну конструкцію, а також є вкрай дорогими. Крім того, додаткових витрат вимагає забезпечення захисту навколишнього середовища на належному рівні. Якщо зазначені сполуки входять до складу палива, то при його згорянні відбуваються забруднюючі викиди в атмосферу. Це відбувається внаслідок того, що сірка, поєднуючись з киснем, утворює діоксид сірки або сірчистий ангідрид. Цей газ розчиняється у воді, підвищуючи її кислотність. Саме цей процес є одним з самих негативних процесів з погляду охорони навколишнього середовища. Часто для очищення від сірки використовують різні каталізатори, наприклад, солі металів. Крім того, використовуване для реалізації існуючих способів очищення від сполук сірки обладнання піддається багаторазовому впливу різних агресивних середовищ і високих температур, тому термін його експлуатації є нетривалим.

Виходячи з вищесказаного, актуальною задачею в даний час є створення способу переробки нафтопродуктів, зокрема рідких вуглеводнів, що дозволить при прийнятних енерговитратах забезпечити можливість очищення вуглеводнів від шкідливих домішок, збільшення виходу дистильованих фракцій вуглеводневої сировини, використання вихідної сировини будь-якого ступеня чистоти, а також можливість скорочення використання присадок і цільових добавок. Крім того, актуальною задачею є також розробка простого і надійного пристрою, призначеного для реалізації такого способу.

Відомий спосіб очищення рідких вуглеводнів, описаний у патенті США №4597671, що включає обробку вуглеводнів у пристрої механічної кавітації, при здійсненні якої рідкий вуглеводень змішується з водою. Спосіб включає також стадії попередньої механічної обробки води пропусканням її через коридор високого тиску, подачі обробленої води на змішання з рідким вуглеводнем, після чого отриману суміш піддають попередній обробці в пристрої механічної кавітації, наступній обробці в пристрої об'єднаної дії механічної кавітації та електромагнітного впливу, і остаточній обробці в пристрої механічної кавітації до одержання кінцевого продукту необхідної якості.

Основним недоліком описаного способу є низький рівень виходу дистильованих фракцій вуглеводневої сировини. Також недоліками описаного способу є його підвищена складність, оскільки реалізація способу вимагає спочатку попередньої обробки води, потім щонайменше трьохстадійної кавітаційної обробки суміші, одна з яких виконується з використанням додаткового електромагнітного впливу. Крім того, спосіб вимагає подачі на обробку вихідних компонентів високої якості.

Відомий пристрій для обробки середовищ, описаний в авторському свідоцтві СРСР №1389828, що включає кавітаційний пристрій із входом і виходом, а також трубопроводи для транспортування оброблюваної рідини. Кавітаційний пристрій розміщений у корпусі у виді труби з вхідними і вихідними патрубками, при цьому вхідний патрубок виконаний у виді роздільних ввідів для подачі рідин, а також містить циліндричну перегородку і конусоподібний відбивач потоку.

Недоліками описаного пристрою є відсутність обертального руху оброблюваного середовища по периферії об'єму корпусу, тому кавітаційний вплив здійснюється при проході рідини тільки в одному напрямку. При обробці вихідної сировини за допомогою описаного пристрою не вдається забезпечити достатній ступінь очищення сировини від шкідливих або небажаних домішок.

Найбільш близьким аналогом винаходу, що заявляється, є спосіб очищення рідких вуглеводнів, переважно нафти, нафтопродуктів палив від сіркоорганічних сполук, описаний у патенті РФ №2202406, що включає кавітаційну обробку вуглеводнів, при здійсненні якої рідкий вуглеводень змішується з водою. При цьому „спосіб здійснюється у дві стадії, що включають початкову обробку суміші, яка здійснюється шляхом емульгування за допомогою одного кавітаційного засобу, і остаточ-

ну обробку суміші за допомогою іншого кавітаційного засобу. Пристрій для реалізації описаного способу включає першу ємність із впускним і випускним отворами, кавітаційний пристрій із входом і виходом, засоби для прокачування рідини, другу ємність із впускним і випускним отворами і трубопроводи для транспортування рідини. При цьому кавітаційний пристрій включає два різних кавітаційних засоби, один з яких являє собою статичний кавітаційний пристрій, а інший - гідродинамічний багатосекційний пристрій.

Недоліками описаного способу є конструкційна складність пристрою, призначеного для реалізації способу, що обумовлює підвищення матеріальних і енергетичних витрат на очищення рідких вуглеводнів. Крім того, при реалізації описаного способу не вдається досягти необхідного рівня очищення рідких вуглеводнів від сіркоорганічних сполук і виходу дистильованих фракцій вуглеводневої сировини.

В основу винаходу поставлена задача створити такий спосіб очищення рідких вуглеводнів від сіркоорганічних сполук, що за рахунок простоти та ефективності його реалізації дозволить збільшити вихід дистильованих фракцій вуглеводневої сировини, дозволить здійснювати спосіб з оптимальною кількістю стадій кавітаційної обробки, дозволить використовувати вихідну сировину будь-якого ступеня чистоти і доступні додаткові компоненти, а також дозволить підвищити ступінь очищення кінцевих продуктів, забезпечити їх високу якість і забезпечити зниження енергоємності процесу і підвищення економічності ефективності впровадження способу.

Ще однією задачею винаходу є створення пристрою для очищення рідких вуглеводнів, переважно нафти, нафтопродуктів і палив від сіркоорганічних сполук, що завдяки простоті й надійності конструктивного виконання дозволить ефективно здійснювати процес очищення рідких вуглеводнів, дозволить забезпечити зниження енергоємності процесу і підвищення економічності ефективності процесу очищення.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб очищення рідких вуглеводнів, переважно нафти, нафтопродуктів і палив від сіркоорганічних сполук, включає кавітаційну обробку вуглеводнів, при цьому рідкий вуглеводень змішується з водою та адсорбентом-каталізатором у співвідношенні компонентів, % маси:

вуглеводнева сировина	50-90
адсорбент-каталізатор	0,05-1,5
вода	решта,

отриману реакційну суміш піддають кавітаційній обробці для принаймні часткового окислення сіркоорганічних сполук, після чого принаймні частково очищений від сіркоорганічних сполук рідкий вуглеводень відділяють від сірководню, води, кубового та твердого залишку. При цьому найбільш оптимальними технологічними параметрами реалізації кавітаційної обробки є здійснення обробки при температурі суміші 60-90°C і тиску до 4атм. Така реалізація способу дозволяє забезпечити необхідний ступінь очищення вихідної сировини від сіркоорганічних сполук, а також значно збіль-

шити вихід дистильованих фракцій вуглеводневої сировини, забезпечити високу якість кінцевого продукту. Крім того, при реалізації способу використовуються доступні додаткові компоненти, а продукти, що відділяються у ході технологічного процесу від вуглеводнів, можуть знайти застосування в промисловості, що істотно підвищує економічну ефективність впровадження способу.

Доцільним є здійснення кавітаційної обробки реакційної суміші шляхом впливу на її середовище фізичними факторами періодичного характеру, які викликають виникнення в середовищі реакційної суміші множинних кавітаційних явищ. Переважною є зміна частоти впливу фізичними факторами від найнижчої до найвищої, при цьому доцільним є така реалізація способу, при якій найвища частота впливу фізичними факторами щонайменше удвічі перевищувала б найнижчу частоту впливу фізичними факторами, що забезпечує найвищу ефективність процесу. Низькі та високі частоти кавітаційної обробки при цьому забезпечуються конструктивними характеристиками кавітаційних засобів, які є елементами конструкції пристрою для здійснення способу. Низькі частоти мають синусоподібний характер змін тиску, а високі - пилоподібний. Переважною є дискретна зміна частоти впливу фізичними факторами. Також можлива плавна зміна частоти впливу фізичними факторами. Таким чином, вплив на середовище реакційної суміші фізичними факторами періодичного характеру зі зміною частоти впливу фізичними факторами від найнижчої до найвищої забезпечує при найменших енерговитратах диспергування середовища реакційної суміші до молекулярного рівня, деструктивну гідрогенізацію, гідроліз і гідрогеноліз сірковмісних сполук вуглеводнів без використання складного обладнання, джерел водню і каталізаторів високої вартості. При цьому нагрівання оброблюваної сировини до температури 60-90°C відбувається за рахунок кавітаційних ефектів.

Переважною також є плавна зміна частоти впливу фізичними факторами із зупинками на частотах, при яких окислення сіркоорганічних сполук відбувається з підвищеною ефективністю. Такими частотами можуть бути резонансні частоти, тобто частоти, кратні власним частотам розпаду рідких вуглеводнів та води. Така реалізація способу значно підвищує ефективність здійснення процесу, зменшує енергоємність процесу, що обумовлює зменшення матеріальних затрат при здійсненні очищення рідких вуглеводнів.

