

*Н.О. Ференц, канд. техн. наук, доцент, А.Ф. Гаврилюк (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЙ ПРИМІЩЕНЬ АКУМУЛЯТОРНИХ СТАНЦІЙ ЗА ВИБУХОПОЖЕЖНОЮ І ПОЖЕЖНОЮ НЕБЕЗПЕКОЮ

Проведено оцінку вибухопожежонебезпеки приміщень акумуляторних станцій. Підкреслено, що їх небезпека зумовлена утворенням водню в процесі зарядки акумуляторів. Встановлено невідповідне завищення категорії акумуляторних станцій за вибухопожежною небезпекою, і, як наслідок, жорсткі заходи для забезпечення їх безпеки. Обчислено, що при наявності аварійної вентиляції приміщення акумуляторної станції можна віднести до категорії В – пожежонебезпечна. Встановлено залежність надлишкового тиску вибуху від сили зарядного струму.

**Ключові слова:** акумуляторна станція, категорія, свинцево-кислотний акумулятор, водень, тиск вибуху, аварійна вентиляція

**Актуальність проблеми.** У різноманітних виробництвах зберігаються, використовуються та переробляються горючі і вибухонебезпечні матеріали. Нові технологічні лінії, які базуються на інтенсифікації, збільшенні продуктивності та об'ємів вибухонебезпечних речовин, зумовили необхідність підвищення до критичних значень таких параметрів, як тиск, температура, співвідношення горючих компонентів і окисника тощо. У зв'язку з цим зростає потенційна небезпека вибухів великої руйнівної сили, пожеж, які завдають значних матеріальних збитків, призводять до травм і загибелі обслуговуючого персоналу.

Для прийняття заходів з вибухопожежної безпеки приміщення, будинки і зовнішні установки виробничих об'єктів класифікують і використовують відповідні методики для їх кількісної оцінки [1]. Прийнята в Україні система категорювання виробничих приміщень, будинків і зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою визначає комплекс пожежно-технічних заходів, спрямованих на убезпечення людей і збереження матеріальних цінностей, дає можливість об'єктивно встановити умовний рівень їх вибухопожежної небезпеки і обґрунтувати конкретні організаційно-технічні заходи, що дають можливість в межах допустимого ризику експлуатувати виробничі об'єкти.

Встановлення тієї або іншої категорії формує протипожежні вимоги до планування і забудови території промислових підприємств, поверховості виробничих будівель, вогнестійкості будівельних конструкцій, величини площ пожежних відсіків, розташування і протяжності шляхів евакуації, застосування легкоскридних конструкцій, протипожежного інженерного обладнання тощо. Наведений перелік заходів свідчить про важливість правильного визначення категорії, оскільки помилки в цій галузі на багато років наперед визначають недостатність або надмірність заходів щодо запобігання пожеж і протипожежного захисту.

Безперервне забезпечення об'єктів різного призначення електроенергією пов'язане з використанням стаціонарних кислотних акумуляторних батарей. Функціонування свинцево-кислотних акумуляторів супроводжується утворенням і виділенням водню, що і зумовлює, головним чином, їх вибухопожежонебезпеку.

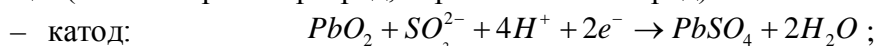
**Метою роботи** є оцінка кількості водню, що надходить в приміщення акумуляторних станцій та обґрунтування категорії таких приміщень за вибухопожежною і пожежною небезпекою.

**Методики.** Методика визначення категорій приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою [1].

**Результати роботи.** Кислотні свинцеві акумулятори є найбільш поширеними серед вторинних хімічних джерел струму [7]. Завдяки порівняно високій потужності в поєднанні з надійністю і відносно низькою вартістю вони мають різноманітне практичне застосування – у стартерних батареях для різних засобів пересування. На базі свинцевих акумуляторів

комплектується переважна більшість стаціонарних і значна частина вагонних батарей, значно поширені батареї для живлення приладів побутової електроніки.

Принцип роботи свинцево-кислотних акумуляторів базується на електрохімічних реакціях свинцю і діоксиду свинцю в сірчанокислотному середовищі [7]. Під час розряду відбувається відновлення діоксиду свинцю на катоді і окиснення свинцю на аноді. При заряді протікають зворотні реакції, до яких в кінці заряду додається реакція електролізу води, що супроводжується виділенням кисню на позитивному електроді і водню – на негативному. Хімічна реакція (зліва-направо – розряд, справа-наліво – заряд):



В результаті при розрядці акумулятора «витрачається» сірчана кислота з одночасним утворенням води, а при зарядці, навпаки, вода «витрачається» на утворення сірчаної кислоти. В кінці зарядки, при деяких критичних значеннях концентрації сульфату свинцю, починає переважати процес електролізу води. При цьому на катоді виділяється водень, на аноді – кисень.

Окисно-відновні реакції, що відбуваються в свинцевому акумуляторі при розряді і заряді, відповідно до теорії подвійної сульфатації можуть бути спрощено представлені у вигляді рівняння:  $PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2H_2$  .

Таким чином, небезпека акумуляторних батарей зумовлена тим, що їх робота супроводжується електролізом води і виділенням водню.

Водень – горючий газ [8], за небезпекою він займає друге місце (вслід за ацетиленом). У нього висока теплота горіння (119 840 кДж/кг) і низька мінімальна енергія запалювання (0,017 МДж). Водень при змішуванні з повітрям утворює вибухонебезпечну суміш – так званий гримучий газ. Вибухонебезпечні концентрації водню з киснем виникають від 4% до 96% об'ємних, при змішуванні з повітрям від 4% до 75% об'ємних.

