номерным распределением каталитически активного вещества на поверхности носителя за счет изменения механизма адсорбции, во-вторых, с изменением состояния платины на поверхности. Металлическая платина в дисперсном состоянии обладает более высокой каталитической активностью, чем ее соединения. Сравнивая между собой характер влияния уксусной и муравьиной кислот на активность катализатора, видно, что муравьиная кислота оказывает большее влияние на проявление активности полученных катализаторов, чем уксусная.

Представленные результаты исследований показали, что использование одноосновных органических кислот в качестве конкурирующих добавок при пропитке носителя активным веществом позволяет получать более высокодисперсные катализаторы в широком диапазоне концентраций активного компонента. Это приводит к увеличению степени восстановления оксидов азота, а также расширяет температурный диапазон работы катализаторов при меньшем содержании платины на поверхности носителя.

Список литературы: 1. *Маркова Н.Б., Ворожбиян М.И., Пинегин В.И.и др.* Разработка металлического носителя каталитической системы с заданными характеристиками // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. – № 17. – С. 49 – 52. **2.** *Маркова Н.Б., Лобойко А.Я., Ворожбиян М.И., Багрова И.В.* Разработка каталитической системы на металлическом носителе // Зб. наукових праць міжнар. наук.-практ. конференції 27 – 29 травня 2004 р. – Черкаси: “Вертикаль”, – С. 102 – 103. **3.** *Боресков Г.К.* Гетерогенный катализ. – М.: Наука, 1986. – 304 с. **4.** Анализ поверхности методами оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии / *Под редакцией Д. Бриггса и М.П. Сиха*. – М.: Мир, 1987. – 600 с.

Поступила в редколлегию 7.10.07

УДК 681.2

О.М. ДУБОВЕЦЬ, канд. техн. наук, ***М.О. ПОДУСТОВ***, канд. техн. наук, ***В.І. ТОШИНСЬКИЙ***, докт. техн. наук, ***Б.Г. ЛЯХ***, ***І.І. ЛИТВИНЕНКО***, канд. техн. наук, ***Т.В. БАБАК***, студентка, НТУ «ХПІ»

СТЕЖАЧИЙ РІВНЕМІР ДЛЯ ШЛАМІВ ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Розроблений стежачий рівнемір з плоским електродом, працездатний на шламах цементного виробництва. Визначені необхідні умови, що забезпечують працездатність стежачого контактного рів-

неміра. Встановлено, що стежача система забезпечує коливальний режим роботи. Проведені експерименти, що показують можливість використання стежачого рівнеміра.

It was designed tracking contact level meter, efficient on the cement manufacturing final tailings. It was specified conditions, which provided cleaning electrode face and capacity for work level meter. Servo system was provided oscillation regime of work and found stationary state was adjusted.

Постановка проблеми. Шлами цементного виробництва володіють високою адгезійною здатністю, унаслідок чого активно налипають на поверхню чутливих елементів рівнемірів. В процесі висихання шламу, що закріпився на чутливому елементі, утворюється міцна токонепровідна плівка, наявність якої приводить або до втрати працездатності контактних рівнемірів або до виникнення в їх свідченнях неприпустимої погрішності [1].

Недоліком відомих рівнемірів для рідких середовищ є залежність результатів вимірювання від рівня щільності і властивостей середовища.

Метою даної роботи було створення стежачого рівнеміра з контактним чутливим елементом, працездатного на шламах цементного виробництва. Для досягнення поставленої мети досліджувалися можливі варіанти, що виключають налипання шламу на чутливий елемент або видалення його з поверхні елементу до моменту висихання шламу.

Основний матеріал. Після вивчення різних способів очищення поверхні електродів від налиплого і висохлого шламу цементного виробництва, було встановлено, що для цієї мети можуть бути використані:

– механічне очищення, за допомогою спеціальних пристроїв;

– вібрація електроду із заданою частотою;

– зрошування поверхні електроду водою.

При використанні як чутливий елемент рівнеміра шламу електроду, що відстежує безперервно поверхня шламу в місткостях або бункерах, механічне очищення виявилося непридатним, оскільки, по-перше, істотно ускладнювала конструкцію електроду і, по-друге, вимагала у момент очищення його жорсткого закріплення [2].

Експерименти по використанню вібрації показали, що даний метод достатньо ефективний, поверхня електроду очищається приблизно на 70 – 75 % від налиплого шламу. Проте конструкція чутливого елементу при цьому істотно ускладнюється, а залишки шламу, невидаленого за допомогою вібрації, по-перше, служать активатором для налипання подальшого шламу і по-друге, невидалений з поверхні шлам після його висихання стає «напівпровідником», що приводить або до втрати працездатності рівнеміра або до виникнення до-

даткових погрішностей вимірювання рівня.

Максимально ефективним засобом видалення шламу з поверхні електроду виявилася безперервна промивка поверхні електроду водою. Експерименти показали, що якщо на електрод подається незначна кількість води, яка тільки частково змиває з нього шлам, але підтримує той, що залишився у вологому стані, то рівнемір не втрачає працездатності. Крім того, при вказаному режимі промивки, коли шлам, що знаходиться на поверхні електроду, має високу вологість, він самостійно стікає з електроду і значно зменшує кількість знов налипаючого шламу [3].

Але якість шламу визначається певною його вологістю, тому в процесі промивки електроду необхідно використовувати мінімальні кількості води, або здійснювати промивку так, щоб вода не потрапляла в шлам, при цьому другий варіант переважно. Проте в процесі експерименту було встановлено, що з багатьох причин другий варіант практично не реалізовується, і особливо у тому випадку, коли діапазон вимірювання рівня складає більше двох метрів. Тому здійснювався пошук конструкції електроду, що дозволяє використовувати для його промивки мінімальна кількість води, попадання якої в шлам не змінювала б практично його вологість. Вказане виявилося можливим у разі використання для промивки води, що подається на поверхню електроду у вигляді крапель, наступних один за одним через певний проміжок часу. В процесі експерименту було встановлено, що ефективність очищення поверхні електроду краплинним способом істотно залежить від його форми і оптимальною формою електроду є плоска списоподібна. При цьому краплі води слід подавати на електрод так, щоб шлам змивався з його обох сторін.

Всі вимоги, сформульовані вище, були реалізовані при виконанні електроду у вигляді тієї, що плоскої зменшується по ширині зверху вниз пластини, закріпленої на нижньому кінці гнучкої стрічки, що намотується на барабан стежачого контактного рівнеміра. Даний рівнемір в процесі вимірювання реалізує принцип, відповідно до якого електрод рухається вниз до моменту зіткнення з контрольованим середовищем, після зіткнення відбувається реверс двигуна і електрод піднімається вгору, розриваючи контакт з середовищем. Стежачу систему можна набудувати таким чином, що електрод буде безперервний переміщатися у вертикальному напрямі, віддаляючись від середовища не більше 5 мм. Вказані схеми розроблені і описані в літературі і патентах.

Таким чином, працездатність стежачого контактного рівнеміра на шламах забезпечує раціональна конфігурація плоского електроду і наявність

пристрою, що формує краплі води (крапельниця), витратні патрубки якого встановлені з протилежних сторін стрічки, на кінці якої закріплений електрод. Краплі води з крапельниці прямують на обидві сторони плоского електроду, стікаючи по його поверхні в шлам. Під електродом утворюється на поверхні шламу «зона чистої води», з якою безперервно електрод контактує. Очищенню електроду сприяють одночасно три фактора:

– змочування краплями води поверхні електроду;

– змивання частинок твердої фази при русі краплі по його (у напрямі зверху вниз) поверхні;

– наявність зони «чистої води» під електродом, що в сукупності забезпечує чистоту поверхні електроду і працездатність контактного стежачого рівнеміра на шламах цементного виробництва.

Експерименти показали, що ефективне очищення плоского електроду за допомогою дискретної подачі на його поверхню води має місце, якщо:

1) змиваюча вода подається у вигляді окремих крапель поперемінно або одночасно на обидві поверхні плоского електроду з частотою 1 краплю за 10 – 15 секунд;

2) змиваюча вода подається на обидві поверхні електроду у вигляді крапель безперервно наступних один за одним (15 – 20) крапель через (3 – 5) хвилин;

3) змиваюча вода подається на обидві сторони пластини у вигляді безперервного потоку (мікродози) об’ємом до 100 крапель через 5 – 10 хвилин.

Було встановлено, що всі три варіанти:

– забезпечують приблизно рівні витрати змиваючої води;

– запобігають активному налипанню частинок твердої фази на електрод і освіту на його поверхні токонепровідна плівки;

– при приблизно рівній ефективності краще очищення поверхні спостерігається у разі, коли змиваюча вода подається на електрод у вигляді мікродози об’ємом до 100 крапель через 5 – 10 хв.

При цьому всі три варіанти вимагають розробки пристроїв, що забезпечують дозування змиваючої води, що подається на поверхні електроду або у вигляді крапель, або у вигляді мікродоз.

В процесі експериментів для формування крапель і мікродоз змиваючої води використовувалися піпетки, які дозволяли створити будь–які режими руху води (краплинний, струменевий) і забезпечити максимально точне дозування.

Для ускладнення умов експлуатації електрод спеціально занурювався в максимально густий шлам на 0,6 – 0,7 своєї довжини, потім на обидві поверхні електроду подавалася змиваюча вода відповідно до вимог одного з режимів. Було встановлено, що через 5 – 7 циклів промивки поверхня електроду повністю очищалася від частинок твердої фази.

Випробовувалися варіанти, коли після занурення в густий шлам змиваюча вода на поверхню електроду не подавалася 24, 48, 72 години, унаслідок чого на ній утворювався шар висохлого шламу. Після подачі на електрод змиваючої води із заданою дискретністю висохлий шлам розмокав і віддалявся з його поверхні повністю (слід зазначити, що електропровідність електроду відновлювалася через декілька секунд після подачі на його поверхню змиваючої води).

Таким чином, експерименти підтвердили ефективність очищення поверхні плоского електроду від налипаючого шламу за допомогою використання краплинного і микродозного режимів змиваючої води (при загальній витраті води в межах 3,5 – 5,0 л/доби). Вказана кількість води, що потрапляє в процесі промивки електроду в шлам, складає мільйонні долі від його загального об’єму і не змінює тому фізичні властивості шламу (щільність і вологість).

Проте забезпечення малих витрат змиваючої води припускає розробку спеціальних дозаторів, працездатних на технічній воді.

Спроби використовувати для цієї мети пристрою типу піпеток і шприців не привело до позитивного результату. Вказані пристрої забезпечували високу точність дозування при ручному управлінні, при автоматичному управлінні дозуванням їх конструкція істотно ускладнювалася, крім того, і піпетки і особливо голки шприців в процесі експериментів засмічувалися за наявності у воді мікровключень (що випадково потрапили у воду).

У зв’язку з цим розроблялися конструкції дозуючих пристроїв, працездатних на технічній воді в умовах реального виробництва, що володіють максимальною простотою при автоматичному управлінні процесом дозування.

В процесі розробки ставилося завдання виключити з конструкції дозаторів елементи (капіляри, отвори малого діаметру) що засмічуються мікровключеннями, але забезпечуючі можливість подачі рідини на поверхню плоского електроду у вигляді крапель або мікродоз. Крім того, необхідно було вирішити завдання одночасного утворення двох крапель (або мікродоз), які повинні прямувати на протилежні сторони плоского електроду.

