

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ЕЛЕКТРОЛІЗНИХ УСТАНОВОК

Проведено оцінку параметрів ударної хвилі – надлишкового тиску, який утворюється при згорянні газової фази при аваріях на електролізній установці та імпульсу хвилі. Показано переваги електрохімічного методу отримання водню з води. Проаналізовано вибухопожежонебезпечні властивості водню, які зумовлюють небезпеку електролізної установки. Встановлено, що можливими аваріями в електролізній установці є: вихід параметрів за критичне значення, розгерметизація обладнання, вибух, розлітання уламків, руйнування споруд і обладнання, травмування персоналу.

Ключові слова: електролізна установка, водень, вибухонебезпека, тиск вибуху, імпульс хвилі

Актуальність проблеми

Електроліз води один з найбільш відомих і добре досліджених методів отримання водню. Він був запропонований ще у 1800 році У.Ніколсоном і Е.Карлайлем. Давно відомі і теоретичні основи електролізу (М.Фарадей, 1834). Перший промисловий водно-лужний електролізер (норвежська компанія Norsk Hydro Electrolysers) було зконструйовано у 1927 році. В міру того, як розширювалась область досліджень, пов'язаних з отриманням, зберіганням, транспортуванням і використанням водню, виявляються ще більш очевидними переваги водневих технологій в різних областях народного господарства. Цей метод використовується в країнах, що володіють значними ресурсами дешевої гідроенергії. Величезні електрохімічні комплекси знаходяться в Канаді, Індії, Єгипті, Норвегії, створені і працюють тисячі менш потужних установок у багатьох країнах світу [1]. В Україні електролізні установки експлуатуються на нафтопереробних підприємствах, атомних електростанціях, жиркомбінатах тощо.

Електрохімічний метод отримання водню з води має ряд позитивних характеристик: 1) висока чистота отриманого водню – до 99,99% і вище; 2) простота технологічного процесу, його безперервність, можливість найбільш повної автоматизації, відсутність рухомих частин в електролітичній комірці; 3) можливість отримання цінних побічних продуктів – важкої води і кисню; 4) загальнодоступна і невичерпна сировина – вода; 5) гнучкість процесу і можливість отримання водню безпосередньо під тиском; 6) фізичне розділення водню і кисню в самому процесі електролізу [1].

Як зазначалось в якості побічного продукту отримують значну кількість кисню. Його використовують як прискорювач технологічних процесів, як очисник водойм, промислових стоків, атмосфери, ґрунтів, води. Спалювання в кисні побутових відходів зможе вирішити проблему твердих викидів великих міст. Ще більш ціннішим продуктом електролізу води є

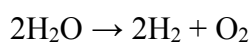
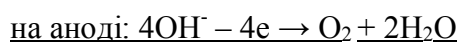
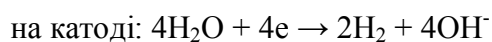
важка вода – хороший сповільнювач нейтронів в атомних реакторах. Крім цього, важка вода використовується в якості сировини для отримання дейтерію, який в свою чергу є сировиною для термоядерної енергетики [2].

Виробництва, де обертаються водень, характеризуються підвищеною пожежною небезпекою. З огляду на вищевказане, важливого значення набуває питання оцінки вибухонебезпеки ємностей з воднем.

Метою роботи є оцінка параметрів ударної хвилі – надлишкового тиску, який утворюється при згорянні воднево-повітряної фази при аваріях на електролізній установці.

Водень (H_2) і кисень (O_2) утворюються в електролізері при розкладанні води (H_2O) постійним струмом. Чиста знесолена вода має дуже низьку електропровідність, тому як електроліт застосовується розчин КОН марки "ЧДА".

Луг у розчині знаходиться у виді заряджених часток-іонів. Вода дисоціює на іони незначно. При впливі електричного поля на розчин, відбувається наступний хімічний процес:



Іон калію не розряджається на катоді, оскільки є тільки переносником електричного струму.

Небезпека електролізних установок зумовлена вибухопожежною небезпекою водню.

Водень при звичайних умовах – безбарвний горючий газ, що не має запаху. Молекулярна маса – 2,016. Густина водню 0,0899 г/л (при 0°C и 1 атм.). Розчинність у воді незначна. Добре розчинний у багатьох металах, що супроводжується газовою корозією. При звичайних умовах хімічно неактивний [4].

