

ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИЙ ТВЕРДОЕЛЕКТРОЛІТНИЙ ГЕНЕРАТОР КИСНЮ ВИСОКОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ

М. Ф. Богомолов

Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут»
вул. Політехнічна, 12, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: nbogom@yahoo.com

А. А. Троц

Університет «Україна»
вул. Львівська, 23, м. Київ, 04071, Україна. E-mail: adamtroc@ukr.net

Висока точність електрохімічних методів аналізу визначається тим, що вони базуються на дуже точних закономірностях – законах Нернста і Фарадея. Останній закон і покладено в основу теорії електрохімічного електролізу. Запропоновано технічний проект отримання кисню високої концентрації (99,9 %) безпосередньо із повітря методом високотемпературного електрохімічного електролізу з використанням високотемпературних твердих електролітів. Проект дозволяє отримувати медично чистий кисень в необхідних кількостях, безпосередньо при його потребі, забезпечує повну вибухобезпечність та не потребує в разі необхідності засобів накопичення та подальшого збереження отриманого кисню.

Ключові слова: твердий електроліт, електроліз, генератор кисню, надчистий кисень.

ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИЙ ТВЕРДОЕЛЕКТРОЛІТНИЙ ГЕНЕРАТОР КИСЛОРОДА ВИСОКОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ

Н. Ф. Богомолов

Национальный технический университет «Киевский политехнический институт»
ул. Политехническая, 12, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: nbogom@yahoo.com

А. А. Троц

Университет «Украина»
ул. Львовская, 23, г. Киев, 04071, Украина. E-mail: adamtroc@ukr.net

Высокая точность электрохимических методов анализа определяется тем, что они основаны на очень точных закономерностях – законах Нернста и Фарадея. Последний закон и положено в основу теории электрохимического электролиза. Предложено технический проект получения кислорода высокой концентрации (99,9 %) непосредственно из воздуха методом высокотемпературного электрохимического электролиза с использованием высокотемпературных твердых электролитов. Проект позволяет получать медицински чистый кислород в необходимых количествах, непосредственно при его использовании, обеспечивает полную взрывобезопасность и не требует в случае необходимости средств накопления и последующего сохранения полученного кислорода.

Ключевые слова: твердый электролит, электролиз, генератор кислорода, сверхчистый кислород.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. На всіх етапах розвитку електрохімії розробка теоретичних уявлень була тісно пов'язана із вирішенням питань практичного використання електрохімічних процесів і явищ.

Одним із напрямків практичного використання досягнень в області теоретичної електрохімії є електрохімічний електроліз необхідних компонентів максимальної концентрації із середовищ довільного складу.

Висока точність електрохімічних методів аналізу визначається тим, що вони засновані на дуже точних закономірностях – законах Нернста і Фарадея. Останній закон і покладено в основу теорії електрохімічного електролізу

Запропоновано технічний проект отримання кисню високої концентрації (99,9 %) безпосередньо із повітря методом високотемпературного електрохімічного електролізу з використанням високотемпературних твердих електролітів. Проект дозволяє отримувати медично чистий кисень в необхідних кількостях, безпосередньо при його потребі, забез-

печує повну вибухобезпечність та не потребує в разі необхідності засобів накопичення та подальшого збереження отриманого кисню.

Об'єкт дослідження належить до техніки отримання нових матеріалів, вимірювальної техніки і може бути використаний для отримання, виміру і контролю вмісту кисню в газах, наприклад, при отриманні, вимірі і регулюванні складу газового середовища в різних технологічних процесах.

Аналогом розроблюваного генератора є кисневий концентратор; повітря, що помпується безмасляним насосом, надходить в першу колонку, заповнену цеолітом. Цеоліт – це неорганічний силікат, що є природнім абсорбентом. При атмосферному тиску він вбирає вологу, а при створенні більш високого тиску набуває властивості утримувати азот та інші гази, крім кисню. В цеолітовій колонці азот та інші гази абсорбуються, і кисень, пройшовши через однонаправлений перший клапан, надходить в накоплювач. Після цього кисень виходить для використання через регулятор потоку і зволожувач (зволожувач

необхідний, якщо кисневий концентратор використовується для дихання). Невелика кількість кисню, пройшовши через відповідний канал, надходить у другу цеолітову колонку і разом з де сорбованими газами викидається у повітря із відкритого клапану. Після цього напівциклу процес дзеркально дублюється.

