



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83912 (13) C2
(51) МПК (2006)
B01D 24/00
C02F 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ФІЛЬТР ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

1

(21) а200611364
(22) 30.10.2006
(24) 26.08.2008
(46) 26.08.2008, Бюл.№ 16, 2008 р.
(72) КУЛІШЕНКО ОЛЕКСІЙ ЮХИМОВИЧ, UA, ОС-
ТАПЕНКО ВОЛОДИМИР ТРОХИМОВИЧ, UA, БА-
РАНОВ ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ, UA, КРАВЧЕНКО
ТАМАРА БОРИСІВНА, UA, ОСТАПЕНКО РОМАН
ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA
(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДА-
ЛЬНІСТЮ "ГІДРОЕКОЛОГІЯ ЛТД", UA
(56) SU 1816481 A1, 23.05.1993
SU 1175530 A, 30.08.1985
UA 34705 A, 15.03.2001
US 3419251 A, 31.12.1968
EP 1426087 A1, 09.06.2004
US 20050035071 A1, 17.02.2005
DE 3902275, 02.08.1990
EP 0328786 A1, 23.08.1989
(57) 1. Фільтр для очищення води, який включає
корпус, завантажений фільтруючим матеріалом,
верхній розподільник вихідної рідини з отворами,
які направлені вниз, кільцевий жолоб для відве-
дення промивної води, нижній розподільник для
відведення фільтрату і подачі промивної води,

2

який відрізняється тим, що верхній розподільник
вихідної рідини виконаний у вигляді колектора з
відгалужуючими патрубками з отворами, причому
отвори на сусідніх відгалужуючих патрубках вико-
нані протилежно один одному, а осі цих отворів
направлені вниз назустріч одна одній під кутом β
до горизонталі для забезпечення перетинання
струменів, які з них витікають, у просторовому
проміжку між верхнім розподільником вихідної рі-
дини і кільцевим жолобом.

2. Фільтр за п. 1, який відрізняється тим, що кут
нахилу осі отвору до горизонталі β визначають із
системи рівнянь:

$$Z_1 = (g * X_1^2 / 2 * V_1^2 * \cos^2 \beta_1) + X_1 * \operatorname{tg} \beta_1;$$
$$Z_2 = (g * X_2^2 / 2 * V_2^2 * \cos^2 \beta_2) + X_2 * \operatorname{tg} \beta_2;$$
$$Z_1 = Z_2;$$

де: Z і X - координати вузлів перетинання стру-
менів, що задаються у просторовому проміжку між
верхнім розподільником і кільцевим жолобом, g -
прискорення вільного падіння, V - швидкість виті-
кання води з отвору.

Винахід відноситься до області фільтрування
води, зокрема, до фільтрів, що містять зернистий
фільтруючий матеріал, і може бути використаний
для очищення природних і стічних вод, у тому чис-
лі від сірководню, заліза й марганцю.

Відомий фільтр освітлювальний напірний ФОВ
[1], який включає закритий циліндричний корпус зі
сферичними днищами, завантажений зернистим
фільтруючим матеріалом, верхній перфорований
розподільник для подачі вихідної води, розміще-
ний над шаром фільтруючого матеріалу, нижній
трубчатий перфорований розподільник (дренаж)
для відведення фільтрованої води й подачі про-
мивної води, розміщений в основі шару фільтрую-
чого матеріалу.

Очищення води у фільтрі ФОВ проводиться в
напірному режимі. Вихідна вода під тиском пода-
ється у верхній розподільник, з якого надходить у
шар фільтруючого матеріалу, проходить через

нього зверху вниз, внаслідок чого звільняється від
домішок (зважених частинок, солей заліза та ін.
компонентів). Очищена вода збирається нижнім
розподільником (дренажем) і відводиться спожи-
вачеві або на ступінь подальшого водоочищення.
У циклі очищення води фільтруючий матеріал за-
бруднюється, і фільтр виводиться на промивку.
При промивці в нижній розподільник подається
вода, яка з великою швидкістю зворотним потоком
проходить через фільтруючий матеріал, відриває
й відтирає з поверхні його зерен забруднення і
через верхній розподільник скидається в каналі-
зацію.