Додавання води у суміш в процесі кавітаційної обробки може здійснюватись безперервно або порціонно, або воду можуть додавати до суміші декількома порціями. Вода при здійсненні способу використовується у якості джерел іонів водню і гідроксильних груп OH. Крім того, окислення сіркоорганічних сполук, які є небажаними домішками, відбувається за рахунок кисню, який здебільшого міститься у воді. Таке здійснення способу дозволяє не використовувати джерела водню і каталізатори високої вартості, що обумовлює економічну ефективність впровадження способу.

Доцільним є застосування у якості адсорбенту-каталізатору монтмориллоніту, палігорскіту, каолі-

ніту, каолінової глини або їх суміші. Використання процесу двохступеневої кавітаційної обробки з різними частотами впливу фізичними факторами на середовище реакційної суміші призводить до того, що на першій ступені природний адсорбент-каталізатор надходить у тонкоподрібненому стані, внаслідок чого має «надлишкову» поверхневу енергію. У цих умовах значна частина поверхні часток, які мають некомпенсовані зв'язки у кристалічній решітці, є здатною, крім фізичної адсорбції, хемосорбувати сіркоорганічні сполуки, що містяться у вуглеводневій сировині. Друга ступінь, що характеризується великими частотами кавітаційної обробки, забезпечує диспергування більш легких фракцій. Така реалізація способу забезпечує його високу ефективність та дозволяє забезпечити високий рівень очищення рідких вуглеводнів.

Друга поставлена задача вирішується тим, що розроблений пристрій для очищення рідких вуглеводнів, переважно нафти, нафтопродуктів і палив від сіркоорганічних сполук, який містить першу ємність з впускним і випускним отворами, кавітаційний пристрій із входом і виходом, засоби для прокачування рідини, другу ємність із впускними і випускними отворами і трубопроводи для транспортування рідини, при цьому вхід кавітаційного пристрою сполучений із внутрішнім об'ємом першої ємності, а вихід кавітаційного пристрою через засоби управління потоком рідини сполучений із вхідним отвором першої ємності та із вхідним отвором другої ємності. Пристрій містить також дозатор для подачі води в першу ємність і дозатор для подачі допоміжних речовин в першу ємність.

Перша ємність, у яку за допомогою дозаторів подаються необхідні для здійснення процесу кавітаційної обробки допоміжні речовини і воду, являє собою окисний реактор, у якому здійснюється принаймні часткове окислення сіркоорганічних сполук. Сполучення входу кавітаційного пристрою із внутрішнім об'ємом першої ємності дозволяє створити циркуляційний контур, по якому протягом здійснення кавітаційної обробки циркулює оброблювана сировина. Друга ємність являє собою засіб для фільтрації та сепарації сировини, яка піддається кавітаційній обробці, тобто у другій ємності відбувається відділення знесірчених нафтопродуктів від води, кубового і твердого залишку. У якості засобів для прокачування рідини може бути використаний насос.

Доцільним є виконання кавітаційного пристрою у вигляді кавітаційного засобу для впливу на рідину фізичними факторами періодичного характеру, які викликають виникнення в середовищі рідини множинних кавітаційних явищ. При цьому кавітаційний пристрій виконаний з можливістю впливу на рідину фізичними факторами різної частоти. Таке виконання пристрою забезпечує сприятливі умови для реалізації процесів хімічних перетворень між компонентами реакційної суміші при найменших енерговитратах, що обумовлює підвищення економічної ефективності процесу очищення.

Доцільним є виконання кавітаційного пристрою у вигляді декількох різночастотних кавітаційних засобів. Вплив на середовище реакційної суміші фізичними факторами різної частоти забезпечує

значну активізацію хімічних процесів, які відбуваються, що дозволяє не використовувати при здійсненні способу каталізаторів високої вартості. При цьому і нагрівання оброблюваної сировини до потрібної температури відбувається за рахунок кавітаційних ефектів, інтенсивність яких регулюється конструктивними параметрами кавітаційних засобів. Таке виконання пристрою дозволяє значно знизити енергоємність процесу.

Переважає виконання кавітаційного пристрою у вигляді двох послідовно встановлених різночастотних кавітаційних засобів. При цьому частота впливу першого кавітаційного засобу нижче за частоту впливу другого кавітаційного засобу. Таке виконання кавітаційного пристрою дозволяє здійснювати найбільш ефективну обробку вуглеводневої сировини, при якій потік оброблюваної сировини спочатку піддається впливу фізичних факторів з частотою, яка може бути резонансною для одних сіркоорганічних сполук або інших шкідливих домішок, при цьому частоти такого порядку забезпечуються конструктивним виконанням першого кавітаційного засобу. Далі потік оброблюваної сировини піддається впливу фізичних факторів з частотою, яка є резонансною для інших видів сіркоорганічних сполук. У цьому випадку частоти потрібного порядку також забезпечуються конструктивним виконанням другого кавітаційного засобу. Таким чином, таке конструктивне виконання пристрою забезпечує найвищу ступінь очищення рідких вуглеводнів від сіркоорганічних сполук без ускладнення конструкції пристрою, що у свою чергу підвищує його надійність і строк експлуатації.

Також можливим є виконання пристрою у вигляді трьох різночастотних кавітаційних засобів, два з яких встановлені послідовно, а третій підключений до точки сполучення перших двох. При цьому продуктивність першого кавітаційного засобу в цілому дорівнює сумарній продуктивності другого і третього кавітаційних засобів. Таким чином вдається зменшити кількість потрібних для досягнення бажаної якості кінцевого продукту циклів кавітаційної обробки. Таке виконання пристрою дозволяє значно зменшити споживану потужність, а також зменшити габарити пристрою.

Перелік графічного матеріалу

Фіг. 1 - загальне схематичне зображення пристрою для очищення рідких вуглеводнів, переважно нафти, нафтопродуктів і палив від сіркоорганічних сполук.

Фіг. 2 - схематичне зображення першого варіанту здійснення пристрою.

Фіг. 3 - схематичне зображення другого варіанту здійснення пристрою.

На фіг. 1 представлено загальне схематичне зображення пристрою, який містить першу ємність 1 з впускним і випускним отворами, дозатор 2 для подачі води в першу ємність 1 і дозатор 3 для подачі допоміжних речовин в першу ємність 1, засоби для прокачування рідини 4, кавітаційний пристрій 5 із входом і виходом, другу ємність 6 із впускним і випускними отворами і трубопроводи 7 для транспортування рідини.

На фіг. 2 представлено схематичне зображення першого варіанту здійснення пристрою. При-

стрій містить два послідовно встановлені різночастотні кавітаційні засоби 8 і 9.

На фіг. 3 представлено схематичне зображення другого варіанту здійснення пристрою. Пристрій містить три різночастотні кавітаційні засоби 10, 11 та 12, два із яких встановлені послідовно, а третій підключений до точки сполучення перших двох.

Низькочастотні кавітаційні засоби 8 та 10 мають частоту в діапазоні 5-8кГц, а високочастотні кавітаційні засоби 9, 11 та 12 - в діапазоні 12-15кГц. Споживана потужність кавітаційних засобів 8-12 знаходяться в діапазоні 1,5-18,5кВт/год, а продуктивність їх знаходиться в діапазоні 6-80м³/год.

Зазначений спосіб очищення рідких вуглеводнів може бути здійснений таким чином.

Вуглеводневу сировину з вмістом сіркоорганічних сполук розміщують у першій ємності 1 для кавітаційного оброблення. Туди ж в процесі виконання кавітаційної обробки додають воду і адсорбент-каталізатор, забезпечуючи необхідні пропорції за допомогою дозаторів 2 і 3.

Воду додають у суміш в процесі кавітаційної обробки у суміш безперервно або порційно, при цьому воду додають принаймні трьома порціями.

Отриману реакційну суміш із першої ємності 1, яка являє собою окисний реактор, за допомогою засобів для прокачування рідини 4 прокачують через кавітаційний пристрій 5 назад до першої ємності 1 для очищення її від сіркоорганічних сполук. Якщо кавітаційний пристрій 5 являє собою два послідовно встановлені різночастотні засоби 8 та 9, то реакційну суміш прокачують через низькочастотний кавітаційний засіб 8, а потім через високочастотний кавітаційний засіб 9. У разі, якщо кавітаційний пристрій 5 являє собою три різночастотні кавітаційні засоби, два із яких встановлені послідовно, а третій підключений до точки сполучення перших двох, то реакційну суміш прокачують спочатку через низькочастотний кавітаційний засіб 10, а потім двома потоками через високочастотні кавітаційні засоби 11 та 12.

В ємності 1 за рахунок кисню, який міститься у сировині і воді, відбувається силікативне окислення кристичних сполук.

Сірководень, утворений у результаті кавітаційної обробки, відводять із ємності 1 для очищення за відомим способом.

