УКРАЇНА

(19) UA (11) 128296 (13) C2

(51) МПК (2024.01)
C02F 3/02 (2023.01)
C02F 1/74 (2023.01)
C02F 7/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ "УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **a 2021 07365**

(22) Дата подання заявки: **17.12.2021**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **30.05.2024**

(41) Публікація відомостей про заявку: **21.06.2023, Бюл.№ 25**

(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **29.05.2024, Бюл.№ 22**

(72) Винахідник(и):
Костенко Віктор Климентович (UA),
Ляшок Ярослав Олександрович (UA),
Таврель Марина Ігорівна (UA),
Зав'ялова Олена Леонідівна (UA),
Богомаз Ольга Петрівна (UA),
Костенко Тетяна Вікторівна (UA),
Вронська Єлизавета Альбертівна (UA)

(73) Володілець (володільці):
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ",
пл. Шибанкова, буд. 2, м. Покровськ, Донецька обл., 85300 (UA)

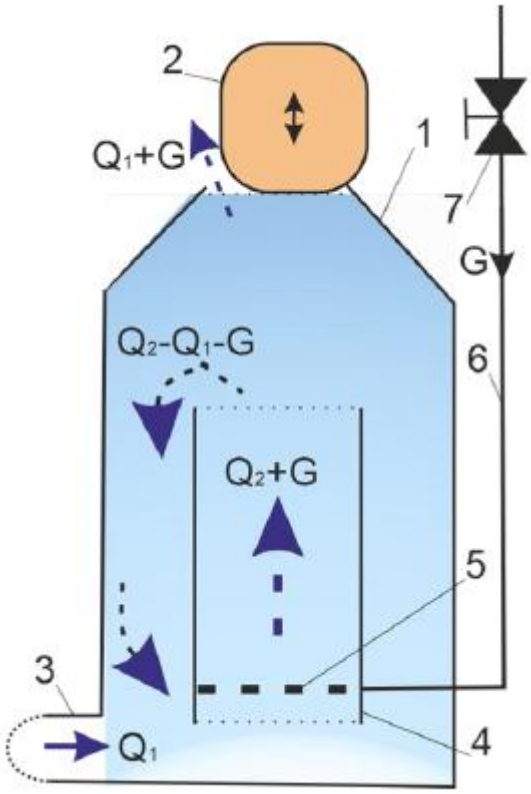
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
UA 147906 U, 16.06.2021
UA 141240 U, 25.03.2020
UA 45530 U, 10.11.2009
UA 17940 U, 16.10.2006
RU 2402212 C1, 28.04.2009
DE 3150834 A1, 29.07.1982
KR 20050012985 A, 02.02.2005
US 2014/0054207 A1, 27.02.2014
CN 103693739 A, 02.04.2014

UA 128296 C2

(54) РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИЙ АЕРАТОР

(57) Реферат:

Винахід стосується пристроїв для аерації у водоймах води, яка знаходиться в стані евтрофікації, тобто має занизький вміст розчиненого кисню, це відбувається влітку при температурі повітря та рідини більше 25 °С, а також взимку під шаром криги. Пристрій може бути використаний для долання евтрофікації у водоймах рибного господарства, станціях обробки стічних вод, в рекреаційних зонах. Рециркуляційний аератор містить трубчастий постав ерліфта, розпилювач, геотермальний теплообмінник з фільтром, магістраль стисненого повітря, а також замкнений зовнішній корпус з встановленим у верхній його частині регулятором потоку, а в нижній частині корпус приєднаний до труби геотермального теплообмінника з фільтром, при цьому трубчастий постав ерліфта встановлений всередині зовнішнього корпусу, а повітропровід оснащений вентилем. Застосування рециркуляційного аератора дозволяє створювати у водоймі область насиченої киснем води, в якій відсутні умови евтрофікації.


2
Q1+G
1
7
G
Q2-Q1-G
6
Q2+G
5
3
Q1
4

Винахід стосується пристроїв для аерації у водоймах води, яка знаходиться в стані евтрофікації, тобто має занизький вміст розчиненого кисню, це відбувається влітку при температурі повітря та рідини більше 25 °С, а також взимку під шаром криги. Пристрій може бути використаний для долання евтрофікації у водоймах рибного господарства, станціях обробки стічних вод, в рекреаційних зонах.

Відомий аератор [Пат. 45530 Україна, МПК C02F 3/12. Аератор / О. С. Яремчук, В. О. Коваленко, В. М. Поляковський. - №u200906652; заявл. 24.06.2009; опубл. 10.11.2009, бюл. № 21/2009], що містить направляючу трубу із захисним відбивачем у верхній частині, встановлений по її осі вал з гребним гвинтом, вертикальні повітропроводи, які в нижній їх частині примикають до вертикальних пластин-стабілізаторів, при цьому зовнішні пластини-стабілізатори виконано порожнистими, обладнано отворами з направляючими козирками і сполучено з повітропроводами в нижній їх дільниці, направляюча труба спирається на розподільний конус, установлений на дні споруди.

Недоліком відомого аератора є неможливість його використання при мінусовій температурі повітря внаслідок замерзання води. Ще одним недоліком є низька ефективність роботи при температурі повітря і води вище 25 °С. При такій температурі води і повітря кисень здатний обмежено розчинюватись у воді внаслідок його фізичних властивостей, крім того, в нагрітому повітрі також суттєво скорочується парціальний тиск кисню і він у меншому обсязі може дифундувати до води.

Відомий пристрій для термостабілізації та аерації води у водоймі [Пат. 141240 Україна, МПК C02F 3/14. Пристрій для термостабілізації та аерації води у водоймищі / В. К. Костенко, Я. О. Ляшок, О. Л. Зав'ялова, М. І. Таврель, О. П. Чепак, І. М. Чала. - № u201910119; заявл. 01.10.2019; опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6/2019], що включає трубу для забору води з водойми, з'єднану з геотермальним теплообмінником, трубу для скиду води до водойми, при цьому водозабірну трубу розташовано нижче глибини промерзання водойми в холодну пору і приєднано до помпи з електродвигуном, який з'єднаний електричним кабелем з електрогенератором, що має механічний привід від вітроагрегату, труба для скиду води закінчується розприскувачем, якій розташовано вище максимального рівня води у водоймищі.

Недоліком такого пристрою є недостатнє живлення рідини киснем і, відповідно, низька ефективність попередження евтрофікації води. До геотермального теплообмінника потрапляє вода з низьким вмістом кисню, а збагачення ним води, згідно з прототипом, можливо тільки коли вона на поверхні контактує з повітрям після розприскування. У теплу пору, коли температура води і повітря перевищує 25 °С, розчинність кисню у воді дуже низька, крім того, парціальний тиск кисню у нагрітому повітрі знижений, тому ефективність аерації за рахунок розприскування дуже низька, а, внаслідок швидкого нагріву води на поверхні, загроза евтрофікації залишається.

Відомий ерліфт-аератор [Пат. 147906 Україна, МПК C02F. Ерліфт-аератор / В. К. Костенко, Я. О. Ляшок, М. І. Таврель, О. Л. Зав'ялова, Т. В. Костенко, О. П. Богомаз. - № u202101108; заявл. 05.03.2021; опубл. 16.06.2021, Бюл. № 24/2021], який містить трубу для забору води, розташовану нижче глибини промерзання водоймища в холодну пору року і з'єднану з геотермальним теплообмінником, трубу для скиду води до водоймища, а також вітроагрегат, при цьому додатково на трубу для забору води встановлений сітчастий фільтр, механічний привод від вітроагрегата приєднаний до компресора, магістраль стисненого повітря з'єднує компресор з розпилювачем, що знаходиться всередині змішувальної камери, яка розташована в нижній частині ерліфта, причому діаметр камери більший від діаметра стовбура ерліфта, а отвір труби для скиду води розташовано нижче глибини промерзання водоймища в холодну пору року.

Ерліфт-аератор за технічною сутністю та технічним результатом, що досягається, є найбільш близький до пристрою, що заявляється, та вибрано як прототип.

Загальними істотними ознаками відомого пристрою та того, що заявляється, є трубчастий став ерліфта, розпилювач, геотермальний теплообмінник з фільтром та магістраль стисненого повітря.

Недоліком такого пристрою є недостатнє насичення рідини киснем і, відповідно, низька ефективність попередження евтрофікації води. До геотермального теплообмінника потрапляє вода з низьким вмістом кисню, а збагачення ним води, згідно з прототипом, можливо тільки коли вона контактує з повітрям. Контактування води з повітрям відбувається при проходженні потоку пузирів повітря крізь заповнені водою камеру змішування та ерліфт. Процес переходу кисню до води потребує певного часу. Тривалість контакту пузирів з рідиною, внаслідок обмежених розмірів ерліфт-аератора, відносно невелика, тому насичення води киснем відбувається в неповній мірі. Особливо не ефективне попередження евтрофікації відбувається у водоймах, що мають малу глибину і тому геометричні розміри ерліфт-аератора не можуть бути достатньо

великими для насичення води киснем внаслідок невеликого часу контакту її з повітряними пузирями.

