

## 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 вибухопожежнебезпечні 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].

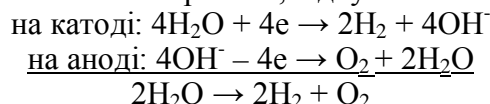
Як зазначалось, в якості побічного продукту отримують значну кількість кисню. Його використовують як прискорювач технологічних процесів, як очисник водойм, промислових стоків, атмосфери, ґрунтів, води. Спалювання в кисні побутових відходів зможе вирішити проблему твердих викидів великих міст. Ще більш 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, своєю чергою, є сировиною для термоядерної енергетики [2].

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

**Метою роботи** є розглянувши умови вибухонебезпечності оцінити параметри ударної хвилі, яка утворюється при згорянні воднево-повітряної фази у випадку аварій на електролізній установці.

Водень (H<sub>2</sub>) і кисень (O<sub>2</sub>) утворюються в електролізері при розкладанні води (H<sub>2</sub>O) постійним струмом [3]. 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 такий 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 і 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.

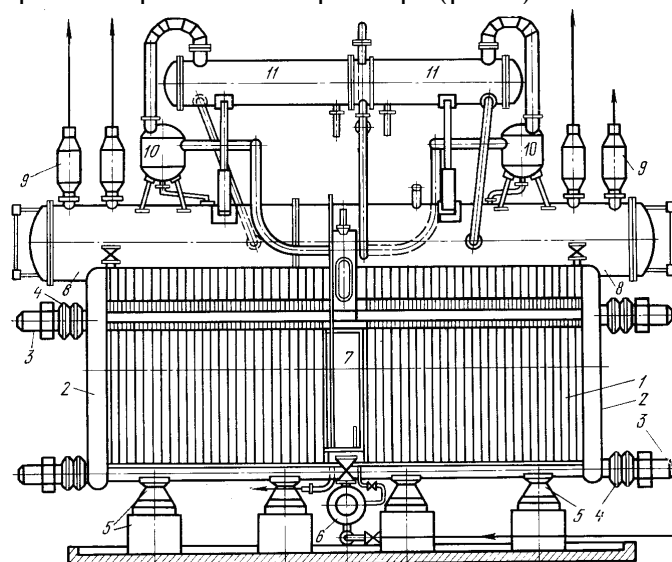
При охолодженні водню нижче мінус 240 °С під тиском близько 1,22 МПа він конденсується в дуже легку, прозору, безбарвну, рухливу рідину, яка не проводить електрику і має невеликий поверхневий натяг. При охолодженні нижче мінус 259 °С утвориться твердий водень, що являє собою білу піноподібну масу, густина якої в 12 разів менша, ніж 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 (самозапалюванню) 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 самозапалювання 510 °С. Однак, вибухи воднево-повітряних сумішей навіть у невеликих замкнених об'ємах приміщень їх вибухи виявляються досить руйнівними.

Небезпека вибухів водню в незамкнених 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 [5] виконаний у вигляді агрегату, що містить всю допоміжну апаратуру для первинної обробки (охолодження і промивання газів), підтримки теплового, гідравлічного і концентраційного режимів роботи електролізера (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема електролізної установки:

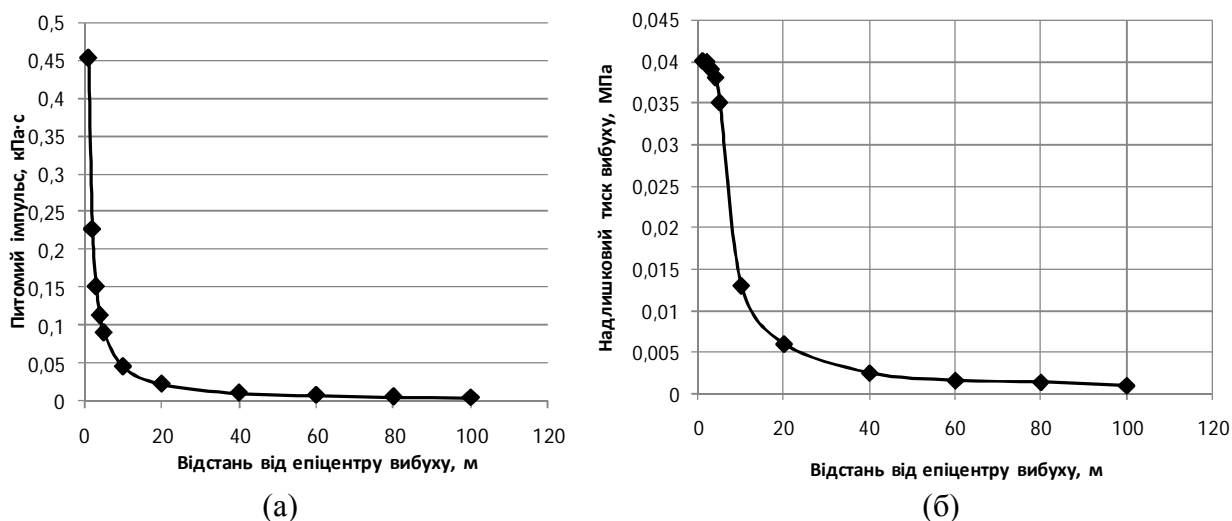
- 1 – електролітична комірка, 2 – плити, 3 – стяжні болти, 4 – пружини, 5 – ізолятор,
- 6 – фільтр для електроліту, 7 – середня камера, 8 – розширник, 9 – ресивери,
- 10 – холодильники-конденсатори газів, 11 – бризкоуловлювачі.

Електролізер зібраний з однотипних комірок (1) прямокутного перерізу, які розташовані з обох сторін середньої камери (7). Усі комірки і середня камера електролізера стягуються в єдину конструкцію стяжними болтами (3). Водень і кисень, що утворюються в комірках, разом з віднесеним у вигляді бризків і піни електролітом, відповідними колекторами потрапляють у розширник (8), що розташований над середньою камерою, де внаслідок розширення газів відбувається відділення основної кількості електроліту. Далі водень надходить у холодильник-конденсатор водню, а кисень – у холодильник конденсатор тепла (10). Після холодильників-конденсаторів водень і кисень потрапляє у газозбірники, де вони охолоджуються і остаточно очищаються від бризків електроліту.

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 з воднем здійснювався згідно з методикою [6]. Вихідні дані: радіус установки  $r=0,1625$  м; висота установки  $H=0,705$  м; товщина стінки  $d=0,006$  м; опір  $\sigma=470$  МПа; показник адиабати  $\gamma=1,4$ ; питома енергія вибуху тротилу  $Q=4,184 \cdot 10^6$  кДж/кг; густина металу  $\rho=7800$  кг/м<sup>3</sup>.

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



**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 сумішей 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. **Горбачов А.К.** Технічна електрохімія. Ч. 1. Електрохімічні виробництва хімічних продуктів: – Х.: ВАТ «Видавництво «Прапор», 2002. – 254 с.
6. **ГОСТ Р 12.3.047-98.** Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования.

*Н.А. Ференц, М.Н. Кучерява*

### ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ УСТАНОВОК

Проведена оценка параметров ударной волны – избыточного давления, которое образуется при сгорании газовой фазы при авариях на электролизной установке и импульса волны. Показаны преимущества электрохимического метода получения водорода из воды. Проанализированы взрывоопасные свойства водорода, которые определяют опасность электролизной установки. Установлено, что возможными авариями в электролизной установке являются: выход параметров за критическое значение, разгерметизация оборудования, взрыв, разлет обломков, разрушение сооружений и оборудования, травмирование персонала.

**Ключевые слова:** электролизная установка, водород, взрывоопасность, давление взрыва, импульс волны

*N.A.Ferents, M.N.Kucheryava*

### FIRE SAFETY OF ELECTROLYSIS PLANTS

Estimation of shock wave parameters – surplus pressure which appears at gas phase burning at failures on the electrolysis plants and wave impulse is conducted. Advantages of electrochemical method of hydrogen receipt from water are shown. Hydrogen explosive and flammable properties, which predetermine the danger of the electrolysis plant are analyzed. It is set that possible failures in the electrolysis setting are: output of parameters over the ultimate value, pressurization of equipment, explosion, fragment dispersion, buildings and equipment destruction, traumatizing of personnel.

**Keywords:** electrolysis plant, hydrogen, explosion hazards, explosion pressure, wave impulse.