Після завершення кавітаційної обробки вуглеводнева сировина по трубопроводам 7 подається під тиском у другу ємність 6, де відбувається сепарування - відділення знесірченого рідкого вуглеводню від води, кубового і твердого залишку, після чого всі продукти виводять через випускний отвір другої ємності 6. Далі воду, що містить незначну кількість карбонових і сірчаної кислот, подають на сепаратор, де відбувається розділення води і твердого осаду. Вода скидається в каналізацію (або знезаражується від шкідливих домішок), а твердий осад направляють у якості наповнювача при приготуванні бітумно-полімерних або бітумно-гумових мастик.

Спосіб ілюструється наступними конкретними прикладами.

Приклад 1. 300 літрів сировини (злив танкерів), що містить 0,98 мас. % сірки загальної, у тому числі 0,22% меркаптанової сірки, із першої ємності 1 за допомогою засобів для прокачування рідини 4 прокачують через низькочастотний кавітаційний засіб 8 (частота - 6кГц, споживана потужність - 18,5кВт/год, продуктивність - 80м³/год), а потім через високочастотний кавітаційний засіб 9 (частота - 15кГц, споживана потужність - 18,5кВт/год, продуктивність - 80м³/год) назад в ємність 1, яка являє собою окисний реактор, для очищення сировини від сіркоорганічних сполук. При цьому в ємність 1 також додають за допомогою дозатору 2 90л води (30% над 100% сировини), а за допомогою дозатору 3 додають 3,5кг каолінової глини. За допомогою кавітаційних засобів 8 та 9 отриману реакційну суміш у замкнутому циркуляційному контурі піддають дії фізичних факторів періодичного

характеру. Початкова температура в окисному реакторі складає 18°C ($t_{\text{опр}}^{\text{H}}$), а кінцева - 60°C ($t_{\text{опр}}^{\text{K}}$).

В процесі кавітаційної обробки відбирали проби вуглеводневої сировини для аналізу. Температура процесу контролювалась за допомогою термометри, а тиск у реакторі - за допомогою манометра.

Утворений у результаті кавітаційної обробки сірководень відбирають з ємності 1. Очищене від сіркоорганічних сполук рідкий вуглеводень подають у другу ємність 6, де відбувається відділення знесіреного вуглеводню від води, кубового і твердого залишку. Після відділення оброблюваного вуглеводню від сірководню, води, кубового та твердого залишків, кожний компонент випробовували у лабораторії. Результати випробувань наведені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1

Залежність виходу дистильованих фракцій вуглеводневої сировини (злив танкерів) від тривалості обробки (співвідношення сировина:вода - 70:30 мас. %)

Показники	Значення			
	Вихідна сировина	Після кавітаційної обробки		
		10 хв.	15 хв.	20 хв.
Густина за температури 20°C, кг/м ³	856	847	850	840
Вміст загальної сірки, % мас.	0,98	0,0230	0,0221	0,0217
В тому числі меркаптанової сірки, мас. %	0,22	0,0009	0,0007	0,0003
Випробовування на мідній пластинці	не витримує	витримує		
Вихід дистильованих фракцій, %	60	88	95	95

Таблиця 2

Залежність якості очищеної вуглеводневої сировини (злив танкерів) від тривалості кавітаційного оброблення

Тривалість кавітаційного оброблення, хв.	Вміст загальної сірки, %	В тому числі вміст меркаптанової сірки, %	Вміст сірки, вилученої за рахунок виділення сірководню, %	Вміст сірки загальної, % мас.		Ступінь вилучення, %
				у твердій фазі	у кубовому залишку	
0	0,9800	0,2200	-	-	-	-
10	0,0230	0,0009	17,17	50,01	32,82	97,64
15	0,0221	0,0007	16,52	53,11	30,37	97,74
20	0,0217	0,0003	13,01	61,02	25,97	97,79

Приклад 2. 300 літрів сировини (злив танкерів), що містить 0,98 мас. % сірки загальної, у тому числі 0,22% меркаптанової сірки, із першої ємності 1 за допомогою засобів для прокачування рідини 4 прокачують через низькочастотний кавітаційний засіб 10 (частота - 6кГц, споживана потужність - 18,5кВт/год, продуктивність - 80м³/год), а потім двома потоками через високочастотні кавітаційні засоби 11 та 12 (частота - 15кГц, споживана потужність - 7,5кВт/год, продуктивність - 40м³/год) назад в ємність 1, яка являє собою окисний реактор, для очищення сировини від сіркоорганічних сполук. При цьому в ємність 1 також додають за допомогою дозатору 2 60л води - склад 1 або 90л - склад 2, або 120л - склад 3, а за допомогою дозатору 3 додають 3,5кг каолінової глини. За допомогою кавітаційних засобів 10, 11 та 12 отриману

реакційну суміш у замкнутому циркуляційному контурі піддають дії фізичних факторів періодичного характеру. Початкова температура в окисному реакторі складає 18°C ($t_{\text{опр}}^{\text{H}}$), а кінцева - 60°C ($t_{\text{опр}}^{\text{K}}$).

