



УКРАЇНА

(19) UA (11) 77524 (13) C2
(51) МПК
B04C 5/12 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВІДДІЛЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ З ВОДОНАФТОВИХ СУМІШЕЙ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

1

(21) 20041109617
(22) 23.11.2004
(24) 15.12.2006
(46) 15.12.2006, Бюл. №12, 2006р.
(72) Кулалаєва Наталля Валеріївна
(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕ-
БУДУВАННЯ ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
(56) UA 64336, 15.02.2004
UA 50326, 15.10.2002
SU 1502048, 23.08.1989
SU 1674896, 07.09.1991
SU 999203, 23.11.1985
US 5302290, 12.04.1994
US 4057224, 08.11.1977
US 4125462, 14.11.1978
(57) 1. Спосіб відділення нафтопродуктів з водо-
нафтових сумішей, що включає створення обер-
тального руху суміші, забезпечення умов для коа-
лесценції нафтопродукту за рахунок контакту на
твердій поверхні, відвід розділених фракцій, який
відрізняється тим, що збільшують кількість іонів у
дисперсному шарі між поверхнями контакту насад-

2

ки та нафтових частинок через підвищення конче-
нтрації електроліту.

2. Пристрій для відділення нафтопродуктів з водо-
нафтових сумішей, що має вертикальний корпус,
патрубок підведення водонафтової суміші, розта-
шований у нижній частині корпусу, патрубок відво-
ду нафтопродуктів, оснащений конічним захоплю-
вальним пристроєм, перегородку, встановлену під
патрубком підведення водонафтової суміші з по-
рожнистою насадкою, що відокремлює порожнину
мехдомішок від основної порожнини, у якій зовні-
шню поверхню насадки виконано конічною з кру-
ченими сходами, а нижню сходинок кручених схо-
дів розміщено напроти патрубка підведення
водонафтової суміші, який **відрізняється** тим, що
порожнисту насадку модифіковано катіонним полі-
електролітом.

3. Пристрій за п.2, який **відрізняється** тим, що як
катіонний поліелектроліт використано, наприклад,
ВПК-402 – полідіалілдиметиламоній хлорид (ПО-
ЛІДАДМАХ), катіонний флокулянт, що є представ-
ником четвертинних амонієвих солей з елементар-
ною ланкою $C_8H_{16}N^+Cl^-$.

Винахід належить до техніки розділення сумі-
шей і може використовуватися в галузях техніки,
де необхідно розділяти нафтопродукти і воду.

Відомо про спосіб відділення нафтопродуктів з
водонафтових сумішей (ВНС), реалізований у
пристрої для розділення ВНС, що являє собою
циліндричний гідроциклон, який створює оберта-
льний рух суміші, в котрий продукт розділення
надходить через тангенціальний патрубок, розта-
шований у його нижній частині. У верхній частині
гідроциклон має два патрубки. Через внутрішній
відбувається розвантаження легкого компонента,
тобто відвід відділеної фракції. За допомогою зов-
нішнього розвантажувача важкий компонент [Ро-
ев Г.А., Юсін В.А. "Очистка сточных вод и втори-
чное использование нефтепродуктов. М.: Недра.
1987г. -с.100]. У цьому ж джерелі наведені й інші
розділові конструкції, засновані на способі розді-
лення ВНС за допомогою створення обертального

руху суміші. Є також теоретичне обґрунтування
процесу, що відбувається. Але при цьому врахо-
вується тільки гідродинамічний механізм коа-
лесценції нафтопродуктів, а така їх властивість як
здатність до вторинного емульгування під час коа-
лесценції рідких фаз не приймається до уваги.
Тому ефективність розділення нафтопродуктів за
таких умов невелика.

Відомо також про спосіб розділення ВНС, ре-
алізований у пристрої для відділення нафтопродук-
тів з ВНС, що являє собою циліндричний гідроци-
клон, у робочій порожнині якого встановлено
тверду порожнисту олеофільну насадку [див. па-
тент №50326 А України, опубл. 15.10.2002, бюл.
№10]. Завдяки наявності такої насадки нафтові
частинки (НЧ) спочатку коалесцюють на твердій
олеофільній поверхні, утворюючи на ній шар наф-
топродукту. Після чого коалесценція НЧ відбува-
ється з цим шаром. У цьому способі не враховано