При витіканні газоподібного або випаровуванні рідкого водню в атмосферу в створенні вибухонебезпечної хмари бере участь не більше 50% водню.

При охолодженні водню нижче мінус 240 °C під тиском близько 1,22 МПа він конденсується в дуже легку, прозору, безбарвну, рухливу рідину, яка не проводить електрику і володіє невеликим поверхневим натягом. При охолодженні нижче мінус 259 °C утвориться твердий водень, що являє собою білу піноподібну масу, густина якої в 12 разів менше води.

У звичайних умовах при кімнатній температурі молекули водню малоактивні. Реакційна здатність водню значно зростає при нагріванні, під дією світла, електричної іскри й електричного розряду, у момент виділення, у присутності каталізаторів. Водень вступає в

хімічні сполуки з багатьма елементами. На повітрі й у чистому кисні водень згоряє, утворюючи воду.

При аварійних викидах водню в атмосферу внаслідок його низької густини утворення хмари значної маси в наземних шарах атмосфери неможливе. Разом з тим унікальні вибухонебезпечні властивості – широкий інтервал концентраційних меж запалювання (4,12 - 75% об.), низький мінімальний вміст кисню в суміші (5%), висока швидкість горіння (2,67 м/с), низький рівень енергії запалювання суміші (0,017 МДж) – сприяють легкому запаленню (самоzapалюванню) сумішей у початковій стадії витікання водню в атмосферу до утворення більших мас газових сумішей. Найменша теплота згоряння водню становить 120 МДж/кг, температура кипіння – мінус 252,8 °С, температура самоzapалювання 510 °С. Однак, внаслідок високої об'ємної густини енерговиділення воднево-повітряних сумішей навіть у невеликих замкнутих об'ємах приміщень їх вибухи виявляються досить руйнівними.

Небезпека вибухів водню в незамкнутих об'ємах значно вища при аварійних викидах рідкого водню або раптових одноразових викидах більших мас газоподібного водню.

Основними небезпечними процесами на об'єктах, де знаходяться електролізні установки, є процес проведення електролізу, зберігання та транспортування водню. Відповідно підвищену небезпеку має електролізна установка, ресивери водню та трубопроводи водню.

Електролізер (рис. 1) складається з 50 комірок. Кожна комірка являє собою простір, обмежений двома електродами, розташованими на кінцевих плитах. Усі проміжні електроди включені біполярно. Біполярний електрод складається з основного круглого листа і двох виносних перфорованих електродів – анода і катода. Діафрагмова рама служить для відводу газів і для кріплення діафрагми з азбестової тканини, що розділяє водневий і кисневий простір комірок (для уникнення змішування газів). Рама, у нижній частині, має отвір для циркуляції електроліту, у верхній частині – чотири отвори для виходу кисню і сім отворів для виходу водню. Гази збираються в колектори, а потім разом з циркулюючим у системі електролітом надходять у колонки поділу.

Рис.1. Загальний вигляд електролізної установки.

Колонки поділу призначені для відділення газів від електроліту, охолодження електроліту і для забезпечення безперервної його циркуляції. Циркуляція електроліту в системі електролізера необхідна для підтримування нормального теплового режиму і для вирівнювання концентрації лугу в окремих ділянках електролізера. Циркуляція електроліту

викликається різницею питомої ваги газонаповненого електроліту в комірках та газовідвідних трубах і вільного від газових включень електроліту в колонках поділу.

З колонок поділу газу надходять у регулятори-промивачі, де очищуються від лужного туману і охолоджуються.