Найбільш близьким до розроблюваного пристрою є електрохімічний датчик, що містить в собі два твердо електролітні диски з нанесеними на їх робочих поверхнях електродами з виводами. При цьому диски герметично з'єднані між собою, утворюючи опорний газовий простір еталонного електрода, який відрізняється тим, що диски з'єднані між собою за допомогою електропровідної трубки з капіляром, краї якої герметично з'єднані з їх боковими поверхнями, на які нанесений температурний демпфуючий матеріал, при цьому трубка електрично з'єднана з електродами, що розміщуються всередині її [1].

Недоліком даного електрохімічного датчика є неможливість використання датчика в режимі кисневого генератора так як кисень, що помпується кулонометричною частиною датчика в опорний газовий простір, через капіляр викидається назад у вимірювальне середовище.

Метою роботи є розробка і дослідження високо-ефективного екологічного генератора кисню надвисокої чистоти методом електрохімічного електролізу безпосередньо з повітря, придатного для використання у виробництві радіоелектронних пристроїв.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. По-ставлене завдання досягається тим, що в електрохімічному генераторі кисню, що містить в собі два твердоелектролітні диски з нанесеними на їх робочих поверхнях електродами з виводами. При цьому диски з'єднані між собою за допомогою електропровідної трубки з капіляром, краї якої герметично з'єднані з їх боковими поверхнями, на які нанесений температурний демпфуючий матеріал, при цьому трубка електрично з'єднана з електродами, що розміщуються в середині її, новим є те, що капіляр з'єднаний з каналом подачі кисню [2, 3].

Крім цього, в електрохімічному генераторі кисню новим є те, що твердоелектролітні диски виконані у вигляді пробірок або циліндрів, а електропровідна трубка має декілька капілярів з'єднаних з окремими каналами подачі кисню.

Наявність каналу подачі кисню, з'єданого з капіляром, дозволяє відбирати отримуваний кисень із зовнішнього газового середовища і подавати його користувачу.

Виконання дисків у вигляді пробірок або циліндрів дозволяє підвищити продуктивність генератора за рахунок збільшення робочої площі електродів.

Наявність декількох капілярів, з'єднаних з окремими каналами подачі кисню, дозволяє підвищити ефективність генератора за рахунок автономних каналів подачі кисню, що дає можливість використання отриманого кисню в різних цілях одночасно без зміни режиму роботи генератора.

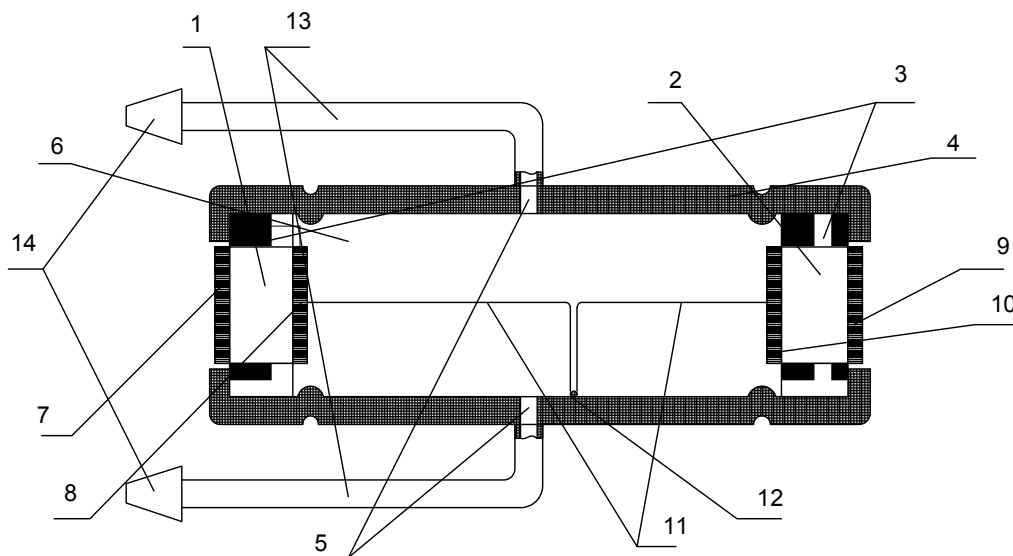


Рисунок 1 – Конструкція чутливого елемента

Поєднання кулонометричної і потенціометричної частини генератора з опорним газовим простором, що промивається, а також має певний розрахований об'єм, дозволяє створити високо стабільний (100 %-й за киснем газовий електрод порівняння, а парціальний тиск, концентрацію кисню вимірювати по точній характеристиці Нернста, що розраховується ви-

мірюванням е.р.с. потенціометричної електрохімічної зони. Використання герметичних матеріалів з узгодженими температурними коефіцієнтами розширення, а також особливості конструкції дозволяють мінімізувати чутливий елемент, виконавши його в компактному стандартному вигляді з можливістю простої періодичної зміни в одному корпусі, що

дасть можливість багатосерійного виробництва блоку чутливого елемента [4, 5].

Поєднання кулонометричної і потенціометричної частини генератора з опорним газовим простором, що промивається і має розрахований об'єм, а також наявність двох вихідних сигналів дозволяє, крім високоточного визначення витрат кисню через капіляр, високоточного визначення парціального тиску кисню, за рахунок 100 %-го електроду порівняння, вимірювати також і температуру. Поскільки генератор має два вихідні сигнали, то відпадає необхідність термостабілізації, а робочий температурний діапазон визначається температурним діапазоном роботи твердого електроліту (600–900 °С). Використання опорної газової області обмеженого об'єму, замкненої між кулонометричною і потенціометричною електрохімічно активними зонами, використання матеріалів з узгодженими температурними коефіцієнтами розширення і малі габарити чутливого елемента (зовнішній діаметр 0,5–0,8 см, довжина 1–1,5 см) – при невеликих енерговитратах, дають можливість створити однакові температурні умови для обох електрохімічних зон, що в свою чергу, приводить до зниження температурної похибки (до 0,5 %). Крім того, підвищується надійність і рівень уніфікації конструкції в цілому. Використання каналів подачі кисню, з'єднаних із капіляром, дає можливість надійного підведення отриманого кисню до користувача.

На рис. 1 приведена конструкція електрохімічного генератора кисню, що складається із двох твердоелектролітних дисків 1 і 2 із нарощеним на їх бокових поверхнях керамічним температурним демпфуючим матеріалом 3, герметично закріпленім у металевій електропровідній трубці 4 із виконаним у ній капіляром 5. Диски 1, 2 і трубка 4 утворюють опорний газовий простір 6, що промивається. На диску 1 нанесені електрод 7 і струмовідвід 8. При цьому електрод 7 контактує з вимірювальним середовищем, а струмовідвід 8 – з опорним газовим простором 6. Аналогічно на диску 2 виконані електрод 9 і струмовідвід 10. Струмовідводи 8 і 10 виводами 11 з'єднані з електропровідною трубкою 4 за допомогою високотемпературного припою 12. Диск 1, електрод 7 і струмовідвід 8 утворюють кулонометричну електрохімічну зону. Диск 2, електрод 9, струмовідвід 10 і опорний газовий простір 6 утворюють потенціометричну електрохімічну зону. Капіляр 5 з'єднаний з каналом подачі кисню 13, що закінчується пристроєм пневматичного з'єднання 14. Для забезпечення робочої температури при необхідності генератор оснащено нагрівачем. Генератор із нагрівачем розміщено в корпусі. Нагрівач і корпус на рис. 1 не зображені.

Генератор працює наступним чином. При підведенні напруги живлення до електроду 7 і струмовідводу 8 електричний заряд, що подається, йде на пе-

резарядження подвійного електричного шару, а потім приймає участь в дозуванні кисню. На електроді 7, що заряджається негативно, відбувається дисоціація молекулярного кисню на атоми, їх іонізація, що відбувається на межі трьох фаз: твердоелектролітного диску 1 – негативно зарядженого електроду 7 – газового середовища. Під дією електричного поля виникає дифузія кисню через твердий електроліт до позитивно зарядженого струмовідводу 8. На ньому йони кисню звільнюються від надлишкового заряду і відновлюються до молекулярного кисню, підвищуючи концентрацію кисню в опорному газовому просторі. За рахунок перепаду загальних тисків в опорному газовому просторі і вимірювальному середовищі через капіляр 5 проходить вимивання атмосфери опорного газового простору киснем, що надходить від кулонометричної електрохімічної зони. Після подачі кисню кількістю, що у 8–10 разів перевищує об'єм опорного газового простору, початкове утворене середовище опорного газового простору повністю заміщується киснем, утворюючи 100 %-й електрод порівняння. Необхідний час такої подачі кисню є часом підготовки генератора до роботи, що контролюється потенціометричною електрохімічною зоною. При подачі газу молекули кисню контактують з вимірювальним електродом 9 потенціометричної електрохімічної зони, адсорбуються на його поверхні. Потім відбувається дисоціація молекулярного кисню на атоми і їх іонізація, що протікає на межі поділу трьох середовищ: твердо електролітного диска 2 – вимірювального електроду 9 – газового середовища, завдяки високій температурі твердого електроліту і каталітичним властивостям електроду 9. Утворені йони кисню під дією різниці хімічних потенціалів між електродами 9 і 10, унаслідок іонної провідності твердого електроліту, утворюють рівноважний стан потенціометричної електрохімічної зони. В результаті між електродами виникає е.р.с., що визначається рівнянням Нернста [7]:

$$E = \frac{RT}{nF} \ln \left(p_0^n / p_0^b \right), \quad (1)$$

де E – е.р.с. Нернста; R – газова стала; T – температура, n – кількість електронів, необхідна для іонізації однієї молекули кисню; F – стала Фарадея; p_0^n – парціальний тиск кисню в порівняльному газовому середовищі, p_0^b – парціальний тиск кисню в вимірювальному газовому середовищі.

Із (1) визначається

$$p_0^b = p_0^n \exp \left(- \frac{RT}{EnF} \right), \quad (2)$$

де p_0^n – 21,6 % (парціальний тиск кисню у повітряній атмосфері).

Час підготовки генератора до роботи визначається швидкодією кулонометричної електрохімічної зони і об'ємом опорного газового простору, що за-

лежить від умов виміру. Величина струму дозування і визначається величиною, створюваної ним, мольної витрати кисню Q_N , помноженої на електричний еквівалент одного моля кисню nF .

$$i = Q_N nF. \quad (3)$$

Кількість молей кисню, перенесених в опорний газовий простір N_0^k

$$N_0^k = it / nF, \quad (4)$$

де t – час переносу.

Загальна мольна кількість кисню, що знаходиться в опорній області, при умові, що в ній знаходиться тільки кисень і відсутня підкачка, визначається із рівняння стану

$$N_{O_2} = m / \mu = P_0 V_6 / RT, \quad (5)$$

де m – загальна маса кисню, що знаходиться в опорній газовій області; μ – маса одного моля кисню; P_0 – початковий тиск кисню в опорній газовій області; V_6 – об'єм опорної газової області. Сумарна кількість молей кисню в області V_6 протягом деякого часу t .