(13) C2

(11) 77524

(19) UA

важливу особливість, яка супроводжує коалесценцію рідинної фази при її реалізації, а саме ступінчастість. Остання приводить до збільшення кількості дрібнодисперсних крапель фази за рахунок дії на НЧ, що коалесціюють, з шаром нафтопродукту, котрий утворився на твердій олеофільній поверхні насадки, ударної хвилі, яка виникає при розриві плівки рідини середовища, що негативно впливає на якість розділення ВНС. Однак, незважаючи на зазначені недоліки, описаний спосіб прийнятий як прототип тому, що ні в якому іншому відомому способі, крім силового розділення, не створюється обертальний рух суміші, відвід розділених фракцій, а також коалесценція НЧ на твердій поверхні за рахунок контакту. Таким чином, спосіб відділення нафтопродуктів з ВНС, що включає створення обертального руху суміші, забезпечення умов для коалесценції за рахунок контакту на твердій поверхні, відвід розділених фракцій прийнятий як прототип.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу для відділення нафтопродуктів з ВНС, у якому завдяки створенню умов для інтенсифікації процесу коалесценції під час обробки ВНС у гідроциклоні забезпечується підвищення ефективності розділення компонентів суміші і за рахунок цього поліпшується якість очищення води від нафтопродуктів.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі відділення нафтопродуктів, який включає створення обертального руху суміші, забезпечення умов для коалесценції НЧ за рахунок контакту на твердій поверхні, відвід розділених фракцій, згідно з винаходом контактуючу поверхню модифікують поліелектролітс.

Відомо, що коалесценція фазової складової, котрою у ВНС є емульговані нафтопродукти, на поверхні контакту визначається явищами адгезії та змочування. Час коалесценції НЧ визначається в основному часом знищення плівки дисперсійного середовища (води) між НЧ і поверхнею розділу (контакту), причому гідродинамічний механізм коалесценції нафтопродуктів у більшості випадків є лише супутнім, а іноді й малозначущим. Основну роль тут відіграє контактний механізм, [див. Последние достижения в области жидкостной экстракции. Под ред. К.Хансена. Пер. с англ. М.:Химия, 1974, 448с.]. Процес коалесценції НЧ до поверхні контакту істотно залежить від рівня гідратації НЧ (стійкості її гідратної оболонки), енергетичного потенціалу залишкового гідратного шару на площі контакту. Чим менше гідратована НЧ, тим легше розривається її гідратна оболонка при наближенні НЧ до поверхні контакту, оскільки такий стан відповідає мінімуму енергії системи. Гідратації НЧ суттєво сприяє наявність у ВНС іонних поверхнево-активних речовин (ПАР). Тому, на підставі термодинамічного і кінетичного аналізів процесів, які відбуваються при цьому, можна зробити наступний висновок: чим менше ступінь гідратації поверхні НЧ, тим імовірніше її прилипання при зіткненні з поверхнею і тим менш потрібна сила зіткнення і час контакту. Визначальний вплив тут має величина подвійного електричного шару (ПЕШ) на межі розділу фаз. ПЕШ обумовлює виникнення енерге-

тичного бар'єру, що перешкоджає зближенню НЧ на відстань, де діють інтенсивні сили молекулярного притягання. Зниження величини ПЕШ у водоемульсійному середовищі можливе через збільшення кількості наявних іонів у дисперсійному шарі між поверхнями контакту. При цьому, зменшуються величина енергетичного бар'єру і, відповідно, час коалесценції. Стабільність розчинених водяних емульсій пов'язана з електричними властивостями поверхонь контактуючих елементів (частинок). Частинок, що мають на поверхні електричні заряди одного знака, відштовхуються і тому їхнього злипання не відбувається. Зазначене здійснюється тому, що при наближенні контактуючих поверхонь на дуже близьку відстань однієї від одної їхні дифузійні шари перекриваються і взаємодіють. Ця взаємодія відбувається в іонному шару дисперсійного середовища, що розділяє поверхні контакту. Тобто, стійкість емульсії визначається головним чином властивостями цих тонких рідких шарів. Після відповідного наближення контактуючих елементів друг до друга з утворенням тонкого дисперсійного шару і досягнення ним критичної товщини, що далі не зменшується, стоншення його закінчується. Тоді або відбувається контакт поверхонь елементів і, відповідно, їхнє злиття, або контакту і злиття не відбувається. Останнє визначається зміною внутрішнього тиску в дисперсійному шарі. З'являється додатковий «розклинюючий» тиск, обумовлений в основному електричною взаємодією в дисперсійному шарі двох поверхонь можливого контакту. При малій товщині дисперсійного шару дифузійні електричні шари частково перекриваються й іони в них знаходяться під одночасною дією обох поверхонь можливого контакту. У результаті цього відбувається перерозподіл іонів, дифузійні шари деформуються і з'являється протидія - виникають сили відштовхування між двома поверхнями можливого контакту. Ці електричні сили виявляються в «електростатичному розклинюючому тиску» $P_{ел}$. Величину $P_{ел}$ для області низьких потенціалів можна визначити із залежності (див. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. Учебник для вузов - 2-е изд., переработ, и доп. - М.: Химия, 1988. 466с. на с.378):

