



УКРАЇНА

(19) UA (11) 64281 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
F16L 55/04  
F04F 1/20 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ БОРОТЬБИ З ГІДРОУДАРОМ У НАГНІТАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДАХ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

1

(21) 2003043784

(22) 24.04.2003

(24) 10.01.2008

(72) КИРИЧЕНКО ЄВГЕН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, ЧЕ-  
БЕРЯЧКО ІВАН МИХАЙЛОВИЧ, UA, ЄВТЄЄВ ВО-  
ЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
UA

(56) UA 29097 C2, F04F 1/20, 17.12.2001

JP 05126298 A, F17D 1/20, 21.05.1993

JP 63210500 A, F17D 1/20, E02B 7/20, 01.09.1988

SU 501245, F16L 55/04, 10.10.1976

US 5647392, F17D 1/20, 15.07.1997

(57) 1. Спосіб боротьби з гідроударом у нагнітальних трубопроводах, що включає подачу повітря та води в трубопровід перед зупинкою насосної установки, який **відрізняється** тим, що попередньо задають об'єм стисненого повітря, яке подають в нагнітальний трубопровід насоса, припиняють подачу води в нагнітальний трубопровід насоса та подають стиснене повітря в нагнітальний трубопровід насоса, контролюють величину об'єму стисненого повітря під час його подачі у нагнітальний трубопровід насоса, порівнюють контрольовану величину з заданою та при досягненні їх відповідності виконують зупинку насоса.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що заданий об'єм стисненого повітря в нагнітальний трубопровід насоса вводять періодично.

3. Насосна установка для боротьби з гідроударом у нагнітальних трубопроводах, яка містить багато-

2

ступінчастий насос з всмоктувальним і обладнаним керованою засувкою нагнітальним трубопроводом, акумулятор, компресор з обладнаним зворотним клапаном нагнітальним трубопроводом, зливний резервуар та керовані засувки, яка **відрізняється** тим, що нагнітальний трубопровід насоса сполучений по ходу руху потоку рідини в ньому спочатку з донною, а потім - з верхньою частинами акумулятора через обладнані відповідними керованими засувками окремі патрубки, нагнітальний трубопровід компресора містить керовану засувку та сполучений з акумулятором, керована засувка нагнітального трубопроводу насоса встановлена між зонами його з'єднання з окремими патрубками, донна частина акумулятора, в свою чергу, сполучена через обладнаний керованою засувкою зливний трубопровід зі зливним резервуаром, датчик визначення витрати стисненого повітря сполучений з окремим патрубком, через який нагнітальний трубопровід насоса сполучений з верхньою частиною акумулятора, датчик визначення витрати рідини сполучений з ділянкою нагнітального трубопроводу насоса, яка розташована між зонами його з'єднання з окремими патрубками, при цьому блок керування з'єднаний з насосом, компресором, датчиками визначення витрат рідини та стисненого повітря, а також всіма керованими засувками, а всмоктувальний та нагнітальний трубопроводи насоса обладнані відповідними зворотними клапанами.

Винахід відноситься до гірничої промисловості, зокрема до експлуатації трубопровідного транспорту і може бути використаний у шахтному водовідливі з великих глибин.

Відомий спосіб підйому води з великих глибин ерліфтом, що включає відкачку шахтної води у складі водоповітряної суміші шляхом подачі стисненого повітря в насос, відділення повітря від рідини до виходу його з підйомної труби насоса і подачу відділеного від рідини стисненого повітря

знову на стиск у проміжний ступінь насоса [патент України №29097, кл. F04F1/20, 2000р.].

Недоліками відомого способу є низька його ефективність при боротьбі з гідроударом внаслідок недостатнього гашення коливань тиску у всьому нагнітальному трубопроводі насоса у зв'язку з обмеженою витратою впуску в проміжну ступінь насоса стисненого повітря, яке далі надходить в нагнітальний трубопровід насоса, де безпосередньо відбувається процес гідроудару, істотне погір-

(13) C2

(11) 64281

(19) UA

ршення напірно-витратних характеристик насоса через подачу стисненого повітря безпосередньо в насос та постійна робота насоса на водоповітряній суміші.

Відома система для перекачування рідини та газу, яка містить ряд робочих камер, всмоктувальні і нагнітальні трубопроводи з клапанами, сполучені з джерелом і споживачем, встановлені в відповідних робочих камерах сигналізатори верхнього рівня рідини, поворотні двоходові розподільні крани та відцентровий насос при цьому всмоктувальний патрубок насоса містить гідроаккумулятор, в якому встановлено трьох-ступінчастий ежектор [А.с. СРСР №1288373 кл. F04 F1/02, 1987р.].

Недоліками відомої системи є складність конструкції і значна металоемність системи.

Найбільш близьким технологічним рішенням є спосіб запобігання гідравлічних ударів у пульповодах і водоводах з насосами, який включає впуск повітря в потік рідини всмоктувальної труби насоса та зупинку насоса після поширення повітря по всій довжині його нагнітального трубопроводу [а.с. СРСР №501245 кл. F16L55/04, F04B49/10. Пневмокомпенсатор для гашення пульсації тиску в гідравлічних магістралях / Л.І. Махарадзе, Г.І. Кирмелашвілі, Д.Г. Сулаберидзе (СРСР).-2с.:іл.].

Недоліками найбільш близького технологічного рішення є неможливість ефективного гашення гідравлічного удару у вертикальному нагнітальному трубопроводі насоса навіть при умові впуску у всмоктувальну трубу насоса обмеженого 15% за об'ємом повітря при атмосферному тиску, внаслідок чого не відбувається значних витрат кінетичної енергії гідроудару на додаткове стиснення зосередженого в нагнітальному трубопроводі насоса повітря, що обумовлює незначне гашення коливань тиску у цьому трубопроводі безпосередньо при гідроударі.

Найбільш близьким технологічним рішенням є насосний пристрій для підйому води з великих глибин, який містить багатоступінчастий насос з всмоктувальним і нагнітальним трубопроводами, компресор, встановлений у ставі нагнітального трубопроводу насоса акумулятор та зливний резервуар, при цьому акумулятор сполучений обладнанням керованою засувкою повітряпроводом із проміжною ступінню насоса, розташована між насосом та акумулятором ділянка нагнітального трубопроводу насоса сполучена з манометром та містить керовану засувку, компресор сполучений через обладнаний зворотним клапаном відповідний трубопровід з повітряпроводом, а ділянка нагнітального трубопроводу насоса, яка розташована по ходу руху потоку рідини в ньому після акумулятора, містить керовану засувку [патент України №29097, кл. F04F1/20, 2000р.].

Недоліками найбільш близького технологічного рішення є низька його ефективність при боротьбі з гідроударом внаслідок недостатнього гашення коливань тиску у всьому нагнітальному трубопроводі насоса у зв'язку з обмеженою витратою подачі стисненого повітря в проміжну ступінь насоса, яке далі надходить в нагнітальний трубопровід насоса, де безпосередньо відбувається процес

гідроудару, істотне погіршення напірно-витратних характеристик насоса через подачу повітря безпосередньо в насос, постійна робота насоса на водоповітряній суміші та значна енергоемність установки у зв'язку з наявністю потужного компресора.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу боротьби з гідроударом у нагнітальних трубопроводах в якому, шляхом вибору інших технологічних параметрів, забезпечується можливість досягнення значного зниження кінетичної енергії гідроудару внаслідок виконання динамічними навантаженнями, які виникають при гідроударі, роботи з додаткового стиснення введенного в нагнітальний трубопровід насоса повітря, гашення коливань тиску у всьому нагнітальному трубопроводі і за рахунок цього підвищення ефективності боротьби з гідроударом.

Поставлена задача розв'язується таким чином, що спосіб боротьби з гідроударом у нагнітальних трубопроводах, що включає подачу повітря та води в трубопровід перед зупинкою насосної установки, який відповідно до винаходу відрізняється тим, що попередньо задають об'єм стисненого повітря, яке подають в нагнітальний трубопровід насоса, припиняють подачу води в нагнітальний трубопровід насоса та подають стиснене повітря в нагнітальний трубопровід насоса, контролюють величину об'єму стисненого повітря під час його подачі у нагнітальний трубопровід насоса, порівнюють контрольовану величину з заданою та при досягненні їх відповідності виконують зупинку насоса. Крім того заданий об'єм стисненого повітря в нагнітальний трубопровід насоса вводять періодично.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення пристрою для боротьби з гідроударом у нагнітальних трубопроводах в якому, шляхом іншого з'єднання елементів відомої конструктивної схеми, забезпечується можливість досягнення значного зниження кінетичної енергії гідроудару внаслідок виконання динамічними навантаженнями, які виникають при гідроударі, роботи з додаткового стиснення введенного в нагнітальний трубопровід насоса повітря, гашення коливань тиску у всьому нагнітальному трубопроводі і за рахунок цього підвищення ефективності боротьби з гідроударом.