У процесі кавітаційної обробки відбирали проби вуглеводневої сировини для аналізу. Температура процесу контролювалась за допомогою термометри, а тиск у реакторі - за допомогою манометра.

Утворений у результаті кавітаційної обробки сірководень відбирають з ємності 1. Утворений у результаті кавітаційної обробки сірководень відбирають з ємності 1. Очищене від сіркоорганічних сполук рідкий вуглеводень подають у другу ємність 6, де відбувається відділення знесіреного вуглеводню від води, кубового і твердого залишку.

Після відділення оброблюваного вуглеводню від сірководню, води, кубового та твердого залишків,

кожний компонент випробовували у лабораторії. Результати випробувань наведені в таблицях 3 і 4.

Таблиця 3

Залежність виходу дистильованих фракцій вуглеводневої сировини (змив танкерів) від співвідношення сировина:вода (тривалість кавітаційної обробки 20 хв.)

Показники	Вихідна сировина	Значення		
		співвідношення сировина:вода, мас. %		
		80:20 склад 1	70:30 склад 2	60:40 склад 3
Густина за температури 20°C. кг/м ³	856	853	840	838
Вміст загальної сірки, % мас.	0,98	0,0235	0,0212	0,02
В тому числі меркаптанової сірки, мас. %	0,22	0,0006	0,0003	0,0002
Випробовування на мідній пластинці	не витримує	витримує		
Вихід дистильованих фракцій, %	60	85	95	93

Таблиця 4

Залежність якості очищеної вуглеводневої сировини (змив танкерів) від вмісту води

Вміст води (більш 100% на сировину), %	Вміст загальної сірки, %	В тому числі меркаптанової сірки, %	Сірки вилученої за рахунок виділення сірководню, %	Вміст сірки загальної, % мас. у твердій фазі	у кубовому затишку	Ступінь вилучення, %
0	0,9800	0,2200	-	-	-	-
10	0,0235	0,0006	13,03	50,32	23,62	97,54
15	0,0212	0,0003	13,02	61,22	25,76	97,81
20	0,0200	0,0002	13,02	59,60	27,38	97,94

Приклад 3. 200 літрів дизельного пального, що містить 0,334 мас. % сірки загальної, у тому числі меркаптанової, із першої ємності 1 за допомогою засобів для прокачування рідини 4 прокачують через низькочастотний кавітаційний засіб 10 (частота - 6кГц, споживана потужність - 18,5кВт/год, продуктивність - 80м³/год), а потім двома потоками через високочастотні кавітаційні засоби 11 та 12 (частота - 15кГц, споживана потужність - 7,5кВт/год, продуктивність - 40м³/год) назад в ємність 1, яка являє собою окисний реактор, для очищення сировини від сіркоорганічних сполук. При цьому в ємність 1 також додають за допомогою дозатору 2 60л води, а за допомогою дозатору 3 додають 2,0кг монтмориллоніту - склад 1 або 2,0кг палигорскіту - склад 2, або 2,5кг каолініту - склад 3, або 3,0кг каолінової глини - склад 4. За допомогою кавітаційних засобів 10, 11 та 12 отриману реакційну суміш у замкнутому циркуляційно-

му контурі піддають дії фізичних факторів періодичного характеру. Початкова температура в окисному реакторі складає 18°C (t^н_{обр}), а кінцева - 60°C (t^к_{обр}).

У процесі кавітаційної обробки відбирали проби вуглеводневої сировини для аналізу. Температура процесу контролювалась за допомогою термометри, а тиск у реакторі - за допомогою манометра.

Утворений у результаті кавітаційної обробки сірководень відбирають з ємності 1. Очищене від сіркоорганічних сполук дизельне пальне подають у другу ємність 6, де відбувається відділення знесірченого дизельного пального від води, кубового і твердого залишку. Після відділення оброблюваного дизельного пального від сірководню, води, кубового та твердого залишків, кожний компонент випробовували у лабораторії. Результати випробувань наведені в таблицях 5 і 6.