$$P_{ел} = 2\varepsilon_0 \varepsilon x^2 \phi_6^2 e^{-xh} \quad (1)$$

де: ε_0 - електрична постійна, дорівнює

$8,854 \cdot 10^{-12}$, Ф/м; ε - відносна діелектрична, Ф/м;

h - товщина дисперсійного шару, м; ϕ_6 - потенціал дифузної частини ПЕШ, мВ; x - величина, зворотна товщині дифузної частини ПЕШ, m^{-1} , характеризує властивості дисперсійного середовища і

визначається залежності: $X = 3,06z \sqrt{\frac{C_0}{\varepsilon}}$; z - за-

ряд іона, Кл; C_0 - середня концентрація іонів у дисперсійному шарі, моль/мл. З залежності (1) випливає, що $P_{ел}$ швидко (експоненційно) зростає зі зменшенням h , тобто зі стоншенням диспе-

рсійного шару. У той же час електростатичний "розклинючий" тиск ($P_{ел}$) зникає, якщо концентрація іонів в цьому шарі становить $C_0 = 0$, тобто при $C_0 = 0$, $X = 0$ та $P_{ел} = 0$. Але досягти завдяки цьому істотного ефекту можливо тільки у неполярних органічних розчинниках, де електролітична дисоціація відсутня. У випадку, коли дисперсійним середовищем є полярна рідина (вода) $P_{ел}$ існує завжди і суттєво зменшити його можна тільки через збільшення кількості іонів у дисперсійному шарі між поверхнями контакту, тобто підвищення концентрації електроліту в розчині. C_0 входить до формули (1) через X два рази: у вигляді множника, а також показника ступеню. Насправді, при зростанні C_0 товщина дифузних електричних шарів та сили, що спричиняють її деформацію, зменшуються, [див. Иванов И.Б., Платианов Д.Н. Коллоиды. Наука и искусство. София, 1970г. - 152с. на с.73].

Розглянута вище ознака, така як збільшення кількості іонів у дисперсійному шарі між поверхнями контакту через підвищення концентрації електроліту в розчині, є новою і у відомій літературі не зустрічалась.

Зазначена нова ознака є істотною, тому що дозволяє підвищити ефективність розділення на 15...20%.

Цей процес може бути реалізованим, наприклад, за допомогою катіонного поліелектроліту, такого як ВПК-402 - полідіалілдиметиламоній хлориду (ПОЛІДАДМАХ), катіонний флокулянт, що є представником четвертинних амонієвих солей на основі полістиролу з елементарною ланкою $C_8H_{16}N^+Cl^-$. Відомо, що коагулюючою дією в електроліті володіють не всі його іони, а тільки ті, котрі несуть заряд, протилежний за знаком колоїдної частинки. Таким чином, для емульсій, які містять негативно заряджені частинки дисперсної фази, іонами, що сприяють коагуляції, є багатозарядні катіони, тому і було обрано катіонний поліелектроліт. Крім того, у органічних іонів коагулююча дія відбувається своєрідно. Позитивно заряджені органічні іони діють значно сильніше, ніж відповідні їм за валентністю іони неорганічних електролітів. Це пояснюється високою адсорбційною здібністю громіздких органічних іонів, що мають велику поляризованість. Механізм коагуляції водонафтової емульсії у присутності поліелектроліту ВПК-402 полягає в наступному: громіздкі органічні іони, що частково поляризовані, адсорбуються на колоїдних частинках ВНС, тим самим витискуючи їхню гідратну оболонку і компенсуючи одночасно негативний заряд частинки. Адсорбційний шар насичується позитивними іонами, що спричиняє стиснення дифузійного шару, а це в свою чергу тягне за собою стиснення ПЕШ. Таким чином, для якісного розділення ВНС організується дія електроліту на НЧ, які укрупнюються на поверхні контакту [див. Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Применение. - Л.: Химия, 1987.-208с.].