Поставлена задача розв'язується таким чином, що насосна установка для боротьби з гідроударом у нагнітальних трубопроводах, яка містить багатоступінчастий насос з всмоктувальним і обладнанням керованою засувкою нагнітальним трубопроводами, акумулятор, компресор з обладнаним зворотним клапаном нагнітальним трубопроводом, зливний резервуар та керовані засувки, яка відповідно до винаходу відрізняється тим, що нагнітальний трубопровід насоса сполучений по ходу руху потоку рідини в ньому спочатку з донною, а потім з верхньою частинами акумулятора через обладнані відповідними керованими засувками окремі патрубки, нагнітальний трубопровід компресора містить керовану засувку та сполучений з акумулятором, керована засувка нагнітального трубопроводу насоса встановлена між зонами його з'єднання з окремими патрубками,

донна частина акумулятора, в свою чергу, сполучена через обладнаний керованою засувкою зливний трубопровід зі зливним резервуаром, датчик визначення витрати стисненого повітря сполучений з окремим патрубком, через який нагнітальний трубопровід насоса сполучений з верхньою частиною акумулятора, датчик визначення витрати рідини сполучений з ділянкою нагнітального трубопроводу насоса, яка розташована між зонами його з'єднання з окремими патрубками, при цьому блок керування з'єднаний з насосом, компресором, датчиками визначення витрат рідини та стисненого повітря, а також всіма керованими засувками, а всмоктувальний та нагнітальний трубопроводи насоса обладнані відповідними зворотними клапанами.

На Фіг.1 подана схема насосної установки для боротьби з гідроударом у нагнітальних трубопроводах, яка містить багатоступінчастий насос 1 зі всмоктувальним 2 та нагнітальним 3 трубопроводами, що обладнані зворотними клапанами 4 та 5 відповідно, акумулятор 6, при цьому нагнітальний трубопровід 3 сполучений по ходу руху потоку рідини в ньому спочатку з донною, а потім з верхньою частинами акумулятора 6 через окремий патрубок 7, який містить керовану засувку 8, та окремий патрубок 9, який обладнаний керованою засувкою 10 і датчиком визначення витрати стисненого повітря 11 відповідно, розташована між зонами з'єднання з окремими патрубками 7 та 9 ділянка нагнітального трубопроводу 3 містить керовану засувку 12 та сполучена з датчиком визначення витрати рідини 13, акумулятор 6 сполучений як з компресором 14 через нагнітальний трубопровід 15, який обладнаний зворотним клапаном 16 та керованою засувкою 17, так і своєю донною частиною зі зливним резервуаром 18 через зливний трубопровід 19, який, в свою чергу, містить керовану засувку 20, а блок керування 21 з'єднаний з насосом 1, компресором 14, датчиками визначення витрат рідини 13 та стисненого повітря 11, а також всіма керованими засувками 8, 10, 12, 17 та 20.

В разі використання даної установки у шахтному водовідливні з великих глибин, у ролі акумулятора 6 може виступати спеціально обладнана гірничавиробітка.

На Фіг.2 наведені схеми поздовжнього перетину вертикального нагнітального трубопроводу насоса, безпосередньо перед зупинкою насоса:

а - при одноразовому введенні в нагнітальний трубопровід 3 насоса 1 заданого об'єму стисненого повітря;

б - при періодичному введенні в нагнітальний трубопровід 3 насоса 1 заданого об'єму стисненого повітря;

1-I та II-II - поперечні перерізи нагнітального трубопроводу насоса, від яких починають поширюватися коливання тиску безпосередньо при гідроударі;

22 - рідина;

23, 24, 25 - снаряди стисненого газу.

На Фіг.3 подані схеми графіків поширення амплітуд коливань тиску (А) в часі (t) по довжині (L)

нагнітального трубопроводу насоса, які відбуваються безпосередньо при гідроударі:

3.1 - що починають поширюватися безпосередньо від поперечного перерізу 1-I нагнітального трубопроводу насоса;

3.2 - що починають поширюватися безпосередньо від поперечного перерізу II-II нагнітального трубопроводу насоса;

3.3 - суперпозиція амплітуд коливань тиску, які поширюється в часі по довжині нагнітального трубопроводу 3 насоса 1 з урахуванням розповсюдження амплітуд коливань 3.1, 3.2 та амплітуд коливань, відбитих від поверхонь розподілу компонентів;

3.4 - що починають поширюватися безпосередньо від поперечного перерізу 1-I нагнітального трубопроводу насоса, якби впуск в нього стисненого повітря був відсутній.