В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення відомого ерліфт-аератора для інтенсифікації насичення киснем води та долання загрози її евтрофікації за рахунок збільшення часу контактування повітря з водою.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що рециркуляційний аератор, який містить трубчастий постав ерліфта, розпилювач, геотермальний теплообмінник з фільтром та магістраль стисненого повітря, згідно з винаходом додатково містить замкнений зовнішній корпус з регулятором потоку, встановленим у верхній його частині, а в нижній частині корпус приєднаний до труби геотермального теплообмінника з фільтром, при цьому трубчастий постав ерліфта встановлений всередині зовнішнього корпусу, а повітропровід оснащений вентилем.

Суть винаходу пояснюється кресленням, на якому зображено:

Рециркуляційний аератор: де 1 - зовнішній корпус; 2 - регулятор потоку; 3 - труба геотермального теплообмінника з фільтром; 4 - корпус ерліфта; 5 - розпилювач повітря; 6 - повітропровід; 7 вентиль; G, Q - позначення, відповідно, потоків повітря і рідини.

Рециркуляційний аератор працює наступним чином. Зовнішній корпус 1 пристрою має отвір у верхній частині, де розташовано регулятор потоку 2, що має можливість перекривати прохідний переріз отвору, регулюючи надходження суміші води з повітрям із зовнішнього корпусу 1 до водоймища. До нижньої частини корпусу 1 приєднано оснащену сітчастим фільтром трубу геотермального теплообмінника 3. Усередині зовнішнього корпусу 1 розміщено корпус ерліфта 4, з розташованим в його нижній частині розпилювачем повітря 5. Подачу повітря до розпилювача 5 здійснюють за допомогою повітропроводу 6 та регулюють вентилем 7.

При роботі рециркуляційного аератора з зовнішнього корпусу 1 до водоймища через порожнину, яка залишається між стінками корпусу 1 та регулятором потоку 2, надходить суміш повітря і води, в якій витрата рідини Q_1, повітря - G. До зовнішнього корпусу 1 з теплообмінника 3 надходить з витратою Q_1 вода, яка має низький вміст кисню і температуру, таку як у нижніх шарів водоймища. До ерліфта 4 з розпилювача 5 надходить стиснене повітря з повітропроводу 6 витратою G. Подачу стисненого повітря до розпилювача 5 від повітропроводу 6 регулюють вентилем 7. В об'ємі ерліфта 4 утворюється суміш повітряних пузирів з водою, яка має меншу густину, ніж оточуюче ерліфт водне середовище. Витрата суміші у ерліфті складає $G+Q_2$, де Q_2 - витрата рідкої частини, яка залежить від подачі повітря G. Причому, регулюючи вентилем 7 подачу стисненого повітря до розпилювача 5, встановлюють подачу рідини ерліфтом Q_2, більшу від Q_1. Під час змішування води з повітрям відбувається дифузія кисню з повітря до води, ефективність масопереносу залежить від тривалості контакту пузирів повітря з водою та парціального тиску кисню в пузирі. Суміш охолодженої та поповненої киснем води і пузирів повітря надходить з корпусу ерліфта 4 до верхньої частини порожнини зовнішнього корпусу 1. Так як поперечний розмір зовнішнього корпусу 1 більший від ерліфта 4, то при виході з останнього швидкість потоку загальмовується і повітряні пузирі випереджують рух більш густої води. У верхній частині зовнішнього корпусу 1 збагачена повітрям суміш надходить до регулятора потоку 2. Змінюючи положення регулятора 2, встановлюють проходження потоку витратою $G+Q_1$. Надлишок води витратою Q_2-Q_1 залишається в порожнині зовнішнього корпусу 1 і повертається до входу корпусу ерліфта 4, відбувається змішування з водою, яка надходить з теплообмінника 3 витратою Q_1. Цикл насичення такого потоку води киснем у ерліфті 4 триває, але до нього додається водна суміш з більшим вмістом кисню. Динамічна рівновага такого процесу залежить від показника рециркуляції $K_p=Q_2/Q_1$, який визначає на скільки потік рідини, що рухається в ерліфті, перевищує продуктивність аератора. У певний період ерліфт 4 подає $Q_2=Q_1(1+K_p)$ рідини, в цьому потоці присутня Q_1K_p частка вже збагаченої киснем води, тому на виході з ерліфта 4 вміст кисню поступово збільшується і наближається до стабільної в даних умовах величини, яка значно перевищує таку, що притаманна при роботі установки при відсутності рециркуляції, тобто при $Q_1=Q_2$.

Таким чином, за рахунок рециркуляції частки потоку рідини досягається технічний результат винаходу - збільшення вмісту кисню в процесі аерації води за рахунок збільшення часу контакту її з повітряними пузирями. Багаторазове повернення частини водного потоку до ерліфта для насичення киснем дозволяє зменшити геометричні розміри пристрою без зниження ефективності попередження евтрофікації водоймища.

Установку для насичення води киснем було споруджено на водоймищі на глибині 10 м, верхній шар води товщиною до 6 м знаходився в стані евтрофікації і мав вміст кисню близько 2 мг/л, температуру близько 30 °С. Рециркуляційний аератор мав геотермальний теплообмінник, виготовлений з пластикової труби діаметром 400 мм, прокладений у донних відкладеннях, що

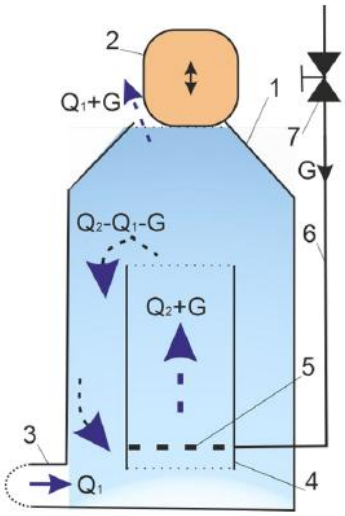
мають цілорічну температуру 15 °С. Тепла вода з поверхні, проходячи по трубі теплообмінника, охолоджувалась до температури оточуючого середовища близько 15 °С. Вхідний отвір геотермального теплообмінника був розташований на глибині 1 м від урізу води та обгороджений сітчастим фільтром. Розмір комірки сітки складав 0,5 × 0,5 мм, це забезпечувало очищення води від великих завислих речовин та гідро біонтів, які могли заважати роботі аератора.

З геотермального теплообмінника охолоджена вода надходила до корпусу ерліфта, що мав форму циліндра діаметром 1,5 м та висотою 1,5 м. У корпусі ерліфта встановлено розпилювач, з якого виходить повітря витратою G=3 м^3/хв у вигляді "рою" пузирів діаметром близько 1 мм. Надходження повітря до ерліфта регулювали за допомогою вентиля, встановленого на повітропроводі. Пузирі перемішуються з водою, утворюючи піну кратністю три, тобто в одиниці об'єму піни знаходиться один об'єм води. Витрата піни у ерліфті складала $G+Q_2$=3+1=4 м^3/хв, в ній відбувалась дифузія з повітряних пузирів до води кисню, що знаходиться під підвищеним парціальним тиском. На виході з ерліфта вміст кисню в первинних порціях води складав до 4 мг/л. Після виходу піни зі стовбура ерліфта до більшого за перерізом зовнішнього корпусу, що мав діаметр 2 м, швидкість її руху загальмовується і повітряні пузирі починають випереджати рідку фазу, в верхній частині зовнішнього корпусу суміш збагачувалась повітрям. Витрата суміші води та повітря, що надходила з рециркуляційного аератора до водойми, визначається розміром зазору регулятора потоку, він був відрегульований так, що вона складала $G+Q_1$=3+0,5=3,5 м^3/хв. Решта води у кількості Q_2-G-Q_1=4-3-0,5=0,5 м^3/хв повертається простором між зовнішньої стінкою ерліфта і нутряною поверхнею зовнішнього корпусу до входу ерліфта. Ця частина води вже збагачена киснем, але в ерліфті вона додатково збагачувалась та змішувалась з незбагаченою в кількості Q_1=0,5 м^3/хв. Після проходження ерліфтом та насичення киснем на виході з ерліфта, а також з регулятора потоку до водойми наближалась до 5 мг/л.

Застосування рециркуляційного аератора дозволяє створювати у водоймі область насиченої киснем води, в якій відсутні умови евтрофікації.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Рециркуляційний аератор, що містить трубчастий постав ерліфта, розпилювач, геотермальний теплообмінник з фільтром, магістраль стисненого повітря, який **відрізняється** тим, що додатково містить замкнений зовнішній корпус з встановленим у верхній його частині регулятором потоку, а в нижній частині корпус приєднаний до труби геотермального теплообмінника з фільтром, при цьому трубчастий постав ерліфта встановлений всередині зовнішнього корпусу, а повітропровід оснащений вентилем.



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ – 42, 01601