Відомо про пристрій для відділення нафтопродуктів із ВНС [ж.Судостроительная промышленность. Серия "Промышленная энергетика, охрана окружающей среды и энергоснабжение судов". - 1990, вып.11, с.41-47, "Очистка нефтесодержащих вод компактными сепарационными модулями на базе низкоскоростного циклона". Лебедь Н.Г., Михайлюк В.А., Поздеев В.В.], що містить вертикальний корпус, патрубок підведення ВНС, розташований у нижній частині корпусу, патрубок відводу нафтопродуктів, оснащений конічним захоплюючим пристроєм, а також патрубки відводу очищеної води і шламу. Робота пристрою здійснюється в такий спосіб. ВНС через патрубок входу суміші, що очищається, надходить усередину корпусу. Внаслідок того, що цей патрубок тангенціальне розташований у порожнині суміші, яка очищається, ВНС закручується. Під дією відцентрових сил відбувається перерозподіл складових компонентів потоку. Компоненти, що мають меншу масову щільність, збираються в центральній частині корпусу, а інші спрямовуються на периферію. Зібрані у центральній частині в джгут компоненти за допомогою відповідного патрубка з захоплюючим пристроєм, виводяться з робочої камери гідроциклону, а вода йде на подальше очищення. Даний пристрій забезпечує знижене скручування у джгут дрібнодисперсних нафтових частинок тому, що навіть при їхньому зіткненні, виникнення крапель, здатних гравітаційне осісти (спливити) з потоку, проблематично внаслідок явища пружного розсіювання. Крім того, нафтові частинки з підвищеною масовою щільністю (мазут і ін.), накопичуючись на периферії, практично не можуть бути відведені за допомогою захоплюючого пристрою. Останнє впливає на ефективність розділення в цілому.

Найбільш близьким технічним рішенням до пристрою для відділення нафтопродуктів із ВНС, що заявляється, є пристрій для відділення нафтопродуктів з ВНС за [патентом України №50326 А, опубл. 15.10.2002, бюл. №10]. Він містить вертикальний корпус, патрубок підведення ВНС, розташований у нижній частині корпусу, патрубок відводу нафтопродуктів, оснащений конічним захоплюючим пристроєм, патрубок підведення ВНС в корпусі, під яким встановлено перегородку з твердою порожнистою олеофільною коалесцюючою насадкою, що відокремлює порожнину мехдомішок від основної порожнини, при цьому перегородку виконано з центральним і периферійними отворами, а насадку розміщено на перегородці, співвісно корпусу і з зазором щодо нього. Крім того, зовнішню поверхню коалесцюючої насадки виконано конічною з гвинтовими східцями, при цьому нижню сходинку кручених сходів розміщено напроти патрубка підведення ВНС. У даному пристрої не враховуються суттєві особливості, притаманні процесу розділення рідин у відцентрових розподільвачах. По-перше, це відсутність у нього спроможності до зменшення рівня гідратації відокремлюваної фази і, відповідно, зниження величини ПЕШ, який вагомо впливає на збільшення часу, потрібного на коалесценцію. По-друге, явище, яке супроводжує коалесценцію рідин, при реалізації останньої, а саме -ступінчастість, що приводить до