Для розглянутої конструкції характерні наступ-
ні недоліки, властиві всім напірним фільтрам. У
циклі фільтрування на вході в корпус фільтру потік
води різко розширюється, з нього виділяються
бульбашки газів, «загазовуючи» фільтруючий ма-
теріал і внутрішню ємкість корпусу фільтра. Крім

C2
(13)

83912
(11)

UA
(19)

того, в напірному пристрої складно здійснити попередню аерацію води (наприклад, для її знезалізнення). Відведення й скидання забрудненої промивної води через локалізований верхній розподільувач сприяє формуванню в шарі фільтруючого матеріалу застійних зон, чим посилює несприятливі умови для фільтрування. «Загазовування» шару й формування в ньому застійних зон призводять до зростання місцевих швидкостей фільтрування, що у відсутності аерації води значно знижує технологічну ефективність процесу водоочищення. При тривалій експлуатації фільтруючий шар може закольматуватись, що виведе фільтр з ладу.

Вказані недоліки напірних фільтрів частково усуваються при використанні безнапірних фільтрів. В даний час широко застосовуються безнапірні фільтри [2]. Фільтр включає відкритий циліндричний корпус, завантажений зернистим фільтруючим матеріалом, верхній перфорований трубчатий розподільувач для подачі вихідної води (аератор), розміщений над шаром фільтруючого матеріалу, і нижні трубчаті перфоровані розподільувачі, розташовані в основі шару фільтруючого матеріалу: водяний дренаж для збору й відведення фільтрованої води та подачі промивної води і розподільувач повітря. Над поверхнею фільтруючого матеріалу по центру фільтра розміщена приймальна воронка промивної води у вигляді зворотного конусу.

В процесі експлуатації фільтру вихідна вода подається у верхній розподільувач (аератор), виливається з отворів над поверхнею фільтруючого матеріалу, внаслідок чого насичується киснем повітря. В ході фільтрування зверху вниз вода звільняється від солей заліза, яке окислюється і гідролізується з утворенням пластівців нерозчинного гідроксиду заліза, що затримуються в міжзерновому просторі фільтруючого матеріалу. Знезалізнена вода збирається нижнім розподільувачем (дренажем) і відводиться споживачеві. При забрудненні фільтруючого матеріалу і втраті ним фільтруючої здатності, фільтр виводиться на промивку. Для здійснення промивки подача вихідної води припиняється, а в нижній розподільувач вводиться промивна вода й повітря, які з високою швидкістю рухаються від низу до верху, відтираючи й відмиваючи накопичені в завантаженні забруднення. Забруднена промивна вода через приймальну воронку скидається в каналізацію.

Як впливає з технічної суті фільтрів цієї конструкції, система спрощеної аерації шляхом вільного зливу вихідної води з отворів аератору є недостатньою для видалення розчинених газів і насичення води киснем повітря. Крім того, в ході промивки в шарі фільтруючого матеріалу потік води розподіляється таким чином, що по осі фільтру формується висхідне «ядро» з води, бульбашок повітря і зерен завантаження. У стінок фільтру висхідний потік води - незначний або змінює напрямок на низхідний. При цьому відмиті забруднення повторно осідають і рециркулюють назад у фільтруючий шар. Центральна воронка «захлинається» і не пропускає необхідну витрату промивної води. В результаті у стінок фільтру при його три-

валій експлуатації формується шар з брудного завантаження, яке не бере участь в процесі фільтрування. В інших ділянках фільтруючого матеріалу локальні швидкості води зростають, що призводить до зниження ефективності очищення води та винесення забруднень у фільтрат.

Таким чином, недоліками відомого фільтру [2] є недостатньо високі пропускна спроможність і глибина очищення води, а також повторне винесення забруднень у фільтрат.

Відомий безнапірний фільтр [3] включає відкритий циліндричний корпус з плаваючим зернистим фільтруючим матеріалом, верхній перфорований трубчатий розподільувач вихідної і промивної води, нижній перфорований трубчатий розподільувач (дренаж) для збору й відведення фільтрованої і забрудненої промивної води. Вихідна вода подається через аератор у вигляді стакану, над яким встановлено другий стакан. Внутрішня поверхня зовнішнього стакану і зовнішня поверхня внутрішнього стакану утворюють кільцевий канал, направлений в напрямку кришки фільтра. Для забезпечення аерації в корпусі фільтра влаштовані вікна з жалюзі.

Вихідна вода у вигляді кільцевого струменя під напором виходить з аератору, вдаряється о нижню поверхню кришки, відбивається від неї і падає у приймальну воронку, після якої розподіляється у фільтруючому матеріалі за допомогою верхнього розподільувача. Аерована вода фільтрується зверху вниз через фільтруючий матеріал, збирається нижнім розподільувачем і відводиться до споживача. Після забруднення фільтруючого матеріалу у тому ж напрямку подається промивна вода, яка розширює шар матеріалу, вимиває з нього забруднення і через той же самий нижній розподільувач відводиться в каналізацію.

Як недоліки фільтру [3] можна відмітити наступне. Первинний напрямок подачі вихідної води в аераторі (знизу вгору) є нераціональним з огляду додаткових витрат кінетичної енергії висхідних струменів, що в свою чергу визначає необхідність застосування надпотужних насосів, які подають вихідну воду. Крім того, збіг напрямків фільтрування й промивки (зверху вниз) з видаленням чистої фільтрованої води й забрудненої промивної води через один (нижній) дренаж неприйнятний з санітарних позицій. При фільтруванні в першу чергу забруднюються верхні шари плаваючого фільтруючого матеріалу. При промивці ці забруднення транспортуються крізь весь шар матеріалу і частково забруднюють нижній розподільувач, через який потім відводиться очищена питна вода.

Найбільш близьким аналогом до винаходу за технічною суттю і результатом, що досягається, є фільтр [4]. Фільтр включає відкритий циліндричний корпус, завантажений зернистим фільтруючим матеріалом, верхній розподільувач вихідної рідини (аератор), розташований по осі корпусу над фільтруючим матеріалом та виконаний з отворами, які направлені вертикально вниз, розміщені по осі корпусу фільтра між верхнім розподільувачем і фільтруючим матеріалом конічний відбивач вихідної води та відбивач промивної води, виконаний у вигляді зворотного конусу, а також кільцевий жо-

лоб для відведення промивної води 6, який встановлений на зовнішній поверхні корпусу на одному рівні з конусом-відбивачем промивної води. При цьому конус-відбивач промивної води сполучений в нижній частині з кільцевим жолобом, а перелив жолобу у місці з'єднання з корпусом фільтру закритий зверху козирком. Під фільтруючим матеріалом у дна фільтру розміщені нижні трубчаті перфоровані розподільвачі (дренажі) для відведення фільтрату і подачі промивної води та подачі повітря.

Фільтр [4] діє в такий спосіб. Струмені вихідної води, що виливається з отворів верхнього розподільвача, направлених вертикально вниз, вільно падають на конічний відбивач, відбиваються від нього, взаємодіючи зі стрічними струменями. Внаслідок цього посилюється процес спрощеної аерації, відбувається «донасичення» вихідної води киснем повітря, глибоке видалення з неї розчинених газів і відповідне підвищення ефективності водочиснення. Крім того, поєднання кільцевого жолобу і зворотного конусу-відбивача під час промивки фільтра сприяє ефективному горизонтальному транспорту промивної води у кільцевий жолоб, що в цілому покращує видалення забруднень. При цьому, відповідно, знижуються витрати води і електроенергії на промивку, а добре промите фільтруєче завантаження набуває структури, оптимальної для фільтрування.

Як показали наші дослідження, процес взаємодії струменів вихідної води у відомій конструкції фільтру [4] є нерегульованим. Більша частка струменів падає повз конічний відбивач. Бокові ж струмені, як найбільш віддалені від осі фільтра, взагалі не взаємодіють із зустрічними струменями. Це знижує вірогідність та ефективність взаємодії тих струменів, що падають, і тих, що відбиваються. Внаслідок цього не забезпечується достатня аерація води і, як наслідок, знижується глибина вилучення домішок, залишок яких у фільтраті перевищує вимоги ДСанПіН. Наприклад, при очищенні підземної води з залізом (концентрація 6мг/дм^3) і сірководнем (запах 4 бали) очищена вода містила залізо в кількості $0,5\text{мг/дм}^3$ і сірководень (запах 3 бали). Відповідні нормативні показники становлять $0,3\text{мг/дм}^3$ та 2 бали.

Таким чином, основними недоліками відомого фільтру є недостатня ефективність вилучення з води різних домішок (розчинених газів, заліза), які негативно впливають на органолептичні властивості питної води (смак, запах).

В основу винаходу поставлено задачу удосконалити конструкцію фільтру для очищення води шляхом нового просторового розташування отворів верхнього розподільвача вихідної рідини (аератора), що оптимізує систему виливу і взаємодії струменів води, які надходять з цих отворів. Це призведе до підвищення ефективності очищення води від розчинених газів (наприклад, сірководню) та домішок металів (наприклад, заліза) і, як наслідок, до поліпшення органолептичних властивостей питної води.

Для вирішення поставленої задачі запропонований фільтр для очищення води, який включає корпус, завантажений фільтруючим матеріалом,

верхній розподільвач вихідної рідини з отворами, які направлені вниз, кільцевий жолоб для відведення промивної води, нижній розподільвач для відведення фільтрату і подачі промивної води, в якому згідно з винаходом, верхній розподільвач вихідної рідини виконаний у вигляді колектору з відгалужуючими патрубками, оснащеними отворами, причому отвори на сусідніх відгалужуючих патрубках виконані протилежно один одному, а осі цих отворів направлені вниз назустріч одна одній під кутом в до горизонталі, що забезпечує перетинання струменів, які з них витікають, у просторовому проміжку між верхнім розподільвачем вихідної рідини і кільцевим жолобом; при цьому кут нахилу вісі отвору до горизонталі в визначають із системи рівнянь:

$$Z_1 = (g \cdot X_1^2 / 2 \cdot V_1^2 \cdot \cos^2 \beta_1) + X_1 \cdot \tan \beta_1;$$

$$Z_2 = (g \cdot X_2^2 / 2 \cdot V_2^2 \cdot \cos^2 \beta_2) + X_2 \cdot \tan \beta_2;$$

$$\text{за умови: } Z_1 = Z_2;$$

де: Z і X - координати вузлів перетинання струменів, що задаються у просторовому проміжку між верхнім розподільвачем і кільцевим жолобом, g - прискорення вільного падіння, V - швидкість витікання води з отвору.

Завдяки упорядженню просторового розташування отворів на відгалужуючих патрубках верхнього розподільвача вихідної рідини, а саме, протилежно один одному і під визначеним кутом до горизонталі, більш раціонально використовується кінетична енергія струменів вихідної води та збільшується ймовірність їх контакту між собою. Це, в свою чергу, призводить до поліпшення процесів вилучення з вихідної води розчинених газів (наприклад, сірководню), насичення води киснем повітря, окислення, гідролізу та видалення металів (наприклад, заліза) і, як наслідок, покращення органолептичних показників якості (присмаку й запаху).

Суть запропонованого винаходу пояснюється кресленнями, де на Фіг.1 зображений загальний вигляд фільтру для очищення води, а на Фіг.2 показано принцип взаємодії струменів вихідної води по площам вертикального (а) і горизонтального (б) перетинів фільтру.

Фільтр (Фіг.1) включає відкритий циліндричний корпус 1, завантажений зернистим фільтруючим матеріалом 2, верхній розподільвач вихідної рідини (аератор) 3, розташований по осі корпусу над фільтруючим матеріалом 2 та виконаний з отворами, які направлені вниз, розміщені по осі корпусу фільтра між верхнім розподільвачем 3 і фільтруючим матеріалом 2 конічний відбивач вихідної води (кришка) 4 та порожнистий відбивач промивної води 5, виконаний у вигляді зворотного конусу, а також кільцевий жолоб для відведення промивної води 6, який встановлений на зовнішній поверхні корпусу 1 на одному рівні з відбивачем промивної води 5. При цьому відбивач промивної води 5 сполучений в нижній частині з кільцевим жолобом 6. Під фільтруючим матеріалом у дна фільтру розміщені нижні водяний та повітряний розподільвачі для відведення фільтрату і подачі промивної води (дренаж) 7 та подачі повітря 8.

Верхній розподільвач вихідної рідини (аератор) 3 (Фіг.1 і 2) виконаний у вигляді колектору 9 з

відгалужуючими патрубками 10, отвори 11 в яких розміщені таким чином, щоб струмені, які з них витікають, перетинались у просторовому проміжку між верхнім розподільником вихідної рідини 3 і кільцевим жолобом 6. Для цього отвори на сусідніх відгалужуючих патрубках виконані протилежно один одному, а осі цих отворів направлені вниз назустріч одна одній під кутом до горизонталі в, який визначають з системи рівнянь:

$$Z_1 = (g \cdot X_1^2 / 2 \cdot V_1^2 \cdot \cos^2 \beta_1) + X_1 \cdot \operatorname{tg} \beta_1;$$

$$Z_2 = (g \cdot X_2^2 / 2 \cdot V_2^2 \cdot \cos^2 \beta_2) + X_2 \cdot \operatorname{tg} \beta_2;$$

за умови: $Z_1 = Z_2$;

де: Z і X - координати вузлів перетинання струменів, що задаються у просторовому проміжку між верхнім розподільником 9 і кільцевим жолобом 6, g - прискорення вільного падіння, V - швидкість витікання води з отвору.

В окремому випадку, показаному на Фіг.2б: $\beta_1 = \beta_2$ і $X_1 = X_2$.

Швидкість витікання води V з окремих отворів 11 визначається гідравлічним опором розподільника 3 і з достатньою точністю приймається однакою для всіх отворів одного діаметру. Параметр Z визначає мінімально припустиму відстань між верхнім розподільником 3 і системою пристроїв для видалення промивної води (конічним відбивачем 5 і кільцевим жолобом 6).

Фільтр діє наступним чином (Фіг.1).

Вихідна вода поступає в колектор 9 та відгалужуючі патрубки 10 верхнього розподільника вихідної рідини (аератору) 3 і з отворів 11 виливається над поверхню фільтруючого матеріалу 2. Струмені води, залежно від прийнятої схеми, перетинаються в просторі між верхнім розподільником 3 і системою відведення промивної води, що включає кільцевий жолоб 6, взаємодіють між собою (стикаються), диспергуються у вигляді крапель і падають вниз. Струмені й краплі, що потрапляють на конічний відбивач (кришку) 4, додатково відбиваються від нього і також падають або стікають вниз. При цьому з води «видається» значна кількість розчиненого сірководню. Аерована вода із заданою швидкістю фільтрується через шар фільтруючого матеріалу 2, залишаючи в ньому тверді частки і такі забруднення, що виділяються в процесі фільтрування (наприклад, пластівці гідроксиду заліза). Очищена вода збирається нижнім водяним розподільником (дренажем) 7 і відводиться до споживача або на подальше доочищення.

Після забруднення фільтруючого матеріалу 2 фільтр виводиться на промивку. Для цього припиняються подача вихідної води у верхній розподільник (аератор) 3 і відведення фільтрату нижнім водяним розподільником (дренажем) 7. Через той самий розподільник 7 у зворотному напрямку подається промивна вода, а через повітряний розподільник 8 у нижню частину фільтруючого матеріалу 2 вводиться повітря. Проходячи знизу-вгору вода і повітря відтирають і відривають від зерен фільтруючого матеріалу 2 забруднення, що накопичились в циклі фільтрування. Забруднена промивна вода переливається через верхню кромку корпусу фільтра 1 в кільцевий жолоб 6. Частка потоку промивної води природним чином локалізується по осі фільтру, ударяється у конічний відби-

вач 5, змінюючи свій напрямок на горизонтальний, і з високою швидкістю радіально розтікається у напрямку до кільцевого жолоба 6, інтенсифікуючи транспорт і видалення з фільтра забруднень. Частка промивної води, що в основному містить піну і різні плаваючі забруднення, видаляється через порожнистий конічний відбивач 5 в той самий жолоб 6. З кільцевого жолоба 6 забруднена промивна вода видаляється в каналізацію або на споруди для повторного використання. Після закінчення промивки подача промивної води і повітря припиняється, у верхній розподільник 3 подається вихідна вода, і фільтр знову включається в роботу.