Була розроблена конструкція дозатора, що забезпечує дискретне форму-

вання мікродоз, об’єми яких дорівнювали від 0,01 до 0,5 мілілітрів з можливістю використання дози за 10 – 30 секунд.

Дозуючий пристрій складається з напірного бака, рівень води в якому підтримується постійним за допомогою переливу, висота місткості складає 150–200 мм. У бічну стінку місткості врізаний похилий патрубок, який за допомогою еластичної циліндрової вставки (шланга з високоякісної гуми) сполучений з витрато-направляючим елементом у вигляді двох патрубків, що розходяться. Довжина еластичної вставки з направляючим елементом підбиралася такій, що рівень води в патрубках направляючого елементу, що розходяться, був менше рівня води в напірній місткості на 1,0 – 2,0 мм.

В процесі дозування еластична вставка пережималася із заданою (але регульованої) швидкістю і частотою. Ступінь її деформації визначав об’єм дози змиваючої води, а швидкість стиснення вставки – швидкість виходу дози з дозуючого патрубка.

Випробовувався також варіант дозатора, в якому направляючий елемент нахилявся на заданий кут із заданою швидкістю, при цьому швидкість виходу води з похилого патрубка зростала від 0 до максимуму, а потім зменшувалася від максимуму до 0.

При цьому завдяки наявності у направляючого елементу двох патрубків, що розходяться, змиваюча вода ділиться на два рівні потоки, які далі прямують на протилежні сторони плоского електроду.

Експерименти показали, що і зменшення площі поперечного перетину еластичної вставки і нахил патрубка максимально просто здійснюється автоматично лекальним пристроєм, укріпленим на валу двигуна, яке дозволяє здійснювати дозування з погрішністю не більше 5 %. Швидкість дозування залежить від профілю лекального елементу і швидкості його обертання. Змиваюча вода може подаватися на плоский електрод у вигляді крапель, наступних через заданий проміжок часу, у вигляді безперервного краплинного «потоку», у вигляді струменя з мінімальною площею поперечного перетину.

В процесі експериментів було також встановлено, що структура шламу в зоні контакту електроду з поверхнею останнього залежить від режиму подачі змиваючої води на електрод:

– якщо змиваюча вода подається краплинним способом, то під електродом на поверхні шламу утворюється і стабільно зберігається зона з малою концентрацією твердої фази у вигляді «лінзи» чистої води, а електрод контактує з поверхнею шламу через краплю рідини, яка постійно знаходиться між

ними. Це істотно зменшує можливість налипання частинок твердої фази на поверхню електроду;

– якщо змиваюча вода подається на електрод у вигляді безперервного струменя навіть мінімального діаметру з дискретністю 1,0 – 5,0 хв., то «лінза» чистої води поперемінно з'являється і зникає;

– якщо доза змиваючої води збільшується (що приводить до збільшення проміжку часу між подачею доз), час існування «лінзи» чистої води зменшується.

Вказане відбувається тому, то схід краплі в шлам не приводить до проникнення води в структуру шламу, вода залишається на його поверхні, утворюючи зону з мінімальної концентрації твердого в рідкому. Крім того, при краплинному режимі подальша крапля прямує на поверхню електроду і потрапляє в шлам через декілька секунд після попередньої. Внаслідок цього «лінза» чистої води безперервно підживляється – не встигає розчинитися в загальному об'ємі шламу. У інших випадках дія води на шлам збільшується, як і проміжок часу, через який нова доза змиваючої води прямує на електрод. Очевидно тому, що з позицій мінімізації налипання шламу на електрод найбільш ефективний краплинний режим подачі змиваючої води на поверхню плоского електроду. З позицій ефективності змивання шламу з електроду, якщо він потрапив на його поверхню, ефективніший періодичний струменевий режим подачі змиваючої води на електрод. Можливий варіант чергування режимів, коли на початку і в кінці кожного циклу дозування використовується краплинний режим, у середині циклу – струменевий.