$$N_{O_2} = N_{O_2}^0 + N_{O_2}^k, \quad (6)$$

де $N_{O_2}^0$ – початкова кількість молів кисню в опорній газовій області; $N_{O_2}^k$ – кількість молів кисню, що закачується в опорну газову область на протязі часу. Тоді новий тиск

$$P_1 = sRTt / nFV_6 + P_0, \quad (7)$$

або для $\Delta P = P_1 - P_0$ маємо

$$\Delta P = sRTt / nFV_6, \quad (8)$$

звідки час підготовки $\tau = t$ визначимо із умови $\Delta P = 1,2 \Delta P_{\text{вум}}$ перепад загального середовища при умові 10-ти разового перевищення кількості поданого кисню в опорну газову область об'єму газової області V_6

$$\tau = 10nFV_6 1,2 \Delta P_{\text{вум}} / sRT. \quad (9)$$

Умовою нормальної роботи генератора є умова ламінарного витоку газу через капіляр. Тобто кількість молів, перенесених в опорну газову область, повинна відповідати оптимальному ламінарному режимові витоку газу через капіляр

$$st / nF = N_{\text{онм}}, \quad (10)$$

$$\text{де } N_{\text{онм}} = \left(\frac{\rho}{\text{Re } 4\zeta s} \right)^{-1}, \quad (11)$$

$N_{\text{онм}}$ – оптимальна кількість прокачки молів кисню; ρ – густина кисню; Re – число Рейнольдса; ζ – динамічна в'язкість кисню.

Звідки розміри капіляру

$$D = \frac{4 \text{Re } \zeta}{v\rho} \text{ при } \text{Re} = 600, \quad (12)$$

де V – швидкість витоку кисню через капіляр.

$$\text{Тоді } \tau = \frac{mFN_0 nF}{s} 10. \quad (13)$$

Порівнявши (9) із (13) одержимо необхідний об'єм опорної газової області

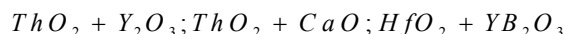
$$V_6 = \frac{N_{\text{онм}} m R}{1,2 \Delta P_{\text{вум}}}. \quad (14)$$

де $\Delta P_{\text{вум}}$ – вимірювальний перепад парціального тиску кисню. Метод виміру полягає в створенні газового електроду порівняння з повітряного середовища зі вмістом кисню 21,6%. Тоді вимірювальний парціальний тиск кисню, що виробляється генератором $P_{O_2}^B$ визначається:

$$P_{O_2}^B = 21,6 \exp\left(\frac{4EF}{RTt_s}\right),$$

де t_s – іонне число переносу твердого електроліту.

Можливі і інші приклади виконання генератора з використанням інших матеріалів твердого електроліту, таких як



та інших, крім того, характеристика вихідних сигналів генератора (величина струму $i = 0,003\text{--}0,2$ А; е.р.с. $0,001\text{--}0,4$ В; напруга живлення кулонометричної електрохімічної зони Ужив = $0,5\text{--}2$ В) дозволять реалізувати робочу характеристику генератора на серійних мікропроцесорах [6]. Запропонований генератор можна використовувати для отримання і виміру кисню, наприклад, контролю поточної атмосфери в побутових і технічних приміщеннях, в харчовій промисловості, в медицині [7, 8].

Підвищення точності отримання і виміру кисню відбувається за рахунок створення високо стабільної опорної газової області для умов високотемпературного електролізу на базі твердих електролітів. Похибка отримання і виміру кисню надвисокої концентрації (99,9% об.) знижується до $0,5\text{--}1\%$. Крім того, досягається температурна однорідність усіх електродів, підвищується швидкодія в режимі електролізу і виміру кисню, а також поліпшується надійність, підвищується ступінь уніфікації. Підвищення швидкодії, надійності і мале енергопостачання, що обумовлені конструктивним виконанням елементів генератора і їх габаритами, в свою чергу, дозволяє підвищити якість контролюючого режиму і зменшити енерговитрати, що забезпечують працездатність генератора в температурному діапазоні ($600\text{--}900$ °С), що визначається температурним діапазоном роботи твердого електроліту.

З метою практичного використання результатів досліджень нами був розроблений електрохімічний генератор кисню з повітря для впровадження його у виробництві, медицині та побуті. Чистота отриму-

ваного кисню (99,9 % об., кисень належить до категорії надчистого) дозволяє використовувати цей прилад для виробництва кисню надвисокої чистоти.

Високотемпературний твердоелектролітний нагнітач кисню високої концентрації з повітря.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд генератору кисню

Призначення.

Отримання чистого кисню із атмосферного повітря або від помпування його із газових сумішей електрохімічною чарункою.

Сфери вжитку:

– *медична техніка* – пункти швидкої допомоги на периферії; пологові будинки й акушерські пункти; польова хірургія; пристрої для обробки медичних інструментів; автомати „чистого повітря”; машини швидкої допомоги; пристрої „гірське повітря”; пристрої для консервації крові і медичних препаратів;

– *вакуумна техніка* – прецензійні подавачі кисню; вакуумні кисневі нагнітачі; адсорбери кисню у вакуумних пристроях;

– *харчова промисловість* (збереження та консервація продуктів, в тому числі винно-горілчаних виробів; приготування кисневих коктейлів; виготовлення кисневих морсів);

– *електронна промисловість* (отримання особливо чистих матеріалів і речовин; від помпування кисню без порушення герметичності із ламп, наприклад із кінескопів);

– *аналітична техніка* (спектральні прилади; еталони для перевірки аналітичних приладів).

Переваги:

– відсутність механічних частин;
– можливість роботи від автономного джерела живлення;

– простота експлуатації та технічного обслуговування;

– малі розміри і вага;

– висока надійність.

Технічні характеристики:

Напруга живлення 220 В, 50 Гц,

Робочий струм 1,5–2 А,

Час виходу на робочий режим 20–30 хв.,

Отримуваний кисень, % об. 99,90,

Продуктивність 2–4 л/год.,

Тиск по кисню:

робочий 1,6 атм.,

максимальний 3,0 атм.

ВИСНОВКИ. Одною із тем даних наукових досліджень є розвиток теорії та практики високотемпературних твердих електролітів у сфері прикладної електрохімії. За цей час авторами даної роботи розроблено низку чутливих елементів і приладів для визначення вмісту кисню в технологічних газових атмосферах.

Результати розробок підтверджені двома патентами України та одним патентом Російської Федерації [1, 2,9].

25.03.03 р. на ім'я тодішнього Президента України Леоніда Даниловича Кучми ми направили ескізи проекту створення генератора кисень надвисокої концентрації. Проект було направлено до Міністерства промислової політики в Управління оборонних галузей промисловості (документ № 22/033211–26 П від 27.03.03). З Управління оборонних галузей промисловості. Нам прийшла відповідь (лист за № ¼–3–2–370 від 23.04.03), в якій було запропоновано продовжити роботу над цією тематикою. На даний час світова технологія отримання надчистого кисню визначила цей напрям як один із перспективних.

З метою практичного використання результатів досліджень нами був розроблений електрохімічний генератор кисню з повітря для впровадження його у виробництві, медицині та побуті [10]. Чистота отриманого кисню (99,9 % об., кисень належить до категорії надчистого) дозволяє використовувати цей прилад для виробництва кисню надвисокої чистоти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент України № 13376. Електрохімічний датчик / Таланчук П.М., Голубков С.П., Троц А.А.; заявл. 22.10.91.; опубл. 28.02.97.; Бюл. № 1.
2. Патент України № 34543А. Електрохімічний датчик / Таланчук П.М., Герман М.С., Троц А.А. та інші; заявл. 05.02.98., опубл. 15.03.2001.; Бюл. № 2.
3. Электрохимия / В.Н. Фатеев, А.А. Фридман, И.Е. Баранов // Электрохимия. – 1994. – Т. 30. – С. 1256.
4. Fateev V., Pachlova E., Baranov I. et al. / Proc.of the 11–th World Hydrogen Energy Conference. – Stuttgart: Schon and Wetzel, 1996. – Vol. 3. – P. 2727.
5. Электрохимия твердых электролитов / В.Н. Чеботин, М.В. Перфильев. – М.: Химия, 1978. – 312 с.
6. Контролер переносного аналізатора кисню / Троц А.А., Лобов П.П. // Актуальні проблеми навчання та виховання людей з особливими потребами: збір. наук. праць.– К.: Університет „Україна”, 2009. – № 7. – С. 78–80.
7. Электрохимический электролизер водяной пари / В.Л. Гончарук, А.А. Троц, М.А. Троц, В.Г. Янів // Вісник університету «Україна». Серія «Сучасні інженерні технології. – 2013. – № 1(16). – С. 116–122.

8. Електрохімічний електролізер водяної пари як альтернативне джерело живлення / А.А. Троц, В.І. Скіцюк // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2013. – Вип. 46. – С. 170–176.

9. Способ визначення складу газу / Таланчук П.М., Троц А.А.; патент Російської Федерації № 2028609 від 9 лютого 1995 р.

10. Реалізація методу контролю технологічних газових середовищ / В.А. Порев, А.А. Троц // Актуальні проблеми навчання та виховання людей з особливими потребами : зб.наукових праць. – К.: Університет „Україна”, 2010. – № 8. – С. 125–127.

HIGH-TEMPERATURE SOLID ELEKTROLITE OXIGEN GENERATOR HIGH

M. Bogomolov

National Technical University "Kyiv Polytechnic Institute"

vul. Politehnichna, 12, Kyiv, 03056, Ukraine. E-mail: nbogom@yahoo.com

A. Trots

University "Ukraine"

vul. Lvivska, 23, Kyiv, Kyiv, Ukraine. E-mail: adamtroc@ukr.net

High precision electrochemical methods of analysis determined that they are based on very precise laws - the laws of Faraday and Nernst. Last law and the basis of the theory of electrochemical electrolysis. A technical design of a high concentration of oxygen (99,9 %) directly from the atmosphere by high-temperature electrochemical electrolysis using high-temperature solid electrolyte. The project can receive medical and pure oxygen in adequate quantities, directly at their needs, provides full explosiveness and requires appropriate tools to preserve and accumulate the resulting oxygen.

Key words: solid electrolyte, electrolysis, oxygen generator, ultra-pure oxygen.

REFERENCES

1. Talanchuk, P.M., Golubkov, S.P., Trots, A.A. (1997), "Electrochemical sensor", Pat. Ukraine № 13376.

2. Talanchuk, P.M., German, M.S., Trots A.A. et al. (2001), "Electrochemical sensor", Pat. Ukraine № 34543.

3. Fateev, V.N., Friedman, A.A., Baranov, I.E. (1994), *Electrochemistry*, no. 30, p. 1256.

4. Fateev V., Pachlova E., Baranov I. et al. (1996), *Proc.of the 11-th World Hydrogen Energy Conference, Stuttgart: Schon and Wetzel*, no. 3, pp. 2727.

5. Chebotyn, V.N., Perfylev, N.V. (1978), "Electrokhimiya tverdih elektrolitov" [Electrochemistry of solid elektrolitov], Chemistry, Moscow, Russia.

6. Trots, A.A. (2009), "The controller of a portable oxygen analyzer", *Actual problems of training and education of people with special needs*, no. 7, pp. 78–80.

7. Goncharuk, V.L., Trots, A.A., Trots, M.A. et al. (2013), "Electrochemical electrolysis of water vapor"

Bulletin of the University "Ukraine". Series "Modern engineering technology", no. 1 (16), pp. 116–122.

8. Trots, A.A., Skitsyuk, V.I. (2013), "Electrochemical electrolysis of water vapor as an alternative power source", *Journal of NTU "KPI". Series instrument*, no. 46, pp. 170–176.

9. Talanchuk, P.M., Trots, A.A. (1995), "Way to determine the composition of the gas", Pat. RF № 2028609.

10. Poryev, V.A., Trots, A.A. (2010), "The implementation of the method of process control gaseous media", *Actual problems of training and education of people with special needs*, no. 8, pp. 125–127.

Стаття надійшла 30.06.2014.