Приклад виконання за винаходом.

Для фільтру продуктивністю $200 \text{ м}^3/\text{добу}$ ($0,0023 \text{ м}^3/\text{с}$) діаметром $1,4 \text{ м}$ застосовано верхній розподільник вихідної рідини 3 високого опору, зображений на Фіг.2а. Діаметр колектору 9 розподільника становить 50 мм при швидкості води $1,17 \text{ м/с}$. Діаметр відгалужуючих патрубків 10 (6шт.) становить 20 мм при швидкості води $1,22 \text{ м/с}$. Діаметр отворів 11 на відгалужуючих патрубках 10 є однаковим - 8 мм (площа отвору - $0,00005024 \text{ м}^2$), кожний отвір має пропускну спроможність:

$$q_o = \mu \cdot f_o \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = 0,62 \cdot 0,00005024 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} = 1,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

де $\mu = 0,62$ - коефіцієнт витрати отвору, $H = 1 \text{ м}$ - напір на отворі.

Загалом верхній розподільник 3 включає 18 шт. отворів 11 (по 3 шт. на відгалужуючий патрубок 10). Реальна витрата води на отвір становить: $0,0023/18 = 1,28 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$, швидкість води в отворі - $V = 2,5 \text{ м/с}$.

Відгалужуючі патрубки 10 довжиною $0,35 \text{ м}$ приєднані до колектору 9 з кроком $L_{\text{відг.}} = 0,3 \text{ м}$. Крок осі отворів 11 на патрубках 10 складає 150 мм . Прийнято $X_1 = X_2 = 0,3/2 = 0,15 \text{ м}$.

Кут нахилу отворів до лінії горизонту прийнято 60° . При цьому відстань до вузлу взаємодії струменів становить:

$$Z_1 = Z_2 = [(g \cdot X^2 / 2 \cdot V^2 \cdot \cos^2 \beta) + X \cdot \operatorname{tg} \beta] = [(9,81 \cdot 0,15^2 / 2 \cdot 2,5^2 \cdot \cos^2 60^\circ) + 0,15 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ] = 0,33 \text{ м}$$

Струмені води взаємодіють посередині просторового проміжку між верхнім розподільником вихідної рідини 3 і кільцевим жолобом 6 - Фіг.1. При цьому відстань від розподільника 3 до кромки переливу жолоба 6 - $0,8 \text{ м}$.

Висота шару грубозернистого фільтруючого матеріалу 2 складає $H_{\text{ф.м.}} = 2,5 \text{ м}$. Необхідна відстань від його поверхні до переливної кромки кільцевого жолоба 6 прийнята з урахуванням нормативного розширення 25% і становить: $2,5 \cdot 0,25 + 0,3 = 0,93 \text{ м}$.

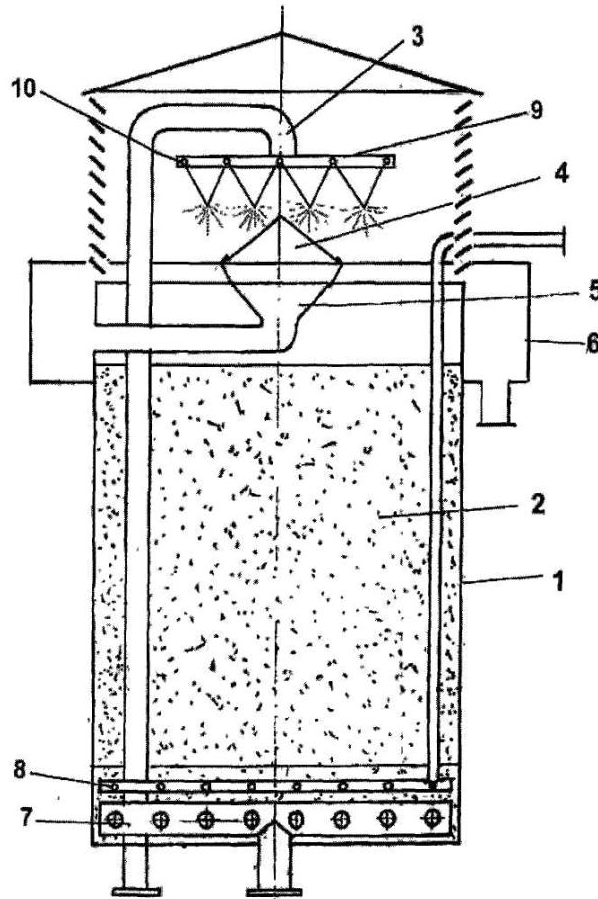
Таким чином, сумарна корисна висота фільтру з урахуванням вимог до влаштування нової системи аерації складає: $H_{\text{ф}} = 2,50 + 0,93 + 0,8 = 4,23 \text{ м}$.

Очищенню на запропонованому фільтрі піддавали підземну воду із загальною концентрацією заліза 6 мг/дм^3 і вмістом сірководню (запах 4 бали). Завдяки посиленій аерації концентрація заліза в очищеній воді становила $0,2 \text{ мг/дм}^3$ (норматив - $0,3 \text{ мг/дм}^3$), а сірководень взагалі не відчувався (запах до 1 балу).

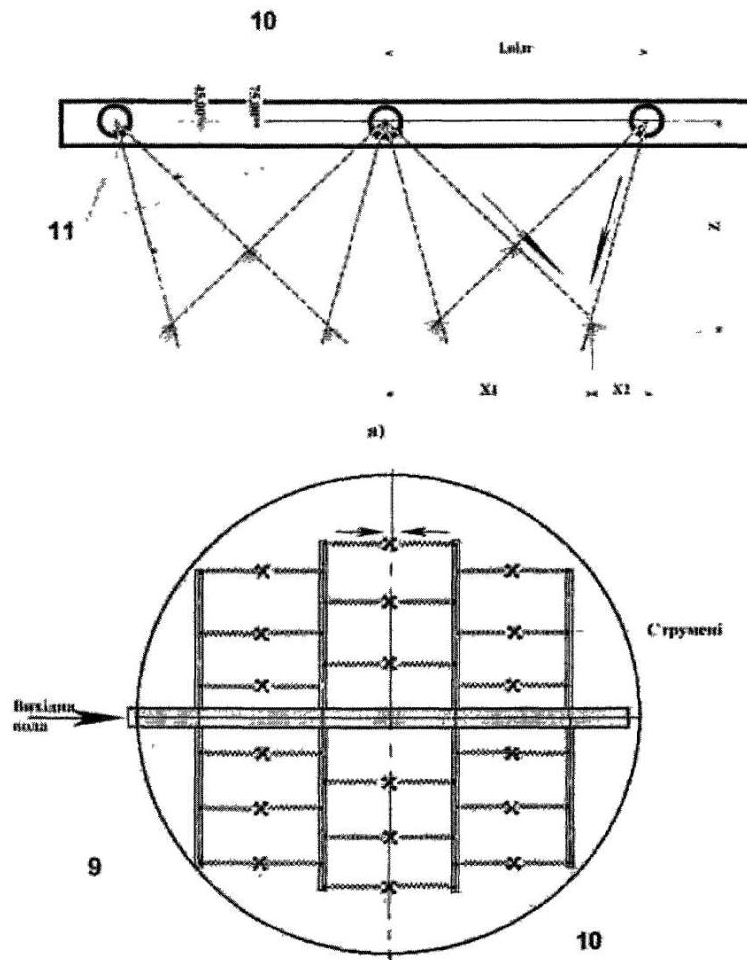
Дію відомого фільтру [4] в аналогічних умовах розглянуто вище. При очищенні води вказаного

складу очищена вода містила залізо в кількості $0,5\text{мг/дм}^3$ і сірководень (запах 3 бали). Таким чином, посилення системи аерації з залученням пристрою запропонованого типу дозволило поліпшити процес знезалізнення підземної води у 2,5 рази і повністю видалити сірководень.

Слід відмітити, що конструкція запропонованого фільтру є більш ефективною у порівнянні із відомим фільтром [4]. Конструкція піддається розрахунку з визначенням і оцінкою різних варіантів нахилу струменів, причому такий розрахунок враховує діючі нормативи.



Фиг.1



Фіг.2