Після розробки ефективного пристрою, що формує краплі змиваючої води і що дозволяє управляти режимом утворення крапель, розв'язувалося питання про розробку стежачого рівнеміра, максимально простої конструкції з широким діапазоном вимірювання. При тому передбачалося, що електрод повинен переміщатися (у відповідності і практикою розробки подібних стежачих рівнемірів) за допомогою стрічки завтовшки 0,2 – 0,5 мм, що намотується на шків, що приводиться в обертання реверсивним двигуном [4].

У вказаному випадку необхідно було вирішити завдання раціонального розміщення краплеутворюючого пристрою. Аналіз різних варіантів розташування вказаного пристрою показав, що його може бути розташовано (з позицій практичної реалізації) тільки під шківом, на який намотується металева стрічка, до кінця якої кріпиться плоский електрод рівнеміра.

Проте у вказаному випадку при мінімальному рівні шламу в місткості

краплеутворюючого пристрій і плоский електрод знаходяться на відстані 5 і більше метрів і стає проблематичною завдання напряму крапель змиваючої води на поверхню (і з різних сторін) плоского електроду.

Численні експерименти показали, що при розташуванні крапельниці під шківом і напрямі крапель на плоску стрічку (з обох її сторін) багато крапель води не досягають електроду, оскільки зриваються з поверхні стрічки навіть при незначному відхиленні її від вертикального положення. При цьому найчастіше краплі падають в зоні з радіусом 30 – 50 мм від точки контакту електроду з шламом.

З метою напряму всіх крапель змиваючої води на електрод, перед електродом була встановлена приймальна воронкоподібна ємність з радіусом 70 мм, розділена вертикальною перегородкою на два рівні відсіки, унаслідок чого краплі змиваючої води, що направляються на стрічку з різних сторін, обов’язково потрапляють в різні відсіки воронки і прямують далі на електрод з різних його сторін.

У конічній частині відсіків встановлені жолоби, що направляють краплі води точно в середину електроду, що забезпечує максимально ефективне видалення шламу з поверхні електроду.

З урахуванням вищеперелічених і ефективно функціонуючих елементів була розроблена експериментальна модель стежачого рівнеміра шламу з плоским електродом, схема рівнеміра приведена на рисунку. Рівнемір містить плоский електрод 1, встановлений у воронкоподібній приймальні місткості 2, металеву стрічку 3 із завтовшки 0,2–0,3 мм, краплеутворюючий пристрій 4, шків 5, реверсивний двигун 6, фазочутливий підсилювач 7, перетворювач 8, зібраний по мостовій схемі, допоміжний стаціонарний електрод 9, вихідний перетворювач 10, вторинний прилад 11. У момент контакту плоского електроду 1 з шламом, що знаходиться в місткості 12 в одне з плечей мостової схеми підключається сумарний опір електроду 1, стрічки 2, ділянки стаціонарного електроду 9 і контрольованого шламу, що знаходиться між електродами 1 і 9. Сума вказаних опорів в сотні разів менше опору повітря, що знаходиться між рухомим електродом 1 і шламом в мить, коли електрод не контактує з шламом. Тому за допомогою змінного резистора в мостовій схемі (у одне з плечей якого підключено сумарний опір електродів, стрічки і шламу) стежача система може бути настроєна так, що за відсутності контакту електроду 1 з шламом електрод опускається вниз, а у момент зіткнення з шламом

змінює напрям руху. Вказане забезпечує безперервне стеження системою за рівнем шламу в місткості 12.