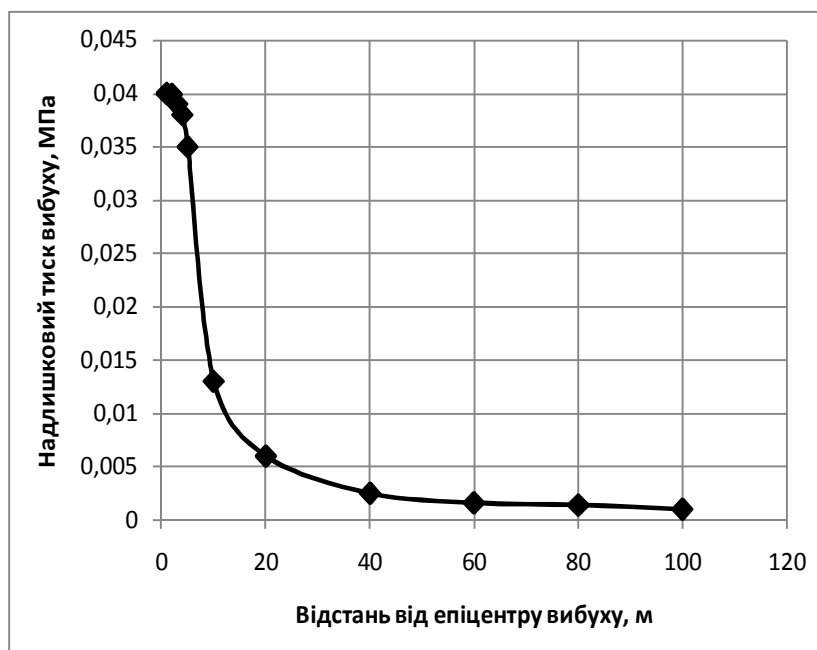
Регулятори-промивачі H_2 і O_2 сполучаються по рідині і розділені по газі. Рідинна система регуляторів-промивачів, під час роботи установки, зв'язана з рідинною системою електролізера для поповнення води, що витрачається в процесі електролізу. Живлення регуляторів-промивачів водою здійснюється автоматично зі зрівняльних баків. При опусканні рівня води в регуляторі-промивачу водню нижче газового штуцера водень проходить у зрівняльні баки, витісняючи еквівалентну кількість води в регулятор-промивач водню. Таким чином, при наявності води в зрівняльних баках рівень у регуляторі-промивачі водню підтримується постійним. Витрата води складає в середньому 850 г/м^3 водню.

Можливими аваріями в електролізній установці є: вихід параметрів за критичне значення, розгерметизація обладнання, вибух, розлітання уламків, руйнування споруд і обладнання, травмування персоналу.

Розрахунок параметрів хвилі тиску при вибуху електролізної установки СЕУ-20 з воднем здійснювався згідно з методикою [5]. Вихідні дані: радіус установки $r=0,1625 \text{ м}$; висота установки $H=0,705 \text{ м}$; товщина стінки $d=0,006 \text{ м}$; опір $\sigma=470 \text{ МПа}$; показник адіабати $\gamma=1,4$; питома енергія вибуху тротилу $Q=4,184 \cdot 10^6 \text{ кДж/кг}$; густина металу $\rho=7800 \text{ кг/м}^3$.

Параметри ударної хвилі – надлишковий тиск, який утворюється при згорянні газової фази, та імпульс хвилі тиску, приведені на рисунку 2.





(б)

Рис.2. Залежність питомого імпульсу (а) та надлишкового тиску вибуху (б) від відстані від епіцентру вибуху при аваріях на електролізній установці.

Як зображено, при вибуху водневоповітряних максимальний тиск вибуху спостерігається на відстані до 20 м від електролізної установки.

Для забезпечення електролізних установок необхідна надійна і ефективна система захисту. Це системи аварійної зупинки, запобіжні пристрої, пристрої утилізації водню, засоби виявлення, системи сигналізації, контрольно-вимірювальні прилади, засоби пожежогасіння.

Висновок. Проведено оцінку пожежної небезпеки електролізної установки. Основними небезпечними процесами на об'єктах, де знаходяться електролізні установки, є процес проведення електролізу, зберігання та транспортування водню. Встановлено залежність питомого імпульсу та надлишкового тиску вибуху від відстані від епіцентру вибуху при аваріях на електролізній установці.

Список літератури

1. Справочник. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. – М: Химия, – 1989.
2. Гольцов В.А. Водородная цивилизация будущего – новая концепция международной ассоциации водородной энергетики/ В.А. Гольцов, Т.Н.Везироглу, Л.Ф. Гольцова // Вестник водородной экономики и экологии. – 2004. – №2. – С.5-15.

3. Нефедов В.Г. Образование газообразной водородной фазы при электролизе воды/ В.Г. Нефедов, Б.В.Матвеев, М.В.Серебристый // Электрохимия. – 1991. – Т.7, Вып. 4. – С.490-495.

4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник под ред. А.Н. Баратова, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчука и др. – М: Химия, 1990.

5. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования.