



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94258 (13) C2  
(51) МПК  
E21B 43/267 (2011.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) ПРИСТРІЙ ТА СПОСІБ ГІДРОРОЗРИВУ ПЛАСТА ЧЕРЕЗ СВЕРДЛОВИНУ

1

(21) а200811766  
(22) 02.03.2007  
(24) 26.04.2011  
(86) РСТ/CA2007/000342, 02.03.2007  
(31) 2,538,936  
(32) 03.03.2006  
(33) CA  
(46) 26.04.2011, Бюл.№ 8, 2011 р.  
(72) ЛОРРЕ ДУАЙТ Н., СА, МЕШЕР ШОН Т., СА  
(73) ГАС-ФРАК ЕНЕРДЖІ СЕРВІСИЗ ІНК., СА  
(56) UA 45543 A, E21B43/26, 15.04.2002  
SU 1838595 A3, E21B43/26, 30.08.1993  
CA 2509780 A1, E21B43/267, 29.10.2006  
EP 0695852 A2, E21B43/267, 07.02.1996  
US 4126181 A, B01F3/04, 21.11.1978  
US 5069283 A, C09K8/70, 03.12.1991  
(57) 1. Пристрій для гідророзриву пласта через свердловину, де зазначений пристрій містить нагнітальний насос для гідророзриву, з'єднаний зі свердловиною, джерело флюїду для гідророзриву, з'єднане таким чином, щоб постачати потік флюїду для гідророзриву, який містить пропан, бутан або суміш пропану і бутану, у нагнітальний насос для гідророзриву, джерело інертного газу, з'єднане таким чином, щоб постачати інертний газ у джерело флюїду для гідророзриву і в нагнітальний насос для гідророзриву, і контролер, з'єднаний таким чином, щоб керувати роботою джерела флюїду для гідророзриву, нагнітального насоса для гідророзриву та джерела інертного газу.  
2. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що має джерело розклинювального наповнювача, з'єднане таким чином, щоб постачати розклинювальний наповнювач у потік флюїду для гідророзриву із джерела флюїду для гідророзриву, де керування джерелом розклинювального наповнювача здійснюється контролером.  
3. Пристрій за п. 2, який **відрізняється** тим, що має джерело гелеутворюючої речовини, з'єднане таким чином, щоб постачати гелеутворюючу речовину у потік флюїду для гідророзриву із джерела флюїду для гідророзриву, де керування джерелом гелеутворюючої речовини здійснюється контролером.  
4. Пристрій за п. 2 або 3, який **відрізняється** тим, що джерело розклинювального наповнювача містить посудину надлишкового тиску.

2

5. Пристрій за п. 2 або 3, який **відрізняється** тим, що джерело розклинювального наповнювача містить відцентровий насос.  
6. Пристрій за будь-яким із пп. 2-5, який **відрізняється** тим, що джерело інертного газу з'єднане таким чином, щоб постачати інертний газ у джерело розклинювального наповнювача.  
7. Пристрій за будь-яким із пп. 2-6, який **відрізняється** тим, що містить шнековий транспортер для регульованого введення розклинювального наповнювача у потік флюїду для гідророзриву.  
8. Пристрій за будь-яким із пп. 1-7, який **відрізняється** тим, що джерело флюїду для гідророзриву має ізольований бак.  
9. Пристрій за п. 2, який **відрізняється** тим, що джерело розклинювального наповнювача має відцентровий насос, з'єднаний таким чином, щоб забезпечувати потік флюїду для гідророзриву із джерела флюїду для гідророзриву у насос високого тиску, де зазначений відцентровий насос має вхідний отвір, з'єднаний з регульованим постачанням розклинювального наповнювача.  
10. Пристрій за п. 9, який **відрізняється** тим, що відцентровий насос об'єднаний з одним чи більше регульовальними клапанами, розміщеними таким чином, щоб регулювати потік матеріалу через зазначений вхідний отвір до відцентрового насоса із регульованого постачання розклинювального наповнювача.  
11. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що джерело інертного газу з'єднане таким чином, щоб постачати інертний газ усім компонентам системи, які в процесі роботи контактують із зрідженим нафтовим газом.  
12. Пристрій за п. 2, який **відрізняється** тим, що джерело рідкого вуглеводню з'єднане з джерелом розклинювального наповнювача.  
13. Пристрій за п. 12, який **відрізняється** тим, що рідкий вуглеводень містить інші вуглеводні, ніж нафтовий газ.  
14. Пристрій за п. 2, який **відрізняється** тим, що джерело постачання розклинювального наповнювача містить насос для нагнітання рідкого вуглеводню, змішаного з розклинювальним наповнювачем, до потоку флюїду для гідророзриву.  
15. Пристрій за п. 2, який **відрізняється** тим, що джерело флюїду для гідророзриву з'єднане таким чином, щоб постачати флюїд для гідророзриву до

(13) C2

(11) 94258

(19) UA

джерела постачання розклинювального наповнювача.

16. Пристрій за п. 2, який **відрізняється** тим, що джерело постачання розклинювального наповнювача містить ряд з'єднаних відцентрових насосів.

17. Пристрій за п. 2, який **відрізняється** тим, що джерело постачання розклинювального наповнювача з'єднане з потоком флюїду для гідророзриву перед нагнітальним насосом для гідророзриву.

18. Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що має випускний отвір, з'єднаний таким чином, щоб постачати потік флюїду для гідророзриву до опалювальної труби, та в якому постачання потоку флюїду для гідророзриву до опалювальної труби крізь випускний отвір контролюється контролером.

19. Пристрій за будь-яким із пп. 1-18, який **відрізняється** тим, що інертний газ містить азот.

20. Спосіб гідророзриву пласта через свердловину, де зазначений спосіб включає стадії очистки компонентів зазначеного пристрою інертним газом і перевірки під тиском всіх компонентів пристрою, в котрі постачається флюїд для гідророзриву, перед початком гідророзриву, стадію постачання потоку флюїду для гідророзриву, який містить пропан, бутан або суміш пропану і бутану, із джерела флюїду для гідророзриву у свердловину, стадію стиснення флюїду для гідророзриву у свердловині для створення тріщин у пласті, стадію очистки компонентів пристрою інертним газом і стадію скидання тиску у свердловині для того, щоб надати флюїду для гідророзриву можливість випаритися і повернутися на поверхню.

21. Спосіб за п. 20, який **відрізняється** тим, що компоненти пристрою для гідророзриву включають у себе джерело розклинювального наповнювача, а також передбачає постачання розклинювального наповнювача із джерела розклинювального наповнювача у потік флюїду для гідророзриву із джерела флюїду для гідророзриву, додавання гелеутворюючої речовини у потік флюїду для гідророзриву і закачування потоку флюїду для гідророзриву, що містить розклинювальний наповнювач, у свердловину нагнітальним насосом гідророзриву.

22. Спосіб за п. 20 або 21, який **відрізняється** тим, що передбачає постачання регульованої кількості інертного газу у джерело флюїду для гідророзриву.

23. Спосіб за п. 21, який **відрізняється** тим, що джерело розклинювального наповнювача містить нагнітальну посудину.

24. Спосіб за п. 23, який **відрізняється** тим, що розклинювальний наповнювач регульовано постачається у потік флюїду для гідророзриву із джерела флюїду для гідророзриву шнековим транспортером у взаємодії із клапаном.

25. Спосіб за будь-яким із пп. 21, 23 або 24, який **відрізняється** тим, що джерело розклинювального наповнювача містить відцентровий насос.

26. Спосіб за будь-яким із пп. 20-25, який **відрізняється** тим, що джерело флюїду для гідророзриву містить ізольований бак.

27. Спосіб за будь-яким із пп. 20-25, який **відрізняється** тим, що флюїд для гідророзриву містить азот.

28. Спосіб за п. 27, який **відрізняється** тим, що призначений для гідророзриву вугленосного пласта, що містить газ.

29. Спосіб за п. 27, який **відрізняється** тим, що призначений для гідророзриву сланцевого пласта, що містить газ.

30. Спосіб за будь-яким із пп. 20-26, який **відрізняється** тим, що призначений для гідророзриву вугленосного пласта, що містить газ.

31. Спосіб за будь-яким із пп. 20-26, який **відрізняється** тим, що призначений для гідророзриву сланцевого пласта, що містить газ.

32. Спосіб за будь-яким із пп. 20-31, який **відрізняється** тим, що флюїд для гідророзриву містить пропан, бутан або суміш пропану і бутану в кількості, що становить принаймні 80 % (об.) флюїду для гідророзриву.

33. Спосіб за будь-яким із пп. 20-31, який **відрізняється** тим, що флюїд для гідророзриву містить пропан, бутан або суміш пропану і бутану в кількості, що становить принаймні 90 % (об.) флюїду для гідророзриву.

34. Спосіб за будь-яким із пп. 20-31, який **відрізняється** тим, що флюїд для гідророзриву містить пропан, бутан або суміш пропану і бутану в кількості, що становить принаймні 95 % (об.) флюїду для гідророзриву.

35. Спосіб за п. 21, який **відрізняється** тим, що гелеутворююча речовина має вуглеводневі ланцюги, довжина яких є пропорційною довжині ланцюгів флюїду для гідророзриву.

36. Спосіб за п. 20, який **відрізняється** тим, що флюїди для гідророзриву, які повернулися на поверхню, постачаються до комерційного газопроводу.