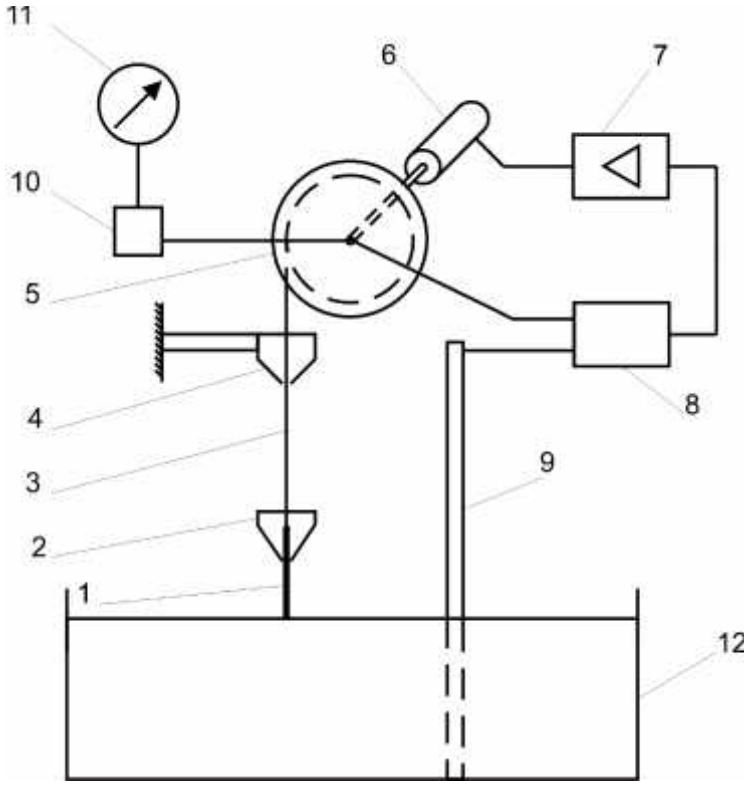

Рисунок – Стежачий контактний рівнемір

Експерименти показали можливість використання розробленого рівнеміра на шламах цементного виробництва. Було встановлено, що стежача система може не тільки забезпечувати коливальний режим роботи (безперервне переміщення рухомого електроду щодо «дзеркала» шламу), але і знаходити стаціонарний стан, якщо рівень шламу в місткості не змінюється. Вказаний стан забезпечувався за рахунок освіти між рухомим електродом і шламом рідинного прошарку у вигляді витягнутої краплі. Проте рівноважний стан стежачої системи забезпечувався тільки при незначних швидкостях переміщення електроду – не більше 5 мм/с. Крім того, гарантована працездатність рівнеміра забезпечується у разі обов’язкового очищення поверхні нерухомого електроду від налиплого шламу, особливо в тих випадках, коли період між заповненнями повністю спорожнених місткостей значний. Слід зазначити, що рівнемір при налипанні шламу на нерухомий електрод повністю не втрачав працездатності. Але його свідчення відставали від рівня шламу в місткості на період, поки шлам на нерухомому електроді розмокав, і мали місце випадки, коли при цьому в шлам частково занурювався рухомий електрод і час-

тково приймальна місткість, що приводило до попадання в неї шламу.

Встановлено, що для очищення нерухомого електроду достатньо ефективно може використовуватися вібрація у вигляді ударних на нього дій.

З метою усунення з конструкції рівнеміра нерухомого електроду, довжина якого зростає із збільшенням діапазону вимірювання, що ускладнює очищення його поверхні від налиплого шламу, був розроблений стежачий контактний рівнемір для шламу з двома рухомими плоскими електродами, на поверхню кожного з яких періодично прямували мікродози змиваючої води. В даному випадку в одне з плечей мостової схеми підключався сумарний опір двох електродів, двох стрічок і шламу, що знаходиться між електродами. Оскільки на поверхню рухомих електродів через певний час подавалися мікродози змиваючої води, то шлам в зоні контактів електродів з шламом мав мінімальну концентрацію твердих частинок. При цьому контакт електродів з шламом здійснювався через «водний прошарок», унаслідок чого дана конструкція електродної системи повністю усувала неспрацьовування рівнеміра при зіткненні електродів з поверхнею шламу в місткості.