зміни дисперсного складу ВНС, яка розділяється у пристрої, відбувається убик збільшення кількості дрібнодисперсних НЧ. У момент розриву тонкої плівки рідини, що розділяє НЧ і поверхню іншої рідини (плівки нафтопродукту, яка утворилася на олеофільній коалесцюючій вставці), виникає ударна хвиля, котра поширюється в напрямку до коалесцюючої поверхні НЧ. Остання, втікаючи в розрив, що утворюється при цьому, деформується і під впливом виниклих хвиль від неї відокремлюється вторинна крапля менших розмірів. Вона у свою чергу коалесцює з утворенням третинної краплі, і т.д. Спостерігається до восьми таких стадій коалесценції, за якими генеруються все більш дрібні краплі [див. Огнева Л.Г., Платиканов Д.Н., Шальт С.Я. Исследование коалесценции и устойчивости капель воды на границе раздела углеводород-вода прямым наблюдением углеводородной пленки. Коллоидный журнал АН СССР, 1984, №3]. Наявність таких крапель негативно впливає на якість процесу сепарації взагалі у бік істотного зниження очисної здатності пристрою, оскільки їх вилучення з потоку ВНС за рахунок умов, що створюються пристроєм, практично неможливо. Однак, незважаючи на зазначені недоліки, описаний пристрій прийнято як прототип через те, що ні в якому іншому відомому пристрої не використовується порожниста насадка, у якій зовнішню поверхню виконано конічною з крученими сходами, при цьому нижню сходинок кручених сходів розміщено напроти патрубка підведення ВНС.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення пристрою для відділення нафтопродуктів з ВНС, у якому удосконалення конструкції вузла підведення суміші забезпечує більш ефективне відділення нафтопродуктів із суміші і за рахунок цього підвищується якість очищеної води.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для реалізації способу відділення нафтопродуктів з ВНС, який містить вертикальний корпус, патрубок підведення ВНС, розташований у нижній частині корпусу, патрубок відводу нафтопродуктів, оснащений конічним захоплюючим пристроєм, перегородку, встановлену під патрубком підведення ВНС з порожнистою насадкою, що, відокремлює порожнину мехдомішок від основної порожнини, у якій зовнішню поверхню насадки виконано конічною з крученими сходами, а нижню сходинок кручених сходів розміщено напроти патрубка підведення ВНС, згідно з винаходом поверхню порожнистої насадки постачено поліелектролітом.

За рахунок постачання поліелектроліту поверхні надаються властивості, які сприяють зменшенню рівня гідратації відокремлюваної фази і, відповідно, зниження величини ПЕШ у дисперсійному шарі води, прилеглому до цієї поверхні, а також впливу явища східчастості на процес коалесценції НЧ, тобто надають поверхні коагулюючих властивостей. Таке удосконалення конструкції пристрою прототипу дозволяє за рахунок організації оптимальних умов коалесценції НЧ досягти підвищення рівня відділення нафтопродуктів з ВНС. Виходячи з наведеного можна зробити висновок, що розміщення в центральній частині пристрою, що заявляється, який вміщує вертикальний корпус,

патрубок підведення ВНС, розташований в нижній частині корпусу, патрубок відводу нафтопродуктів, оснащений конічним захоплюючим пристроєм, твердої поверхні, модифікованої катіонними електролітами, сприяє організації оптимальних умов для виділення дрібнодисперсних фракцій нафтопродуктів з потоку і запобіганню їх генеруванню.

Розглянуті вище ознаки, такі як установка в корпусі гідроциклону під, патрубком підведення ВНС направної насадки, поверхня якої модифікована катіонними електролітами, у відомій літературі не зустрічалися.

Зазначені ознаки є істотними, тому що в сукупності дозволяють, підвищити ефективність розділу ВНС в порівнянні з прототипом на 15...20%.

На Фіг. представлено схему пристрою для реалізації способу відділення нафтопродуктів з ВНС, що заявляється, який містить вертикальний корпус 1, патрубок 2 підведення ВНС, патрубок відводу нафтопродуктів 3, оснащений конічним захоплюючим пристроєм 4, перегородку 5 з центральним 6 і периферійними отворами 7, що відокремлює порожнину мехдомішок 8 від основної робочої порожнини 9, на якій розміщено коалесцюючу насадку 10, осьовий отвір 11 якої збігається з осьовим отвором 6 перегородки 5 і утворює зазор з корпусом 1. У верхній частині корпусу розміщено патрубок відводу очищеної води 12, патрубок відводу нафтопродуктів 13, а в нижній частині корпусу 1 - патрубок відводу мехдомішок 14.

Конструктивно модифікована поверхня може бути реалізована на порожнистій насадці з високомолекулярного органічного матеріалу, наприклад, КУ-2-8 (полімеризаційний катіоніт, основа матриці - полістирол;

зашивний агент - дивінілбензол 8%; функціональна група $-SO_3H$, який утворюється сульфуванням сополімеру стиrolу та дивінілбензолу), модифікованого катіонним поліелектролітом типу ВПК-402.

Технічне виконання насадки з модифікованою за винаходом поверхнею доступно практично будь-якому підприємству.

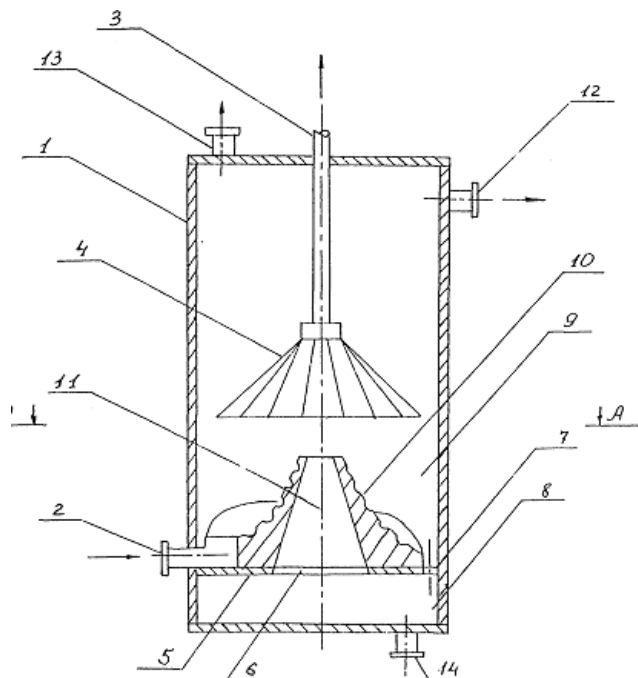
Запропонований пристрій для відділення нафтопродуктів з ВНС у якому реалізується спосіб, що заявляється, працює так.

Суміш води і нафтопродуктів за допомогою патрубка 2 надходить у циліндричний корпус 1 у нижній частині, далі - на нижню сходинок кручених сходів насадки 10. При русі суміші по гвинтовій поверхні цієї насадки 10 відбувається закручування потоку. Під дією відцентрових сил відбувається перерозподіл складових компонентів потоку. Компоненти, що мають меншу масову щільність (в основному легкі сорти нафтопродуктів), збираються в центральній частині корпусу, а інші (вода, важкі сорти нафтопродуктів, наприклад, мазути і т. ін.) - спрямовуються на периферію. Зібрані в центральній частині нафтові крапельки частково коалесцюють між собою, утворюють нафтовий джгут, а частково (дрібнодисперсні фракції) взаємодіють з насадкою 10, укріплюються на ній і теж потрапляють в об'єм джгута, що під дією сил гравітації спливає в нафтовідводний патрубок 3. На конічній частині порожнистої насадки 10, що спри-

яє орієнтуванню напрямку руху потоку і являє розвинену поверхню насадки, модифіковану катіонним поліелектролітом, наприклад, ВПК-402, що активізує укрупнення НЧ на поверхні контакту за рахунок стиснення ПЕШ, виникаючого між НЧ та поверхнею насадки, шляхом збільшення кількості іонів в їхньому, дисперсійному шарі, оскільки при цьому зменшується відштовхувальний "розклинюючий" тиск, збільшується швидкість контакту, а це сприяє укрупненню до 15... 20% нафтопродуктів. Ті краплі нафтопродуктів, що знаходяться поза нафтовим джгутом, який утворився в центральній частині корпуса 1, уловлюються захоплюючим пристроєм 4. Нафтові частинки важких фракцій зі щільністю більш $1,0...1,1 \text{ кг/м}^3$ групуються на периферії, осаджуються через отвори 7 перегородки 5 у порожнину мехдомішок 8, що відокремлює порожнину мехдомішок 8 від основної робочої порож-

нини і на якій розміщено коалесціюючу насадку 10, накопичуються в ній і за рахунок спрямованого струму суміші через насадку 10, через її осьовий отвір 11 і центральний отвір 6 перегородки 7, потрапляють в основну робочу порожнину 9 пристрою, відкіля за допомогою патрубку 12 спрямовуються на подальшу обробку: мехдомішки через патрубок 14, а нафтопродукти через патрубок 13 - за межі пристрою.

Переваги пропонованого пристрою у порівнянні з прототипом полягають у забезпеченні можливості видалення дрібнодисперсних частинок і важких фракцій нафтопродуктів за допомогою встановлення насадки зазначеного типу з модифікованою поверхнею, за рахунок поліпшення організації відділення нафтопродукту. Це дає можливість поліпшити очисну здатність існуючих сепараторів ВНС на 15...20%.



Фиг.