Гідророзрив свердловин продуктивних геологічних формацій, нових свердловин або низькопродуктивних свердловин, які були виведені із експлуатації, зазвичай застосовують з метою підвищення їхньої продуктивності. Для цього розклинювальний наповнювач і флюїд для гідророзриву змішують у мішалці і закачують у свердловину, пробурену в нафтоносному або газонасиченому пласті. У свердловину подають високий тиск,

пласт під ним розтріскується, і розклинювальний наповнювач разом з флюїдом для гідророзриву затікає у тріщини. Після зняття тиску розклинювальний наповнювач у тріщинах утримує їх у розкритому стані, і експлуатація пласта відновлюється. Для застосування в ролі флюїду для гідророзриву пропонувалися найрізноманітніші матеріали, включаючи суміші вуглеводнів, азоту і двоокису вуглецю.

При виборі флюїду для гідророзриву виходять із таких міркувань. Передусім, флюїд для гідророзриву повинен мати в'язкість, достатню для транспортування ним розклинювального наповнювача в тріщини. Крім того, пошкодження ним формації повинно бути мінімальним і він повинен бути безпечним у користуванні. Бажано, щоб флюїд для гідророзриву не залишався у пласті після розклинювання, оскільки він може блокувати пори і знижувати продуктивність свердловини. У зв'язку з цим, флюїдом для гідророзриву часто служив двоокис вуглецю, оскільки, коли тиск розриву знижується, двоокис вуглецю приймає газоподібний стан і легко видаляється зі свердловини.

Пропонувалося також у флюїдах для гідророзриву використовувати нижчі алкани і, зокрема, пропан. Так, у патенті США №3,368,627 описаний спосіб гідророзриву, в якому використовується комбінований флюїд із суміші зрідженого C2-C6 вуглеводню і двоокису вуглецю. Пропан і бутан, будучи нижчими алканами, за своєю природою є нешкідливими для пластів. Проте в цьому патенті не описано те, як досягти небезпечного закачування пропану або бутану, а також те, як закачувати розклинювальний наповнювач у пропановий або бутановий флюїд для гідророзриву. Пропановий флюїд для гідророзриву описаний також у патенті США №5,899,272, але зазначений при цьому пристрій для закачування не надійшов у серійне виробництво. Таким чином, пропан і бутан завдяки їхній леткості, малій масі і легкому відновленню є матеріалами, підходящими для застосування у флюїдах для гідророзриву, але з іншого боку ті ж самі властивості роблять пропан і бутан небезпечними в такому застосуванні.

В одному з варіантів здійснення винаходу для гідророзриву геологічного пласта, в якому пробурена свердловина, пропонується пристрій для гідророзриву зрідженим нафтовим газом ЗНГ. Запропонований пристрій має нагнітальний насос для гідророзриву, що підключається до свердловини. З іншого боку цей насос з'єднаний з джерелом флюїду для гідророзриву, що містить пропан і/або бутан. В одному з варіантів здійснення винаходу передбачено джерело розклинювального наповнювача, з'єднане таким чином, щоб постачати розклинювальний наповнювач у потік флюїду для гідророзриву із вищезазначеного джерела цього флюїду. У деяких варіантах здійснення винаходу джерелом розклинювального наповнювача є посудина позитивного тиску, а в інших варіантах воно включає у себе відцентровий насос. Запропонований пристрій має також джерело інертного газу, підключене таким чином, щоб постачати інертний газ у посудину позитивного тиску та інші компоненти пристрою. Роботою компонентів пристрою, тобто джерелом флюїду для гідророзриву, джерелом розклинювального наповнювача, джерелом інертного газу і нагнітальним насосом для гідророзриву, керує контролер таким чином, щоб постачати потік флюїду для гідророзриву у свердловину. Пропан і бутан, з одного боку, мають переваги як зріджувані гази для гідророзриву, а з іншого - забезпечують більш високу, ніж двоокис вуглецю, в'язкість для постачання розклинюваль-

ного наповнювача глибоко у пласт. Остання із цих властивостей пропану і бутану забезпечує ефективне поширення тріщин у пласті. По завершенні процесу гідророзриву пропан і бутан випаровуються і змішуються з газом пласта. У подальшому пропан і бутан можуть видобуватися з газом пласта. Флюїд для гідророзриву може містити також пентан і невеликі кількості інших вуглеводнів.

Іншим варіантом здійснення даного винаходу є процес гідророзриву свердловини, в якому флюїдом для гідророзриву служить ЗНГ-суміш. Для безпечного застосування ЗНГ-флюїду для гідророзриву використовують газовий покрив і контрольний флюїд для випробувань під тиском із інертного газу, азоту. При додаванні азоту у флюїд для гідророзриву запропонований процес може особливо вигідно використовуватися для гідророзриву вугленосних і глинистих пластів.

Ці та інші аспекти гідророзриву ЗНГ-сумішшю окреслені в доданій Формулі винаходу, включеній тут шляхом посилання.

Нижче описані деякі варіанти здійснення даного винаходу з поясненнями на доданих фігурах креслення, на котрих однаковим елементам надані однакові позначення.

Фіг.1 - схема, на котрій відображені основні компоненти пристрою для гідророзриву ЗНГ-сумішшю згідно з першим варіантом здійснення винаходу;

Фіг.2 - схема зовнішніх з'єднань контролера для керування пристроєм гідророзриву, показаним на Фіг.1;

3

Фіг.3 - схема, на котрій відображені основні компоненти пристрою гідророзриву ЗНГ-сумішшю вугленосних і глинистих пластів згідно з одним із варіантів здійснення даного винаходу;

Фіг.4 - динамічно ізольований пристрій закачування розклинювального наповнювача та ЗНГ-суміші у насос високого тиску;

Фіг.5 - інший вигляд динамічно ізольованого пристрою закачування розклинювального наповнювача та ЗНГ-суміші у насос високого тиску;

Фіг.6 - вигляд у розрізі ізольованого бака утримування ЗНГ-суміші;

Фіг.7 - схема, на котрій відображені основні компоненти пристрою для гідророзриву ЗНГ-сумішшю згідно з іншим варіантом здійснення винаходу;

Фіг.8 - вхідна сторона станції постачання розклинювального наповнювача, яка містить пристрій закачування розклинювального наповнювача для пристрою гідророзриву, зображеного на Фіг.7;

Фіг.9 - вихідна сторона станції постачання розклинювального наповнювача, яка містить пристрій закачування розклинювального наповнювача для пристрою гідророзриву, зображеного на Фіг.7;

Фіг.10-геологічний пласт, підданий гідророзриву.

Використовувані у Формулі винаходу вирази „який включає у себе" і „який містить" означають можливість включення поряд із зазначеними елементами також інших наявних елементів. Однина заявленої ознаки в пунктах Формули винаходу виключає не більше однієї наявної ознаки. Кожна

із описаних тут індивідуальних ознак даного винаходу може використовуватися у більш ніж одному варіантах його здійснення і не повинна лише через те, що вона тут описана, розглядатися як суттєва для всіх варіантів здійснення винаходу, визначених Формулою винаходу.

Таким чином, на Фіг.1 показаний пристрій для гідророзриву пласта зі свердловиною. Нагнітальний насос 10 для гідророзриву, яким на даній схемі узагальнена насосна станція, котра може включати у себе більше одного насосів на одному чи більше причепах; цей насос трубопроводом 12 з'єднується зі свердловиною 14. Трубопроводом 12, як і всіма іншими трубопроводами, показаними на Фіг.1, є звичайна труба або шланг з номінальним тиском та антикорозійними властивостями, що відповідають умовам експлуатації даного пристрою під тиском. Тиск, що прикладається нагнітальним насосом 10 для гідророзриву, повинен мати величину, потрібну для гідророзриву геологічного пласта. Підходящими для цього є дизельний насос марки Quinflex™ з охолоджуваними водою турбінами або електричний поршневий насос Triplex™, а також інші відповідні насоси. Крім того, насосом 10 може бути станція, що містить два і більше насосів.

Джерело 16 флюїду для гідророзриву з'єднано таким чином, щоб постачати потік флюїду для гідророзриву, який включає у себе стиснену ЗНГ-суміш пропану і бутану або суміш пропану і бутану в нагнітальний насос 10 для гідророзриву по трубопроводу 18 і через клапан V1 регулювання пропану у трубопроводі 18. З погляду економічності ефективності бажано, щоб флюїд для гідророзриву являв собою, головним чином, суміш пропану і бутану, оскільки розділення пропану і бутану є коштовним. ЗНГ-суміш може містити також малі кількості пентану та інших вуглеводнів. Регульований клапан V1 регулює потік флюїду для гідророзриву із джерела 16. Клапаном V1 також може служити звичайний клапан, що застосовується для регулювання потоку флюїду для гідророзриву. Джерелом 16 флюїду для гідророзриву є один чи більше баків пропану, бутану або пропану і бутану, що перебувають у ньому під тиском, підходящим для постачання пропану і/або бутану в нагнітальний насос 10 для гідророзриву, а також для транспортування розклинювального наповнювача у потоці по трубопроводу 18. Джерело 16 флюїду для гідророзриву підтримується під тиском приблизно від 50 до 100фунт./кв.дюйм, але в певних варіантах здійснення винаходу тиск у ньому може досягати 250фунт./кв.дюйм. Оскільки у процесі гідророзриву флюїд для гідророзриву із джерела 16 витрачається, він може підігріватися для підтримання тиску пари або тиск його може підвищуватися за допомогою інертного газу, наприклад, азоту для підтримання достатнього рівня тиску у джерелі 16 флюїду для гідророзриву і забезпечення, таким чином, постачання потоку флюїду для гідророзриву, що транспортує розклинювальний наповнювач у нагнітальний насос 10. Пропан і/або бутан можуть разом містити 50%, 80%, 90%, 95% і до 100%(об.) ЗНГ-змішаного флюїду для гідророзриву.

Джерело 22 розклинювального наповнювача з'єднане таким чином, щоб постачати розклинювальний наповнювач по трубопроводу 24 у потік флюїду для гідророзриву в трубопроводі 18. В одному з варіантів здійснення винаходу джерелом 22 розклинювального наповнювача є посудина позитивного тиску, котра повинна бути здатною витримувати робочий тиск, тобто для безпечного функціонування витримувати тиск вище, наприклад, 200фунт./кв.дюйм. Використовуваний тут термін „позитивний тиск” означає, що дана посудина високого тиску має робочий тиск вище атмосферного. Потік розклинювального наповнювача із джерела 22 регулюється клапаном V2 регулювання потоку розклинювального наповнювача. Джерело 16 флюїду для гідророзриву в кращому варіанті також з'єднане трубопроводом 23 і клапаном V4 таким чином, щоб постачати флюїд для гідророзриву у джерело 22 розклинювального наповнювача. В одному з варіантів здійснення винаходу посудина високого тиску у джерелі 22 розклинювального наповнювача може бути орієнтованою таким чином, щоб постачати розклинювальний наповнювач під силою тяжіння через регульований клапан V2 або через один чи більше шнекових транспортерів, розташованих усередині та уздовж дна джерела 22 або зовні цього джерела. Іншими дозувальними пристроями, підходящими для застосування в постачанні розклинювального наповнювача із його джерела у потік флюїду для гідророзриву, можуть служити насоси різноманітних типів. Джерело 22 розклинювального наповнювача може бути поділено на відсіки для постачання піску або іншого розклинювального наповнювача з різними розмірами часток, як показано нижче у програмі процесу гідророзриву. В альтернативному варіанті можуть використовуватися два чи більше джерела 22 постачання більшої кількості розклинювального наповнювача для тріщин більших розмірів або для постачання розклинювального наповнювача різних гранулометричних складів. Джерелом 22 розклинювального наповнювача може бути також насосний пристрій, що перебуває під тиском, наприклад, на зразок описаного при розгляді Фіг.4 і 5.

Джерело 28 інертного газу з'єднане таким чином, щоб постачати інертний газ у джерело 22 розклинювального наповнювача. Постачання інертного газу регулюється клапаном V3 регулювання інертного газу. Кращим інертним газом є азот. Інертний газ повинен бути під тиском, достатнім для утримання ЗНГ-змішаного флюїду для гідророзриву у рідкому стані, запобігання виникненню зворотного потоку ЗНГ-змішаного флюїду для гідророзриву у джерело 22 розклинювального наповнювача і сприяння транспортуванню флюїду для гідророзриву в насос (або насоси) 10 високого тиску. Джерело 28 інертного газу може бути з'єднаним також таким чином, щоб постачати регульовану кількість інертного газу по лінії 29 і через клапан V5 у джерело 16 флюїду для гідророзриву. Желатинувальна рідина у флюїд для гідророзриву може постачатися із джерела 30 желатинувальної рідини по трубопроводу 31 через клапан V6 у трубопроводі 18 флюїду для гідророзриву. Желатину-

вальна рідина подається у флюїд для гідророзриву перед входженням останнього в нагнітальний насос 10 гідророзриву і може вводитися перед джерелом 22 розклинювального наповнювача чи після нього. Желатинувальною рідиною, включаючи активатор і дежелатинізатор, може бути будь-який відповідний матеріал, підходящий для желатинування пропану або бутану. Желатинувальним агентом у желатинувальній рідині може бути будь-який відповідний матеріал, підходящий для желатинування пропану, бутану, пентану або сумішей пропану, бутану і пентану, і може готуватися відповідно до фактичного складу флюїду для гідророзриву. Так наприклад, підходящий желатинувальний агент створюють шляхом проведення спочатку реакції пентоксиду дифосфору з триетилфосфатом і спиртом, що має вуглеводневий ланцюг завдовжки 3-7 атомів вуглецю, або спиртом, що має вуглеводневий ланцюг завдовжки 4-6 атомів вуглецю, а потім - реакції отриманого у результаті естеру ортофосфорної кислоти з сульфатом алюмінію, одержуючи бажаний желатинувальний агент. Приготований таким способом желатинувальний агент має вуглеводневий ланцюг завдовжки 3-7 або 4-6, атомів вуглецю. Таким чином, вуглеводневий ланцюг створеного вищеописаним способом желатинувального агента має довжину, що відповідає довжині вуглеводневого ланцюга зрідженого нафтового газу, використовуваного у флюїді для гідророзриву. Такий желатинувальний агент є більш ефективним при желатинуванні рідкого пропану або бутану, ніж желатинувальний агент з більш довгим вуглеводневим ланцюгом. Пропорцію желатинувального агента у флюїді для гідророзриву регулюють таким чином, щоб отримати підходящу в'язкість у желатинованому флюїді для гідророзриву.

Для випускання назовні флюїду для гідророзриву, який міститься в різноманітних трубопроводах, служить трубопровід 34 випускання флюїду для гідророзриву, по якому цей флюїд надходить у опалювальну трубу 38. Потік флюїду для гідророзриву у випускному трубопроводі 34 регулюється одним чи більше випускними клапанами V7. Потік у трубопроводі 12, з'єднаному зі свердловиною 14, регулюється клапаном V8 гирла свердловини. Азот зберігається зазвичай у зрідженому замороженому стані і для того, щоб забезпечити потрібний тиск, подається в показані на схемах трубопроводах через теплообмінник у баки 16 флюїду для гідророзриву і джерело 22 розклинювального наповнювача. Теплообмінник повинен розташовуватися на безпечній відстані від ЗНГ-устаткування. Джерела 22 розклинювального наповнювача можуть спиратися на ніжки з датчиками навантаження для моніторингу кількості розклинювального наповнювача, що в них залишається, а отже і кількості розклинювального наповнювача, поданого у свердловину.

Як показано на Фіг.2, контролер 32 з'єднаний таким чином, щоб керувати роботою клапана V1 регулювання постачання флюїду для гідророзриву, клапана V2 регулювання постачання розклинювального наповнювача, клапана V3 регулювання постачання інертного газу і нагнітального

насоса 10 гідророзриву та забезпечувати потрібний потік розклинювального наповнювача і флюїду для гідророзриву у свердловину. З контролером 32 з'єднані також клапани V4, V5, V6, V7, V8, V9 та інші потрібні клапани таким чином, щоб керувати їхньою роботою. Керування клапанами V1-V9 в аварійних ситуаціях може здійснюватися дистанційно так, щоб не наражати робочий персонал на небезпеку. Контролером 32 може служити будь-який підходящий комп'ютер або процесор зі звичайними дисплеями і вхідним пультом оператора. Показані на схемі лінії з'єднання між контролером 32 та об'єктами керування є звичайними лініями зв'язку, що використовуються в таких системах керування. Керування роботою даної системи здійснюється контролером 32 дистанційно. Контролер 32 виконує алгоритми процесу гідророзриву, які є звичайними, за певними винятками, зазначеними та описаними в даному патентному документі. Контролер 32 сполучається лініями керування також з насосами (не показані), які в деяких варіантах здійснення винаходу можуть з'єднуватися з джерелом 30 желатинувальної рідини, джерелом 22 розклинювального наповнювача і джерелом 28 інертного газу.

Під керуванням контролером 32 при роботі пристрою, показаного на Фіг.1 і 2, здійснюються такі стадії процесу. Розклинювальний наповнювач подається у джерело 22 для його постачання, наприклад, через відповідний затвор, який після цього закривається. Розклинювальний наповнювач може бути як природного, так і штучного походження. Для завантаження розклинювального наповнювача у джерело 22 може використовуватися, наприклад, бункер (такий, як показано на Фіг.9 і 10) або інший підходящий пристрій. Свердловина 14 закривається за допомогою клапана V8 у джерело 22 розклинювального наповнювача вводять інертний газ із джерела 28 інертного газу шляхом відкривання клапана V3 для створення газового покрову. Інертний газ із джерела 28 також вводять в усі компоненти даного пристрою, які входять у контакт з ЗНГ-сумішшю, включаючи трубопроводи 12, 18, 24, 29, 31 і 34, клапани V1-V8, нагнітальний насос 10 гідророзриву і компоненти пристрою для очистки їх від повітря і контролю на візування під тиском. Витікання можуть виявлятися візуально, за запахом, звуком або за допомогою електронних приладів, наприклад, уловлювання запахів, або за допомогою лазерних приладів. Флюїд для гідророзриву може вводитися в компоненти пристрою згідно з винаходом лише тоді, коли були проведені випробування цього пристрою під тиском.

Тиск у джерелі 16 флюїду для гідророзриву зазвичай підвищують до 50-100 фунт./кв.дюйм, але джерело 16 може завантажуватися також на місці його розташування із окремого джерела пропану і/або бутану. Після випробувань пристрою на безпечність під тиском, включаючи випробування під тиском ЗНГ-сумішшю, відкривається гирловий регулювальний клапан V8. Система спалювання може бути перевірена шляхом контрольного підпалу. Для постачання флюїду для гідророзриву в нагнітальний насос 10 контролер 32 відкриває клапан 31 регулювання постачання флюїду для гідророз-

риву, нагнітальний насос 10 при цьому включається і заповнює свердловину ЗНГ-сумішшю. Під час заповнення свердловини флюїдом для гідророзриву відкривається клапан V6 і до флюїду для гідророзриву у трубопроводі 18 по трубопроводу 31 від джерела 30 гелю подається желатинувальний матеріал. Після цього тиск у свердловині 14 поступово підвищується за допомогою нагнітального насоса 10 гідророзриву і швидкість закачування встановлюється таким чином, щоб поступово підвищувати тиск флюїду для гідророзриву у свердловині 14 і продовжувати заповнення свердловини флюїдом для гідророзриву. Таким чином, для того, щоб розпочати гідророзрив, до свердловини 14 прикладається набивка із флюїду для гідророзриву в рідкому стані. Набивки гідророзриву є добре відомими в даній галузі і можуть споживатися різні кількості флюїду для гідророзриву залежно від процедури гідророзриву для даної свердловини, прийнятої оператором. Тиск гідророзриву поступово збільшується, пласт розривається, а тріщини в ньому поширюються.

Після закачування набивки у свердловину 14 розклинювальний наповнювач подається у потік флюїду для гідророзриву. В одному з варіантів здійснення винаходу при цьому регулювальний клапан V4 під керуванням контролером 32 відкривається, і рідкий флюїд гідророзриву подається у джерело 22 постачання розклинювального наповнювача. У джерелі 22 постачання розклинювального наповнювача рідкий флюїд для гідророзриву змішується з розклинювальним наповнювачем. Після цього відкривається клапан V2 регулювання постачання розклинювального наповнювача і дає останньому прохід у потік флюїду для гідророзриву по трубопроводу 18 під дією сили тяжіння або за допомогою механічних засобів, наприклад, шнекового транспортера. Для примусового просування ЗНГ-суміші і розклинювального наповнювача у трубопровід 18 може потребуватися прикладання тиску із джерела 28 інертного газу. Може потребуватися також застосування насоса (не показаний) у трубопроводі 23 для забезпечення постачання флюїду для гідророзриву у джерело 22 постачання розклинювального наповнювача для протидії тиску із джерела 28 інертного газу. В іншому варіанті здійснення винаходу регулювальний клапан V4 не відкривається, а розклинювальний наповнювач постачається безпосередньо із посудини 22 високого тиску у трубопровід 18 під силою тяжіння і за допомогою шнекового транспортера на виході посудини 22. У цьому варіанті надлишок інертного газу із джерела 28 може подаватися у посудину 22 високого тиску для запобігання виникненню зворотного потоку флюїду для гідророзриву у посудину 22. Для введення розклинювального наповнювача в ЗНГ-суміш для гідророзриву можуть використовуватися інші способи із застосуванням тиску, одні з яких описані, наприклад, нижче при розгляді Фіг.4 і 5. Після цього нагнітальний насос 10 гідророзриву закачує желатинований потік гідророзриву з розклинювальним наповнювачем у свердловину 14. Кількість розклинювального наповнювача, яку потрібно додавати, визначається оператором процесу гідророзриву.

У відповідний момент часу у процесі гідророзриву, коли оператор вирішує, що кількість доданого у свердловину розклинювального наповнювача є достатньою, гирло свердловини закривається, і інертним газом, наприклад азотом, продуваються всі компоненти даного пристрою, включаючи всі трубопроводи, клапани, насоси і баки, з якими входила в контакт ЗНГ-суміш, окрім пропан/бутанових баків, для видалення всього пропану і бутану із компонентів системи.

По закінченню певного відтинка часу, який за визначенням оператора є достатнім для гідророзриву свердловини, тиск у свердловині знімається. Приблизно такий самий час (зазвичай 2-4 години) дається на руйнування гелю. Після цього внаслідок зниження тиску і поглинання тепла із резервуара рідкий флюїд гідророзриву випаровується. Газоподібні пропан і/або бутан у свердловині змішуються з газом пласта і легко виходять на поверхню під дією тепла і тиску пласта, залишаючи розклинювальний наповнювач у тріщинах, створених під тиском гідророзриву. Газоподібні пропан і/або бутан, що виходять зі свердловини, можуть видобуватися або постачатися у трубопровід 34 випускання газу, де вони можуть спалюватися через опалювальну трубу 38, або ж вони можуть видобуватися чи спрямовуватися потоком у газопровід для продажу. Для інформування оператора процесу гідророзриву щодо введеної у свердловину кількості розклинювального наповнювача і флюїду для гідророзриву, зазвичай, у будь-якому варіанті здійснення винаходу, ілюстрованих на Фіг.1, 3 або 8, використовують денситометр, встановлений у трубопроводі 12.

У міру витрати флюїду для гідророзриву із джерела 16 до цього джерела замість витраченого флюїду може додаватися регульована кількість інертного газу через клапан V5 з підтриманням таким чином тиску у джерелі 16 флюїду для гідророзриву і сприянням зниженню ризику вибуху.

Для збільшення виробництва кам'яновугільного газу або сланцевого газу у вугленосних або сланцевих пластах може проводитися також газовий розрив. При газовому розриві вугленосного або сланцевого пласта гідростатичний тиск в експлуатаційній формації повинен бути знижений до мінімуму. Для цього використовувався азот у великих об'ємах порядку 70000м<sup>3</sup> на розрив і з відповідними великими витратами. При застосуванні газового розриву у вугленосному або сланцевому пласті ЗНГ-суміш змішують з азотом.

Як показано на Фіг.3, в одному з варіантів здійснення розриву ЗНГ-сумішшю вугленосного або сланцевого пласта джерело 28 інертного газу для постачання азоту у свердловину з'єднують з трубопроводом 12 через трубопровід 42 під керуванням клапаном V9. Заходи з техніки безпеки при цьому є такими ж самими, як і при гідравлічному розриві за допомогою пристрою, зображеного на Фіг.1, згідно з описаним вище. Введення розклинювального наповнювача у потік флюїду розриву при цьому може здійснюватися так само за допомогою різноманітних пристроїв і зокрема, наприклад, таких як показано на Фіг.4, 5 і 6. У загальному випадку розрив здійснюють відповідно до

звичайних процесів створення штучної тріщинуватості у вугленосних або сланцевих пластах азотом при додатковому використанні змішаного ЗНГ-флюїду для постачання розклинювального наповнювача у вугленосний або сланцевий пласт.

У деяких варіантах розриву ЗНГ-сумішшю вугленосного або сланцевого пласта, коли тиск у пласті збільшується шляхом постачання в нього великого потоку азоту високого тиску (при постачанні азоту із джерела 28 у свердловину 14 з метою створення тріщин у даному пласті), клапан V1 відкривається і за допомогою насоса 10 закачують ЗНГ-флюїд для розриву в потік азоту, що входить у свердловину 14. ЗНГ-суміш у трубопроводі 18 піддається желатинуванню за допомогою желатинувального агента із джерела 30. В одному з варіантів здійснення винаходу коли у свердловину 14 закачується потрібна кількість желатинованого ЗНГ-флюїду розриву, клапан V4 відкривається і у джерело 22 постачання розклинювального наповнювача тече потік флюїду для розриву. В одному з варіантів здійснення винаходу у джерело 22 постачання розклинювального наповнювача подається також інертний газ із джерела 28. Як тільки клапан V2 відкривається, розклинювальний наповнювач потрапляє у трубопровід 18 і змішується з флюїдом для розриву. У трубопроводі 23 може потребуватися насос (не показаний) для забезпечення постачання флюїду для розриву у джерело 22 розклинювального наповнювача під дією протилежного тиску із джерела 28 інертного газу. Після цього насос 10 закачує желатинуваний ЗНГ-флюїд для розриву з розклинювальним наповнювачем у потік азоту, який надходить у свердловину 14. Утворювана в результаті цього желатинування азот-ЗНГ-суміш може транспортувати розклинювальний наповнювач із джерела 22 у свердловину і в резервуар. Як тільки у свердловину 14 подається достатня кількість розклинювального наповнювача, додавання останнього в суміш припиняється. Після припинення потоку розклинювального наповнювача постачання ЗНГ-флюїду для розриву може тривати і далі. Кількісне співвідношення між азотом і флюїдом для розриву із джерела 16 флюїд для розриву регулюється відповідно до того, яку кількість розклинювального наповнювача потрібно ввести в даний пласт. У певний момент часу, приблизно коли руйнується гел, тиск від насоса 10 і джерела 28 інертного газу знижується, в результаті чого виникає зворотний потік. Після цього ЗНГ-суміш у свердловині 14, яка транспортувала розклинювальний наповнювач у тріщини, створені флюїдом для розриву та азотом, перетворюється на газ і може видобуватися зі свердловини 14 разом з азотом і газом пласта. Розклинювальний наповнювач, що залишається у пласті, підсилює проникність вугленосного або сланцевого пласта, але використання ЗНГ та азоту забезпечує низький гідростатичний тиск газу, що дозволяє пласту і далі продукувати газ.

Нижче наведений приклад гідророзриву свердловини шляхом закачування в неї 30 тон розклинювального наповнювача з пропан/бутановою сумішшю по колоні насосно-компресорних труб. Свердловина мала перфорації на глибині 2500м,

129,7мм обсадні труби вагою 23,6кг/м, 88,9мм насосно-компресорні труби вагою 12,84кг/м і температуру на забої свердловини (ВНТ) 89°C. Метою гідророзриву було стимулювання газоносного пласта на рівні перфорацій шляхом закачування 31 тони желатинованої пропан/бутанової суміші. Виконаний гідророзрив свердловини характеризувався такими параметрами:

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| Первинний кислотний прогін:             | 1м <sup>3</sup> 15% HCl          |
| Розклинювальний наповнювач:             | 1т піску 50/140                  |
| Розклинювальний наповнювач:             | 30т наповнювача EconoProp 30/50  |
| Потрібна кількість базового флюїду:     | 117,0м <sup>3</sup> пропан/бутан |
| Максимальна витрата флюїду:             | 4,0м <sup>3</sup> /хвилина       |
| Розрахований тиск закачування:          | 37,9МПа                          |
| Максимальна потрібна потужність флюїду: | 2525кВт                          |

Приймають звичайні підготовчі заходи стосовно техніки безпеки і робочих процедур, включаючи проведення зборів всього персоналу обслуги даної виробничої ділянки, де розглядаються питання безпеки виконання попередньої обробки та організації робіт і, зокрема: процедури обробки, особисту відповідальність членів робочого персоналу, призначення ділянок особистої відповідальності за техніку безпеки, межі тиску, приписи з техніки безпеки, місця розташування обладнання з техніки безпеки, план організації безпеки та евакуації і визначення ризиків.

Крім того, на місці проведення робіт здійснюються такі підготовчі операції, як монтаж розривного обладнання для закачування по колоні насосно-компресорних труб, монтаж міжтрубного насосного обладнання для підтримування зворотного тиску, потрібного для обробки, установлення на відповідний рівень спрацьовування клапана скидання тиску в міжтрубному просторі та випробування під тиском трубопроводів на поверхні до межі тиску, встановленої оператором свердловини.

Процес газового розриву здійснюють відповідно до наведеної нижче програми розриву свердловини флюїдом з розклинювальним наповнювачем, включаючи первинний кислотний прогін. У випадку випадіння наповнювача із носія закачування можна ініціювати повторно. Свердловину слід промити розрахованим об'ємом рідини з недопромивкою 0,5м<sup>3</sup>. Наприкінці процесу промивки всі насоси слід виключити, записати ISIP (миттєвий тиск після закриття гирла свердловини при розриві пласта) і демонтувати обладнання газового розриву свердловини. Після обробки свердловини слід якомога раніше, наскільки це допускають правила безпеки, повернути її під регульований зворотний потік. Упевнитися в тому, що повернення свердловини під зворотний потік відбувається відповідно до регуляторних положень. Потік зі свердловини повинен тривати доти, поки вона не очиститься. Після цього установлюють нормальний експлуатаційний режим свердловини та проводять оцінку результатів обробки.

| План закачування суміші флюїду з розклинювальним заповнювачем |                              |                        |                    |                  |                    |                    |                   |
|---|------------------------------|------------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Стадія  | Суспензія                    | Флюїд                  |                    |                  | Наповнювач         |                    |                   |
|   | Швидкість змішування, м³/хв. | Витрата флюїду, м³/хв. | Сукупний флюїд, м³ | Флюїд стадії, м³ | Умови зміш., кг/м³ | Наповн. стадії, кг | Сукуп. наповн. кг |
| 15% HCl кислотний прогін                                      |                              |                        | 1,0                | 1,0              |                    |                    |                   |
| Носій (пропан/бутановий гель)                                 | 4,00                         | 4,0                    | 18,0               | 18,0             |                    |                    |                   |
| Початок: пісок 50/140   | 4,00                         | 3,85                   | 28,0               | 10,0             | 100                | 1000               | 1000              |
| Носій (пропан/бутановий гель)                                 | 4,00                         | 4,0                    | 36,0               | 8,0              |                    |                    |                   |
| Початок: EconoProp 30/50                                      | 4,00                         | 3,85                   | 45,0               | 9,0              | 100                | 900                | 900               |
| Збільшення: EconoProp 30/50                                   | 4,00                         | 3,72                   | 54,0               | 9,0              | 200                | 1800               | 2700              |
| Збільшення: EconoProp 30/50                                   | 4,00                         | 3,48                   | 63,0               | 9,0              | 400                | 3600               | 6300              |
| Збільшення: EconoProp 30/50                                   | 4,00                         | 3,26                   | 72,5               | 9,5              | 600                | 5700               | 12000             |
| Збільшення: EconoProp 30/50                                   | 4,00                         | 3,07                   | 82,5               | 10,0             | 800                | 8000               | 20000             |
| Збільшення: EconoProp 30/50                                   | 4,00                         | 2,90                   | 92,5               | 10,0             | 1000               | 10000              | 30000             |
| Промивка (пропан/бутановий гель)                              | 4,00                         | 4,00                   | 103,6              | 11,1             |                    |                    |                   |

| Потреби флюїду для гідророзриву |             |                   |         |                            |          |               |       |
|---------------------------------|-------------|-------------------|---------|----------------------------|----------|---------------|-------|
| Обробка гідророзриву            | Свердловина | Попередня набивка | Набивка | Розклинювальний наповнювач | Промивка | Донні залишки | Разом |
| Пропан/бутан, м³                |             |                   | 36,0    | 56,5                       | 11,1     | 13,4          | 117,0 |

| План оперативних хімічних добавок                      |                            |                                   |                              |   |                                       |                               |
|--|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|
| Добавки у пропан/бутанову суміш у процесі гідророзриву | Концентрація у свердловині | Концентрація у попередній набивці | Концентрація у набивці, л/м³ | Концентрація у розклин. наповнювачу, л/м³ | Концентрація у промивній рідині, л/м³ | Загальна кількість добавки, л |
| Желатинізатор (пропан/бутановий гель)                  |                            |                                   | 6,0                          | 6,0                                       | 4,0                                   | 599,4                         |
| Активатор  |                            |                                   | 3,5                          | 3,5                                       | 2,0                                   | 346,0                         |
| Рідкий дежелатинізатор                                 |                            |                                   | 3,0                          | 3,0                                       | 5,0                                   | 333,0                         |

| План зменшення постачання розклинювального наповнювача |                    |           |                     |                |                         |
|--|--------------------|-----------|---------------------|----------------|-------------------------|
| Стадія   | Флюїд              |           | Наповнювач          |                |                         |
|  | Сукупний флюїд, м³ | Флюїд, м³ | Концентрація, кг/м³ | Наповнювач, кг | Сукупний наповнювач, кг |
| Перед головним наповнювачем                            | 36,0               | 36        |                     |                |                         |
| Перед точкою перегину                                  | 62,5               | 26,5      | 430                 | 5699           | 5699                    |
| Після точки перегину                                   | 82,5               | 20,0      | 1000                | 14301          | 20000                   |
| Стадія утримування                                     | 92,5               | 10,0      | 1000                | 10000          | 30000                   |
| Промивка   | 103,6              | 11,1      |                     |                | 30000                   |

| Розрахунки                      |            |
|---------------------------------|------------|
| Глибина до верхньої перфорації  | 2554,0м    |
| Гradient гідророзриву           | 18,0кПа/м  |
| Gradient тертя                  | 4,6кПа/м   |
| Густина флюїду для гідророзриву | 0,508      |
| Об'ємний потік на мішалці       | 4,00м³/хв. |

Тиск розриву на забої свердловини (BHFP: Bottom Hole Fracture Pressure)=

Gradient гідророзриву × Глибина (BHFP)=  
18,0кПа/м×2554м=45970кПа

Тиск тертя при закачуванні=

Gradient тертя × Глибина (FP: тиск розриву)=  
4,6кПа/м×2554м=11748кПа

Гідростатичний тиск=

Густина × 9,81кПа/м × Глибина (НН: гідростатичний тиск)= 0,508×9,81кПа×2554м=12728кПа

Тиск закачування на поверхні= BHFP+FP-НН (SPP: тиск закачування на поверхні)= 45970кПа+11748кПа-12728кПа=44990кПа  
Потрібна потужність насоса= (SPP × витрата)/60=((44990кПа×4,00м³/хв.)/60=2999кВт  
Об'єм до верхньої перфорації=

| Довжина інтервалу, м            | Об'ємний коефіцієнт, м³/м | Об'єм, м³ |
|---------------------------------|---------------------------|-----------|
| Колонна н.-к. труб= 2554        | 0,00454                   | 11,5      |
| Обсадка= 10                     | 0,012417                  | 0,1       |
| Разом, м³ 11,6                  |                           |           |
| Недопромивка, м³                | 0,5                       |           |
| Надмірна промивка не припустима | Об'єм промивки, м³        | 11,1      |



На Фіг.4 схематично зображений пристрій закачування розклинювального наповнювача, який може використовуватися у деяких варіантах здійснення гідророзриву ЗНГ-сумішшю в ролі джерела 22 розклинювального наповнювача. Відцентровий насос 44 цього пристрою з'єднаний по трубопроводу 46 з джерелом 16 ЗНГ-суміші. Вихід відцентрового насоса 44 по трубопроводу 48 сполучається з відцентровим насосом 50. Відцентровий насос 50 по трубопроводу 52 з'єднаний з насосом 10 високого тиску. При роботі насос 44 всмоктує на його вході 45 ЗНГ-суміш. Насос 50 працює на оборотах, вищих, ніж насос 44, і прокачує ЗНГ-суміш по трубопроводу 48 у трубопровід 52. Трубопровід 52 сполучається з трубопроводом, наприклад 18 на Фіг.18, що веде в насос 10 високого тиску. Насос 50 працює також на принципі всмоктування його центральним входом 51 розклинювального наповнювача із системи введення розклинювального наповнювача, показаної на Фіг.5. Відцентровий насос 50 працює як нагнітальна посудина, в котрій низький тиск, створюваний насосом на вході 51, динамічно ізолює насос 50 від його входу, запобігаючи випусканню ЗНГ-суміші у зворотному напрямку. Для промивання пристрою закачування розклинювального наповнювача, показаної на Фіг.4, трубопровід 47 може з'єднуватися з джерелом 28 інертного газу. Клапан у трубопроводі 52, еквівалентний клапану V2 на Фіг.1, регулює потік ЗНГ-суміші.

На Фіг.5 схематично показана конструкція пристрою постачання розклинювального наповнювача в показаний на Фіг.4 насос 50. Отже даний пристрій може працювати як джерело 22 розклинювального наповнювача. Розклинювальний наповнювач подається в конічний бункер 72 за допомогою шнекового транспортера 58. У цей пристрій через сопло 80 з метою підтримання робочого тиску або інертної атмосфери може подаватися газоподібний азот або  $\text{CO}_2$ . Із конічного бункера 72 розклинювальний наповнювач потрапляє на вхід 82, де він проходить через регулювальний клапан 84 і контрольний клапан 86. Оскільки введення розклинювального наповнювача здійснюється більш ефективно, коли трубопровід є вологим, через сопло 87 може подаватися пентан. У даному варіанті розклинювальний наповнювач надходить у насос 50 через вхід 51. Насос 50 працює так, як показано на Фіг.4, всмоктуючи флюїд гідророзриву із трубопроводу 48 відцентровою силою і змішуючи його з розклинювальним наповнювачем. Насос 50 приводиться в рух двигуном 53, який обертає крильчатку 55. У варіанті, зображеному на Фіг.5, флюїд гідророзриву постачається в насос 50 по трубопроводу 48, який тягнеться від джерела 16 ЗНГ-суміші, як описано в поясненні до Фіг.4. На схемі Фіг.4 суміш розклинювального наповнювача і флюїду гідророзриву із насоса 50 виходить у трубопровід 52. Зовнішнє кільце відцентрового насоса 50 є відомим під назвою "равлика". Крильчатка 55 при обертанні створює відцентрову силу, яка створює динамічне ущільнення по колу крильчатки 55. Це дозволяє підтримувати тиск у равлику насоса 50. Швидкість обертання крильчатки 55 і тиск вхідного потоку повинні один одного зрівноважува-

ти і, таким чином, запобігати виникненню зворотного потоку через крильчатку 55.

У пристрої, зображеному на Фіг.5, при нормальному робочому тиску контрольний клапан 86 залишається відкритим і перепускає постійний потік розклинювального наповнювача в насос 50. У тому випадку, коли насос 50 виходить з ладу або виключається, миттєве зростання тиску на його вході 51 викликає закривання контрольного клапана 86 і регулювального клапана 84. Зростання тиску могло б викликати руйнування ЗНГ-сумішшю динамічного ізолятора і виникнення зворотного потоку через вхід розклинювального наповнювача з утворенням займистої газової суміші, що могло би призвести до виникнення небезпечної ситуації. Застосування клапанів 84 і 86 дозволяє уникнути таких небезпечних ситуацій Керування регулювальним клапаном 84 здійснюється гідравлічним чином, дистанційно контролером 32. Вище регулювального клапана 84 може бути розташований газовий датчик 88, що подає контролеру 32 сигнал на закривання регулювального клапана 84 у випадку зворотного викиду газу через пристрій. Контрольний клапан 86 і регулювальний клапан 84 можуть спрацьовувати автоматично у відповідь на зміну тиску або ж можуть приводитися в дію контролером 32 за сигналами від комп'ютера. Регулювальний клапан 84 діє як резервний клапан для контрольного клапана 86. Для здійснення функції контрольного клапана 86 і регулювального клапана 84 може використовуватися будь-яка інша комбінація клапанів. Перед гідророзривом і після нього показаний на Фіг.4 і 5 пристрій введення розклинювального наповнювача може очищатися шляхом продувки його азотом по трубопроводах 47 і 80. Пристрій, показаний на Фіг.5, може використовуватися також для постачання таких флюїдів для гідророзриву, як вуглеводні з більш високими тисками парів, наприклад, C5, C6 і C7 вуглеводні, рідкий  $\text{CO}_2$  та спирти, у насос високого тиску для гідророзриву. Постачання таких флюїдів із джерела флюїду для гідророзриву у відцентровий насос 50 може здійснюватися за допомогою інертного газу в ролі несучого флюїду або за допомогою відповідного насоса. Такі флюїди можуть також змішуватися з флюїдом для гідророзриву на основі ЗНГ-суміші і зберігатися у джерелі 16 флюїду для гідророзриву або, якщо це двоокис вуглецю, - в окремих баках для двоокису вуглецю.

В іншому варіанті ЗНГ-суміш перед введенням її у свердловину охолоджують для зниження її тиску парів. Для підтримання стисненої ЗНГ-суміші пропану, бутану або суміші пропану і бутану в рідкому стані потребується тиск порядку 50-250 фунт./кв.дюйм. Це зумовлено тим, що як пропан, так і бутан, є при кімнатній температурі та атмосферному тиску газами. Охолодження ЗНГ-суміші перед її введенням у пристрій для гідророзриву дозволяє знижувати потрібний тиск, а разом з цим і ймовірність виникнення вибухів або ушкоджень пристрою для гідророзриву, зумовлених високими рівнями тиску. Охолодження дозволяє запобігти явищу утворення парових пробок у поршневих насосах. Для того щоб полегшити підтримання ЗНГ-суміші в охолодженому стані, її мож-

на зберігати в ізолюваному баку 88 на зразок показаного на Фіг.6. Ізолюваний бак 88 має металевий корпус 90, охоплений ізоляційним шаром 92. Ізоляційний шар 92, у свою чергу, може охоплюватися другим шаром 94 із металу, пластмаси або іншого підходящого матеріалу. Ізолюваний бак може встановлюватися на платформі причепа або монтажного автомобіля, або ж бути частиною причепа. В альтернативному варіанті ізолюваний бак 88 може бути знімним. Усі компоненти, що створюють флюїд для гідророзриву, включаючи джерело 30 желатинувального матеріалу, можуть зберігатися в ізолюваних баках, подібних ізолюваному баку 88. Другим шаром 94 може бути пластикна оболонка, що охоплює бак 88, а ізоляційний шар 92 може бути створений із вдвунної ізоляційної піни, введеної під пластикну оболонку 94. Застосування ізолюваного бака 88 дає чимало переваг. Так наприклад, поміщена в нього ЗНГ-суміш перебуває, як правило, при низькій температурі порядку 10-20°C і залишається холодною протягом всього процесу гідророзриву. Це дозволяє навіть у жаркі літні дні уникати проблем, пов'язаних з нагрівом ЗНГ-суміші і викликаними цим паровими пробками поршневих насосів. Узимку це дозволяє позбавитися проблеми зниження тиску внаслідок охолодження ЗНГ-суміші, а отже і необхідності її нагрівати.

На Фіг.7 ілюстрований інший варіант виконання пристрою гідророзриву ЗНГ-сумішшю, де всі компоненти процесу гідророзриву встановлені на вантажних автомобілях, що транспортують, зокрема, джерело 28 інертного газу, джерело 16 флюїду для гідророзриву, джерела 22 розклинювального наповнювача, хімічний блок 30 та насоси 10 і 110. В альтернативному варіанті кожний компонент може мати іншу форму переносного або стаціонарного блоку. Трубопровід 96 з'єднує джерело 28 інертного газу зі станцією 98 постачання розклинювального наповнювача, а відгалуження 111 трубопроводу 96 з'єднує джерело 28 інертного газу з трубопроводом 108 постачання флюїду для гідророзриву. Станція 98 постачання розклинювального наповнювача включає у себе джерела 22 розклинювального наповнювача, а трубопровід 96 разом з його відгалуженням 104 можуть використовуватися для постачання інертного газу у джерела 22 розклинювального наповнювача. Виходи 102 і 106 інертного газу із джерел 22 розклинювального наповнювача з'єднані з трубопроводом 101, що виходить у опалювальну трубу 38. Інертний газ може постачатися в насоси 10 і 110 по трубопроводах 96, 111, 108, 133, 128, 131 і 112 і повертатися у опалювальну трубу 38 по трубопроводах 100 і 101.

Із джерела 16 ЗНГ-суміш може передаватися у станцію 98 постачання розклинювального наповнювача по трубопроводу 108, через входи 134, трубопроводу 133 і центральному трубопроводу 128 з утворенням потоку флюїду для гідророзриву. Трубопровід 108 може являти собою групу із трьох трубопроводів, з'єднаних з трьома входами 134, забезпечуючи, таким чином, різні витрати флюїду для гідророзриву. ЗНГ-змішаний флюїд являє собою ЗНГ-суміш, аналогічну застосовуваний в опи-

саних вище варіантах здійснення винаходу. Інертний газ може постачатися у джерело 16 ЗНГ-суміші по трубопроводу 110 і вводиться в потік флюїду для гідророзриву у трубопроводі 108 через трубопровід 111. Після надходження ЗНГ-змішаного флюїду у станцію 98 постачання розклинювального наповнювача останній із джерела 22 розклинювального наповнювача може подаватися в потік флюїду для гідророзриву і змішуватися з ЗНГ-сумішю.

Розклинювальний наповнювач постачається по трубопроводах 127 і 129, у котрих встановлені шнекові транспортери, що приймають розклинювальний наповнювач із відповідних конічних бункерів джерел 22 розклинювального наповнювача. Шнеки в трубопроводах 127 і 129 передають розклинювальний наповнювач у центральний трубопровід 128 постачання флюїду для гідророзриву. Желатинувальний матеріал може подаватися із причепа 30 реактивів по трубопроводу 114 в один чи більше трубопроводів 108 або у трубопровід 128 перед трубопроводами 127 і 129 чи після них. Після цього потік флюїду для гідророзриву по трубопроводу 128, трубопроводу 131, через вихід 130 і трубопровід 112 може спрямовуватися у насос 10 високого тиску і/або насос 110 високого тиску. В альтернативному варіанті у насос 10 або насос 110 по тих самих трубопроводах і через ті самі виходи без додавання розклинювального наповнювача або желатинувального матеріалу може подаватися лише ЗНГ-суміш. У разі потреби розклинювальний наповнювач подається в його джерело 22 по трубопроводу 118 із вантажівки 116 постачання розклинювального наповнювача. Зазвичай ця операція здійснюється на ранній стадії процесу гідророзриву, після чого вантажівка 116 може від'їжджати.

У даному варіанті здійснення винаходу флюїд для гідророзриву може постачатися в насоси 10 і 110 так, як описано в попередніх варіантах. Інертний газ також може постачатися у будь-який індивідуальний компонент пристрою, а також використовуватися для очистки всього пристрою перед початком і після початку процесу гідророзриву. Інертний газ може постачатися по трубопроводу 112 в один із насосів, 10 або 110, або в обидва ці насоси. Насоси 10 і 110 включені паралельно у трубопроводи 112 до потоку флюїду для гідророзриву. Насоси 10 і 110 можуть постачати флюїд для гідророзриву у свердловину 14 по трубопроводу 12. Потік у трубопроводі 12 у свердловину 14 регулюється гирловим регулювальним клапаном V8. В альтернативному варіанті насоси 10 і 110 можуть подавати флюїд для гідророзриву у опалювальну трубу 38 по трубопроводу 34. Трубопровід 34 з'єднаний також з трубопроводом 101, що дозволяє легко очищати весь пристрій від флюїде для гідророзриву через опалювальну трубу 38 по завершенні процесу гідророзриву. На шляху проходження у опалювальну трубу 38 у трубопроводі 34 послідовно включений бак 37 очищення від піску. Бак 37 запобігає потраплянню розклинювального наповнювача у опалювальну трубу 38, залишаючи його у своїй ємності. Желатинувальні реактиви також можуть відновлюватися в очищу-

вальному баці 37. У трубопроводі 34 може бути передбачений підпір для утримання суміші під тиском і підтримання її рідкого стану під час зворотного потоку. Потік у трубопроводі 34 регулюється одним чи більше випускними клапанами V7. При реалізації на практиці описаних тут процесу і пристрою постачання ЗНГ-суміші для гідророзриву у свердловину 14 можуть використовуватися інші різноманітні комбінації трубопроводів та їх сполучень, що лежать у межах об'єму процесу і пристрою згідно з даним винаходом. Що стосується процедур та обладнання з техніки безпеки, то вони в цих варіантах є такими самими, як процедури та обладнання даного призначення, описані вище. Так само, введення розклинювального наповнювача у потік флюїду для гідророзриву може здійснюватися за допомогою різноманітних пристроїв, наприклад таких, як показано на Фіг.1, 4 і 5. Керування описаним вище пристроєм гідророзриву здійснюється дистанційним шляхом за допомогою контролера 32. Контролер 32 може являти собою комп'ютерний пульт керування, розташований на причепі. У загальному випадку розрив пласта здійснюється відповідно до звичайних процесів, що застосовуються для штучного тріщиноутворення в будь-якому пласті, модифікованих згідно з поданим тут описом даного винаходу.

На Фіг.8 і 9 показаний більш детальний вигляд, відповідно, вхідної і вихідної сторін станції 98 постачання розклинювального наповнювача. Тут можна бачити, що дана станція розташовується на платформі 120 без бортів напівпричепа, проте вона може встановлюватися також на інші транспортні засоби або пристрої. У даному варіанті на платформі 120 встановлено два джерела 22 постачання розклинювального наповнювача, у котрих принаймні один газовий штуцер 122 з'єднаний з джерелом 28 інертного газу. Наприклад, верхні газові штуцери 122 одного з джерел 22 розклинювального наповнювача служать входами для інертного газу, сполучаючись з джерелом 28 інертного газу, а нижній газовий штуцер 122 може служити виходом для інертного газу, із якого інертний газ надходить у трубопровід 101 по трубопроводу 102 або трубопроводу 106. Обидва джерела 22 розклинювального наповнювача являють собою посудини позитивного тиску, що використовуються для зберігання розклинювального наповнювача. На кожному джерелі 22 розклинювального наповнювача передбачені наглядні вікна 124 і з'єднальні патрубки 126 для поповнення джерела 22.

Як показано на Фіг.9, флюїд для гідророзриву подається на входи 134, а потім по трубопроводу 133 - у центральний трубопровід 128 постачання флюїду для гідророзриву. З іншого боку станції 98 постачання розклинювального наповнювача трубопровід 128 постачання флюїду для гідророзриву з'єднаний трубопроводом 131 з виходами 130. Желатинувальний матеріал може подаватися у трубопроводі постачання флюїду для гідророзриву в будь-якій підходящій точці із трубопроводу 114. По трубопроводах 127 і 129 зі шнековими транспортерами розклинювальний наповнювач із конічних бункерів 22 знаходиться у центральний трубопровід 128 постачання флюїду для гідророзри-

ву. Як на Фіг.8, так і на Фіг.9, у відповідних трубопроводах 131 і 133 встановлені манометри 136 для контролю тиску пристрою гідророзриву перед трубопроводами 127 і 129 постачання розклинювального наповнювача і після цих трубопроводів. Змішування желатинувального матеріалу з флюїдом для гідророзриву може відбуватися на станції 98 розклинювального наповнювача або перед нею, або ж в іншому місці між станцією 98 та насосами 10 і 110.

Пристрій, зображений на Фіг.7-9, може використовуватися так, як описано вище для варіантів, ілюстрованих на Фіг.1-3. Джерело 22 розклинювального наповнювача завантажують, наприклад, піском. Для очистки пристрою від легких компонентів і для перевірки пристрою під тиском через усі робочі трубопроводи перепускають інертний газ із джерела 28 інертного газу. В одному з варіантів здійснення винаходу інертний газ подається у конічні посудини 22, в результаті чого тиск у посудинах 22 стає більшим, ніж тиск у баках 16, в яких утримується ЗНГ-суміш. Після цього інертний газ перепускається через насоси 10 і 110. Далі по трубопроводах 108, 133, 128, 131 і 112 постачається флюїд для гідророзриву відповідно до програми процесу гідророзриву, починаючи перевіркою під тиском флюїду для гідророзриву. Желатинувальний матеріал постачається в міру його потреби по трубопроводу 114, а розклинювальний наповнювач подається по обладнаних шнековими транспортерами трубопроводах 127 і 129, коли це потребується відповідно до програми гідророзриву. ЗНГ-суміш, яка повертається зі свердловини 14, може спалюватися. По завершенні закачування флюїду для гідророзриву у свердловину, коли у пласт вже введена достатня кількість розклинювального наповнювача, інертний газ знову подається в усі робочі трубопроводи і з них по трубопроводу 34-у опалювальну трубу 38 для очистки зрідженого нафтового газу від компонентів пристрою. Інертний газ виходить із компонентів пристрою. Після цього зі свердловини приймається зворотний потік для видобування або для спалювання газоподібного ЗНГ. У разі наявності вихідного комерційного газопроводу ЗНГ-суміш замість спалювання може постачатися у цей газопровід для її продажу. У трубопроводі 112 може бути встановлений клапан скидання тиску для запобігання виникненню в ньому надмірного тиску, котрий може викликати пошкодження нагнітальних посудин 22.