При виконанні чутливого елементу контактного рівнеміра з двома встановленими на однаковій висоті електродами необхідно на валу реверсивного двигуна встановлювати два шківи, розташовані один від одного на відстані не менше 50 мм.

Вказане, по-перше, забезпечує незіткнення металевих стрічок, за допомогою яких переміщаються і відстежують рівень шламу в місткості електроди, і, по-друге, краплі або мікродози змиваючої води на замикають електричний ланцюг, в який включені вказані стрічки.

Практичний досвід показав, що і при включенні рівнеміра в роботу, і після його виключення необхідно, використовуючи краплинний режим подачі змиваючої води, підготувати електрод до роботи і здійснити його промивку перед зупинкою в граничному верхньому положенні.

Висновки. Працездатність стежачих контактних рівнемірів на шламах цементного виробництва може бути забезпечена за допомогою дискретної подачі на поверхню плоского вертикально встановленого електроду технічної води у вигляді окремих крапель або мікродоз. При виконанні чутливого елементу рівнеміра у вигляді одного електроду в конструкцію стежачої системи необхідно вводити нерухомий електрод, занурений в ємність з шламом на повну глибину. При виконанні чутливого елементу стежачого контактного

рівнеміра у вигляді 2-х плоских рівновеликих електродів необхідно забезпечити в процесі їх промивки мікродозами води незамикання електричного ланцюга між електродами.

Список літератури: 1. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник // В.А Каратов, Т.Х. Безновская, В.А. Бек и др. / Под общей редакцией В.В. Черенкова Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние. 1987. – 847 с. **2.** *Шкатов Е.Ф., Шувалов В.А.* Основы автоматизации технологических процессов химических производств. – М.: Химия, 1988. – 304 с. **3**. А.С. 216972 СССР, МКИ 42Е, 31/01 G01Г. Опубл. бюл. № 16 (15). 1958 Регулятор уровня **4**. *Дубовец А.Н., Лях Б.Г., Товажнянський Л.Л., Литвиненко И.И.* Методы конструирования измерительных систем: Учебное пособие. – Харьков: НТУ «ХПИ», Торнадо. 2003. – 160 с.

Надійшла до редколегії 10.10.07

УДК 621. 359. 669

В.О. САВЧЕНКО, ***М.В. ВЕДЬ***, канд. техн. наук,
Б.І. БАЙРАЧНИЙ, докт. техн. наук, НТУ ”ХПІ”

ЕЛЕКТРОДНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ СПЛАВУ ЗАЛІЗО – КОБАЛЬТ ДЛЯ ВОДНОЛУЖНОГО ЕЛЕКТРОЛІЗУ

Розглянуто вплив природи електродних матеріалів та густини струму на значення напруги на електролізері. Напруга на електролізері та її залежність від густини струму суттєво зменшуються для покриттів сплавом Fe – Co порівняно з традиційними електродними матеріалами. Доведено доцільність використання сплаву залізо – кобальт як електродного матеріалу для воднолужного електролізу.

The authors analyze the effect of electrode materials and current density’s nature on the voltage on electrolytic cell. The voltage and its dependence on current decreases for Co – Fe alloy in comparison to the commercial electrode materials. The prospects of iron – cobalt alloy usage as electrode material for water-alkaline electrolysis are also considered.

У виробництві екологічно чистої енергії величезну перспективу має водень, запаси якого практично безмежні. Універсалізм водню полягає в тому, що він може замінити будь-який вид пального в різних галузях виробництва, у промисловості, на транспорті, в енергетиці: природний газ – для побутового використання, бензин – у двигунах внутрішнього згоряння, спеціальні види пального – у ракетних двигунах, ацетилен – у процесах зварювання металів, кокс – у металургії, метан – у паливних елементах, вуглеводи – у ряді мі-