Спосіб боротьби з гідроударом у нагнітальних трубопроводах за допомоги наведеної на Фіг.1 насосної установки реалізується наступним чином.

Попередньо задають об'єм стисненого повітря, який подають в нагнітальний трубопровід 3 та з урахуванням параметрів установки визначають періодичність його введення.

Перед запуском насосної установки блок керування 21 робить зарядку акумулятора 6 попередньо стисненим повітрям шляхом відкриття керованої засувки 17 і подачі стисненого повітря від компресора 14 по нагнітальному трубопроводу 15, при цьому керовані засувки 8, 10, 12 та 20 повністю закриті, насос 1 заливають водою і виконують його запуск з послідуною зупинкою компресора 14.

При досягненні номінальної швидкості обертання вала насоса 1 блок керування 21 поступово відкриває керовану засувку 8 і по окремому патрубку 7 потік рідини надходить в акумулятор 6, де вода дожимає попередньо стиснене компресором 14 повітря, яке локалізується у верхній його частині, до робочого тиску насоса 1, при цьому зворотний клапан 16 не пропускає стиснене повітря назад до компресора 14. Після повного відкриття керованої засувки 8 блок керування 21 поступово відкриває керовану засувку 12 і по нагнітальному трубопроводу 3, через зворотний клапан 5, здійснюється процес перекачування рідини.

Безпосередньо перед зупинкою насоса 1 блок керування 21 цілком закриває керовану засувку 12 і одночасно відкриває керовану засувку 10, у результаті чого стиснене повітря з акумулятора 6 надходить в нагнітальний трубопровід 3, де воно утворює снаряд стисненого повітря 23 (див. Фіг.2, а). При цьому інформацію стосовно витрати подачі в нагнітальний трубопровід 3 стисненого повітря в функції часу, блок керування 21 отримує за допомогою датчика визначення витрати стисненого повітря 11. Після надходження в нагнітальний трубопровід 3 заданого об'єму стисненого повітря, блок керування 21 цілком закриває всі керовані засувки 8, 10, 12, 17 та 20 з наступною зупинкою насоса 1.

У цьому випадку кінетична енергія гідроудару частково витрачається на додаткове стиснення снаряду стисненого повітря 23, який перекидає

весь поперечний переріз I-I нагнітального трубопроводу 3, в наслідок чого загальний динамічний тиск при гідроударі не перевищує величину максимально допустимого тиску, який витримується існуючою стандартною запірною арматурою.

При значних геометричних висотах підйому води однією насосною установкою зростає довжина  $L$  нагнітального трубопроводу 3 і однократного введення в нього заданого об'єму стисненого повітря стає недостатньо для ефективного гашення амплітуд коливань тиску, які відбуваються у цьому трубопроводі під час гідроудару.

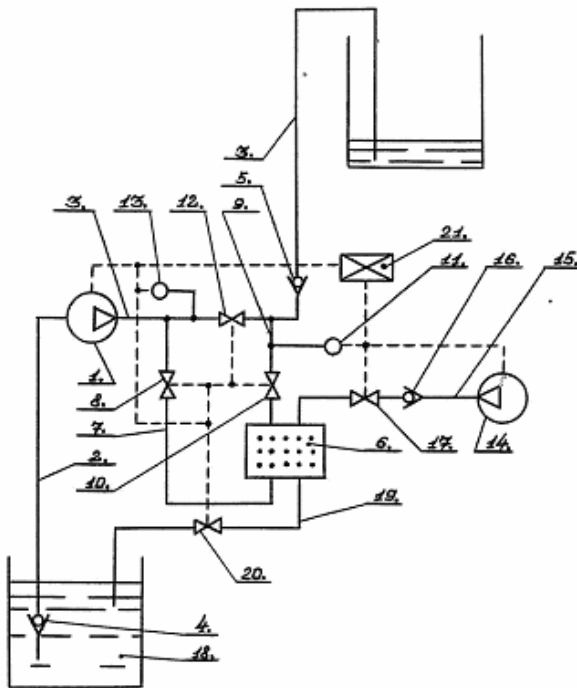
Для вирішення даної проблеми заданий об'єм стисненого повітря у нагнітальний трубопровід 3 вводять періодично.

Періодичність подачі заданого об'єму стисненого повітря у нагнітальний трубопровід 3 забезпечує блок керування 21 з врахуванням інформації, яка надходить від датчика визначення витрати рідини 13 в функції часу, шляхом періодичності повного закриття керованої засувки 12 при повністю відкритій керованій засувці 10 та повного відкриття керованої засувки 12 при повністю закритій керованій засувці 10.

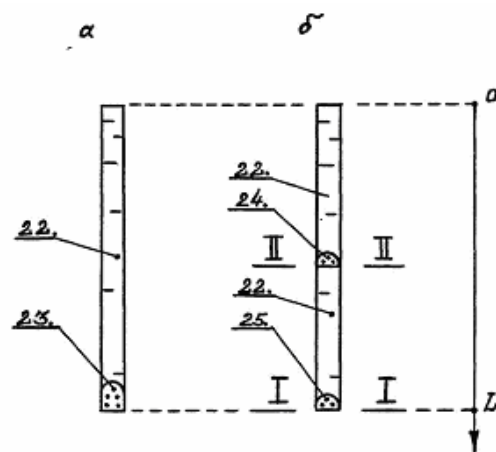
У цьому випадку крім часткової витрати кінетичної енергії гідравлічного удару на додаткове стиснення снарядів стисненого повітря 24 та 25 (див. Фіг.2, б), які знаходяться в нагнітальному трубопроводі 3, завдяки снаряду стисненого пові-

тря 24, який виступає в ролі демпфера, забезпечується можливість досягнення співпадання в часі додатних амплітуд ( $A_1$ ) коливань тиску при гідроударі, які поширюються від поперечного перерізу I-I нагнітального трубопроводу 3 з від'ємними амплітудами ( $A_2$ ) коливань тиску при гідроударі, які поширюються від поперечного перерізу II-II нагнітального трубопроводу 3 та навпаки і за рахунок цього досягається зниження загальних амплітуд коливань тиску (ефект суперпозиції) при гідроударі, які не перевищують максимального значення цієї величини ( $A_{\max}$ ), що витримується існуючою стандартною запірною арматурою (див. схеми графіків (3.1, 3.2, 3.3, 3.4, Фіг.3). При цьому амплітуди коливань тиску, які поширюються в нагнітальному трубопроводі 3 при відсутності в ньому стисненого повітря на момент зупинки насосної установки, неминуче призведуть до руйнування стандартної запірної арматури, що ставить під загрозу функціонування системи центрального шахтного водовідливу в цілому.

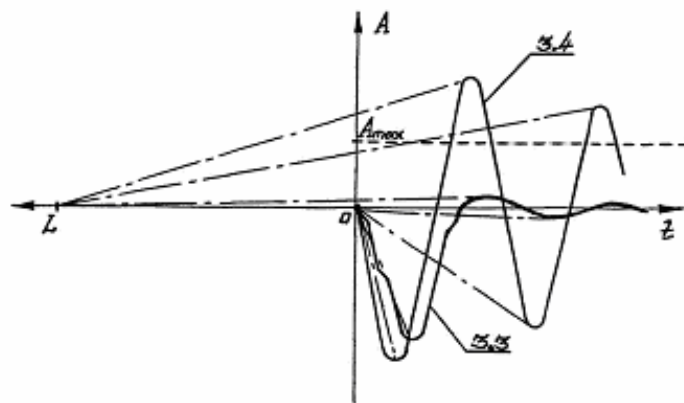
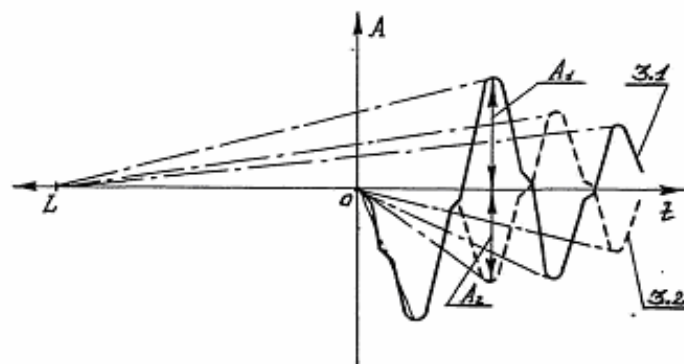
Таким чином, застосування винаходу, що заявляється, дозволить значно знизити загальні амплітуди коливань тиску при гідроударі у вертикальному нагнітальному трубопроводі насоса, що забезпечить підвищення рівня безпеки та надійності роботи шахтних водовідливних установок при використанні стандартної напірної арматури.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фиг. 3