Таблиця 5

Характеристика дизельного пального після знесірчення (тривалість обробки 20 хвилин)

№ п/п	Показники	Значення				
		Вихідна сировина	Склад 1	Склад 2	Склад 3	Склад 4
1	Густина за температури 20°C, кг/м ³	842	837	837	836	838
2	Температура застигання, °C	-12	-23	-21	-22	-20
	Температура спалаху в закритому тиглі, °C	54	45	45	48	45
4	Масова частка сірки, %	0,279	0,023	0,026	0,027	0,028
5	Масова частка меркаптанової сірки, %	0,011	0,0009	0,0010	0,0010	0,0010

Продовження таблиці 5

6	Вміст сірководню	відсутність	відсутність			
7	Випробування на мідній	витримує	витримує			
8	Концентрація фактичних смол, мг на 100см ³ палива	25	1	1	2	3
9	Кислотність, мг КОМ на 100см ³ палива	4	3	3	3	3
10	Вміст механічних домішок	відсутність	відсутність			
11	Вміст води	відсутність	відсутність			
12	Цетанове число	46	58	58	57	57

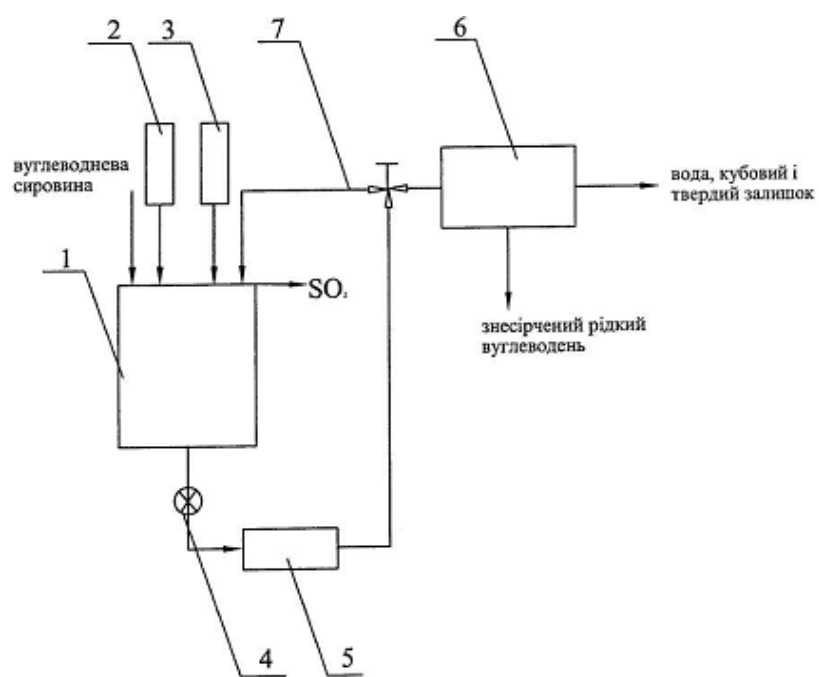
Таблиця 6

Залежність якості очищеного дизельного пального від виду адсорбента-каталізатора

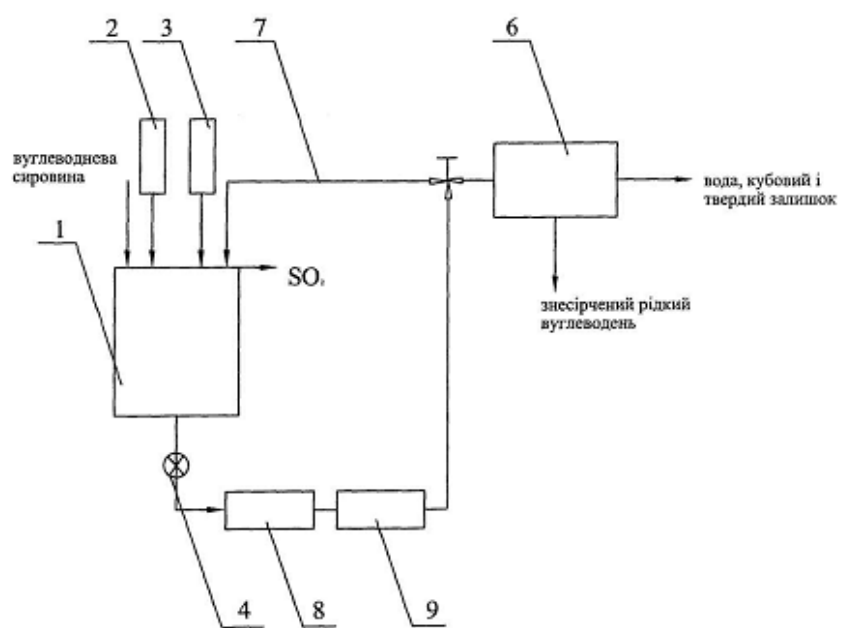
Адсорбент-каталізатор	Вміст загальної сірки, мас. %		Ступінь вилучення, %	У т.ч. вміст меркаптанової сірки		Ступінь вилучення, %
	до очищення	після очищення		до очищення	після очищення	
Монтмориллоніт	0,279	0,022	92,12	0,0110	0,0009	91,82
Палігорксит	0,279	0,026	90,68	0,0110	0,0010	90,91
Каолінова глина	0,279	0,028	89,96	0,0110	0,0010	90,91