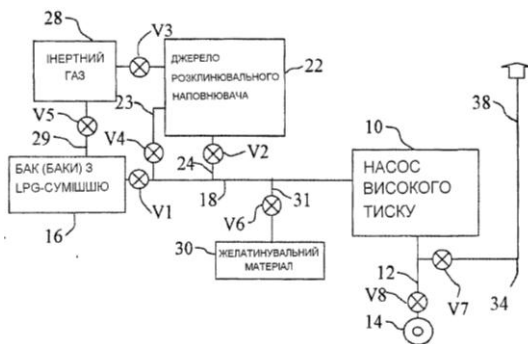
На Фіг.10 показана схема, що ілюструє створені за допомогою запропонованого процесу штучні тріщини 138, що поширюються по радіусу від свердловини 146 у геологічному пласті 40, обмеженому лініями 142 під поверхню 147 землі. Тріщини 138 роблять пласт 140 пористим і проникним. Ці тріщини поширюються у пласті в напрямку від колони 144 насосно-компресорних труб, по котрим закачується флюїд для гідророзриву. В обробленому таким чином пласті залишається менше 10%(мас), або навіть менше 5%(мас.) чи 1%(мас.) кількості вуглеводневого флюїду для гідророзриву, закачаного у свердловину. Інакше кажучи, майже весь використаний флюїд для гідророзриву може бути відновлений. ЗНГ має приби-

лизно половину гідростатичного тиску води. Отже, пластовий тиск буде, цілком очевидно, значно перевищувати тиск ЗНГ-флюїду для гідророзриву і, таким чином, буде сприяти зворотному потоку. ЗНГ-суміш також створює одну фазу зворотного потоку шляхом змішування з пластовим газом. Завдяки цьому, запропонований процес дозволяє виключити  $\text{CO}_2$  як газ, що сприяє зворотному потоку. Оскільки випарена ЗНГ-суміш має практично нульову в'язкість, цей желатинований вуглеводень не залишається у свердловині.

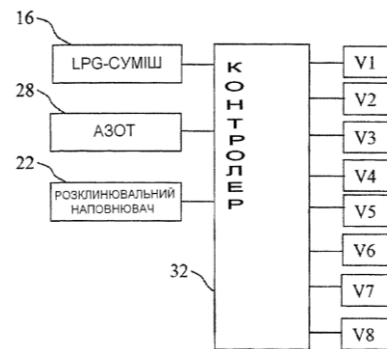
Коли пісок свердловини видалений, свердловина закривається, а опалювальна труба відкривається і всі позбавлені піску компоненти видуватимуться азотом.

Пристрій, зображений на Фіг.1, 3 або 8, може працювати без додавання розклинювального наповнювача або без додавання желатинувального матеріалу, але за рахунок зниження ефективності розриву.

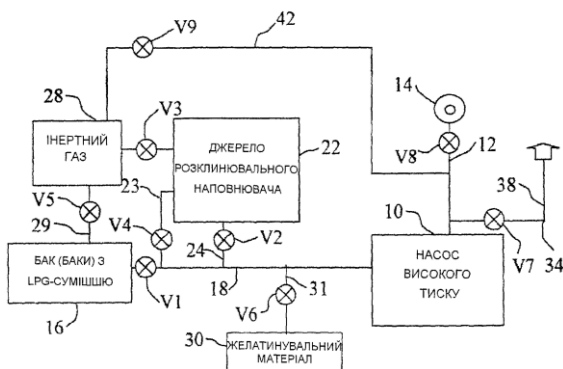
В описані тут варіанти здійснення винаходу можуть вноситися несуттєві зміни, що лежать у межах, окреслених Формулою винаходу.



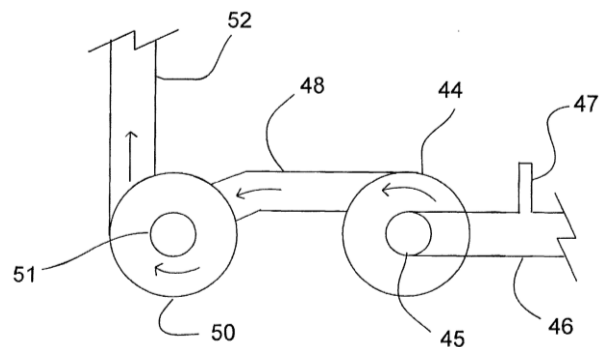
ФІГ. 1



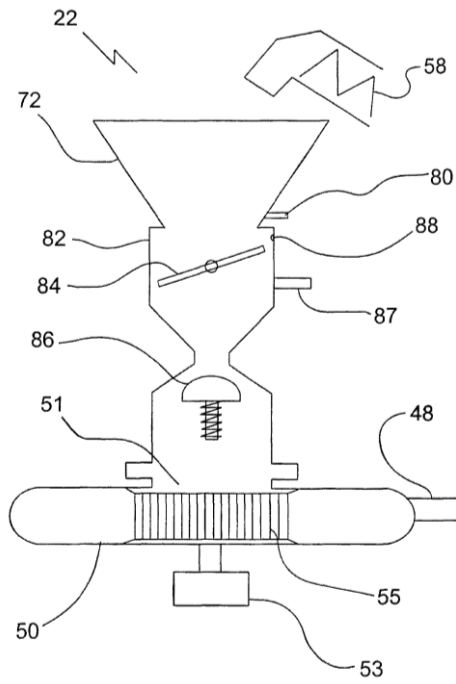
ФІГ. 2



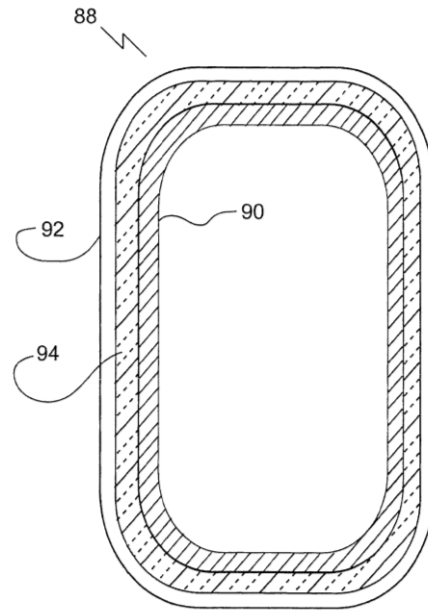
ФІГ. 3



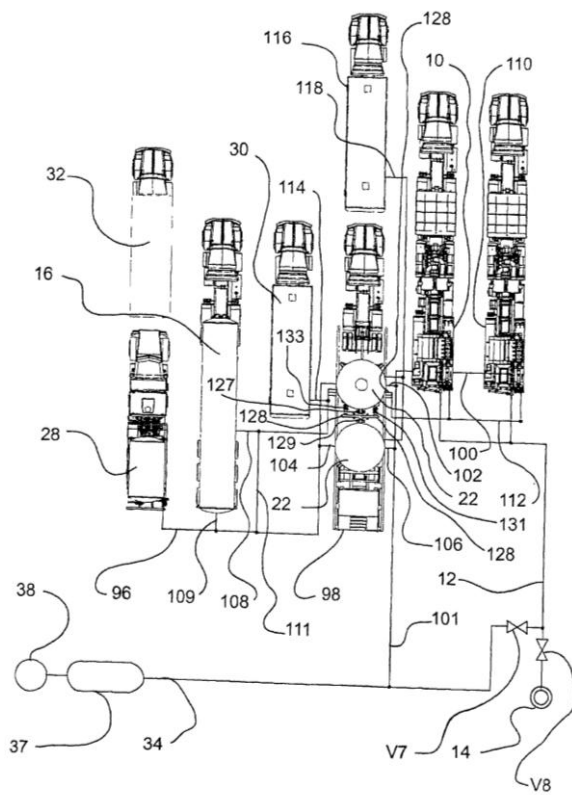
ФІГ. 4



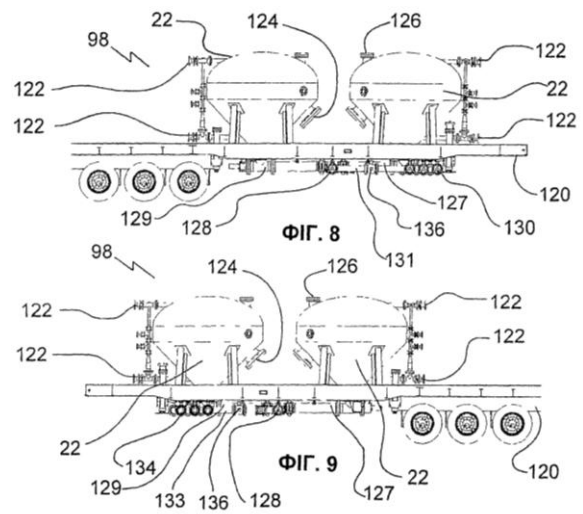
ФИГ. 5



ФИГ. 6

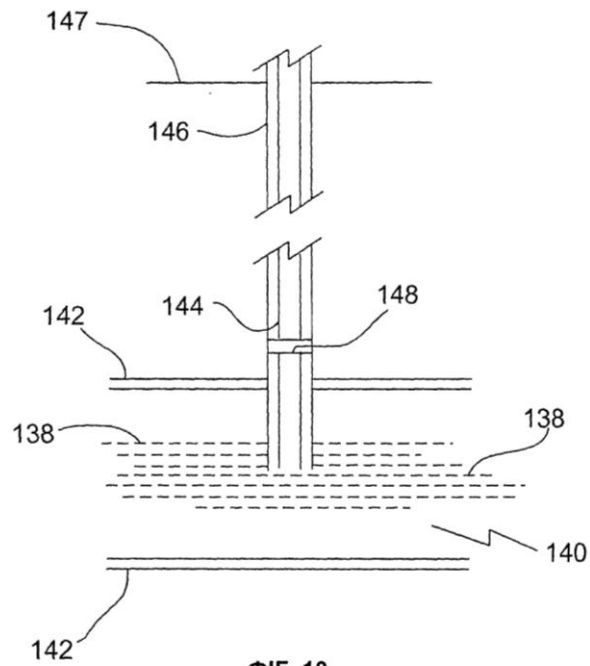


ФИГ. 7



ФИГ. 8

ФИГ. 9



ФІГ. 10