Наведені результати свідчать про ефективність способу очищення рідких вуглеводнів, переважно нафти, нафтопродуктів і палив від сіркоорганічних сполук, при цьому ступінь знесірчення щодо нафтопродуктів сягає більше 97%, палив - більше 90%, що на 28-30% вище ніж показники відомих способів. Для способу, що пропонується, характерні висока ефективність процесу, досягнення повноти знесірчення рідких вуглеводнів; простота технологічного оформлення процесу; відсутність складної апаратури, ряду трудомістких технологічних операцій при його здійсненні; відсутність необхідності у використанні дорогого і дефіцитного водню; доступність і дешевизна природних адсорбентів-каталізаторів, що використовуються у процесі знесірчення; низька температура процесу (до 80°C) без додаткових джерел нагрівання сировини, що обробляється; невеликий тиск 0,5-2атм (до 4атм). За рахунок двохступеневої кавітаційної обробки вихід дистиляційних фракцій збільшується на 27-35%. Енергоємність процесу не більше 0,2кВт/год на 1 один літр сировини, що переробляється.

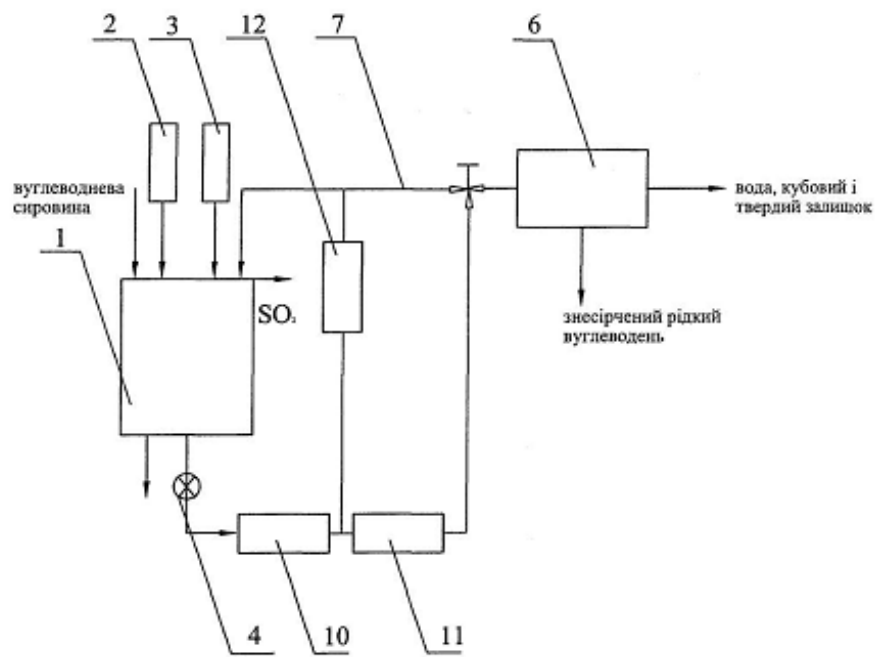
Таким чином, винахід, що заявляється, являє собою спосіб очищення рідких вуглеводнів від сіркоорганічних сполук, що за рахунок простоти та ефективності його реалізації дозволяє збільшити вихід дистиляційних фракцій вуглеводневої сировини, здійснювати спосіб з оптимальною кількістю стадій кавітаційної обробки, дозволяє використовувати вихідну сировину будь-якого ступеня чистоти і доступні додаткові компоненти, а також дозволяє підвищити ступінь очищення кінцевих продуктів, забезпечити їх високу якість і забезпечити зниження енергоємності процесу і підвищення економічної ефективності впровадження способу. Крім того, ще одним об'єктом винаходу є пристрій для очищення рідких вуглеводнів, переважно нафти, нафтопродуктів і палив від сіркоорганічних сполук, що завдяки простоті й надійності конструктивного виконання дозволяє ефективно здійснювати процес очищення рідких вуглеводнів, дозволяє забезпечити зниження енергоємності процесу і підвищення економічної ефективності процесу очищення.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3