Згідно з НАПБ Б 03.002-2007 [1], приміщення, у якому знаходяться горючі гази (водень) і надлишковий тиск вибуху перевищує 5 кПа, належить до категорії А – вибухопожежонебезпечна. Якщо ж надлишковий тиск вибуху менший за 5 кПа, то приміщення належить до категорії В – пожежонебезпечна.

В основу чинної методики категорювання приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою покладено ряд принципів:

- можливість певної (нормативної) потужності вибуху і (або) пожежі;
- врахування кількості вибухонебезпечних речовин, матеріалів, що сприяють утворенню пароповітряних або пилоповітряних сумішей;
- врахування вибухопожежних властивостей і матеріалів, що використовуються у виробничих приміщеннях і будинках.
- при встановленні категорій приміщень, будинків і зовнішніх установок приймається найбільш несприятливий варіант аварії або період нормального функціонування технологічної системи і її елементів.

Відповідно до цих принципів розроблено вимоги при встановленні категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок з вибухопожежною і пожежною небезпеки.

Розрахунок надлишкового тиску вибуху водню в акумуляторних приміщеннях здійснюється з врахуванням ряду припущень:

1) при розрахунку надлишкового тиску вибуху в якості розрахункового варіанта приймається найбільш несприятливий з точки зору вибуху період, пов'язаний з формуванням і зарядом повністю розряджених батарей з напругою понад 2,3 В на елемент і найбільшим значенням зарядного струму, що перевищує в чотири рази максимальний зарядний струм;

2) відбувається заряд акумуляторних батарей з максимальною номінальною ємністю, А·год. Кількість батарей, що одночасно заряджаються встановлюється в залежності від експлуатаційних умов, потужності і напруги зовнішнього джерела струму. Тривалість надхо-

дження водню в приміщення відповідає кінцевому періоду заряду при максимальному газовиділенні і приймається рівною 1 год ( $T=3600$  с).

3) за розрахункову приймається максимальна температура зовнішнього повітря в населеному пункті (кліматичній зоні), згідно з [4].

Розрахунок надлишкового тиску вибуху водню в акумуляторному приміщенні, у відповідності з [1] здійснюється за формулою:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \cdot \frac{V_n \cdot Z \cdot 100 \cdot 1}{V_0 \cdot C_{ст} \cdot K_n} \text{ кПа} \quad (1)$$

де  $P_{\max}$  – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної суміші, кПа;

$P_0$  – початковий тиск у приміщенні, кПа;

$V_n$  – об'єм водню, що утворюється, м<sup>3</sup>;

$Z$  – коефіцієнт участі горючої речовини у вибуху; відповідно до вимог таблиці 2 НАПБ Б.03.002-07, приймається рівним 1,0;

$V_0$  – вільний об'єм виробничого приміщення, м<sup>3</sup>;

$C_{ст}$  – стехіометрична концентрація водню;

$K_n$  – коефіцієнт негерметичності приміщення та неадіабатичності процесу горіння; на підставі п.7.2.1 НАПБ Б.03.002-07 приймається рівним 3.

Розрахунок маси водню, що надійшов в приміщення при заряді акумуляторних батарей згідно з [10], обчислюється за формулою:

$$\frac{M}{I \cdot T} = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{Z} = \frac{1}{9,65 \cdot 10^4} \cdot \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1} = 1,036 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-1} \quad (2)$$

де  $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ А} \cdot \text{с} \cdot \text{моль}^{-1}$  – постійна Фарадея;

$A$  – атомна одиниця маси водню, рівна 1 а.о.м =  $1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}$ ;

$Z = 1$  – валентність водню;

$I$  – сила зарядного струму, А;

$T$  – розрахунковий час заряду, с.

Об'єм водню, що надходить в приміщення при заряді декількох батарей, м<sup>3</sup>, обчислюється за формулою:

$$V_n = \frac{1,036 \cdot 10^{-8}}{\rho_r} \cdot 4 \cdot [I_1 \cdot n_1 + I_2 \cdot n_2 + \dots + I_i \cdot n_i] \cdot 3600 \quad (3)$$

де  $\rho_r$  – густина водню, при розрахунковій температурі повітря, кг·м<sup>-3</sup>;

$I_i$  – максимальний зарядний струм  $i$ -ої батареї, А;

$n_i$  – кількість акумуляторів  $i$ -ої батареї.

Густина водню визначається за формулою:

$$\rho_r = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + \alpha t_n)}, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3} \quad (4)$$

де  $M$  – маса одного кмоля водню, рівна  $2 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ ;

$V_0$  – об'єм кмоля газу при нормальних умовах, рівний  $22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$ ;

$\alpha = 0,00367$  – коефіцієнт температурного розширення газу, град<sup>-1</sup>;

$t_n$  – розрахункова температура повітря, °С.

У роботі здійснено розрахунок надлишкового тиску водню в акумуляторному приміщенні будинку зв'язку, що проектується, об'ємом  $V_{\text{прим}} = 27,2 \text{ м}^3$ , який обладнаний акумуляторною батареєю СК-4 з 12 акумуляторів та акумуляторною батареєю СК-1 з 13 акумуляторів. Максимальна абсолютна температура повітря згідно з [4] в районі будівництва 38 °С. За розрахунковий варіант приймається одночасний заряд всіх батарей, що знаходяться в акумуляторному приміщенні, з найбільшим значенням зарядного струму, що перевищує в чотири рази максимально допустимий.

Надлишковий тиск вибуху водню в акумуляторному приміщенні обчислений за формулою (1) становить  $\Delta P = 43,78$  кПа. Оскільки, розрахунковий надлишковий тиск вибуху більший за 5 кПа, то у відповідності з табл.1 [1] акумуляторне приміщення слід віднести до категорії А – вибухопожежонебезпечна.

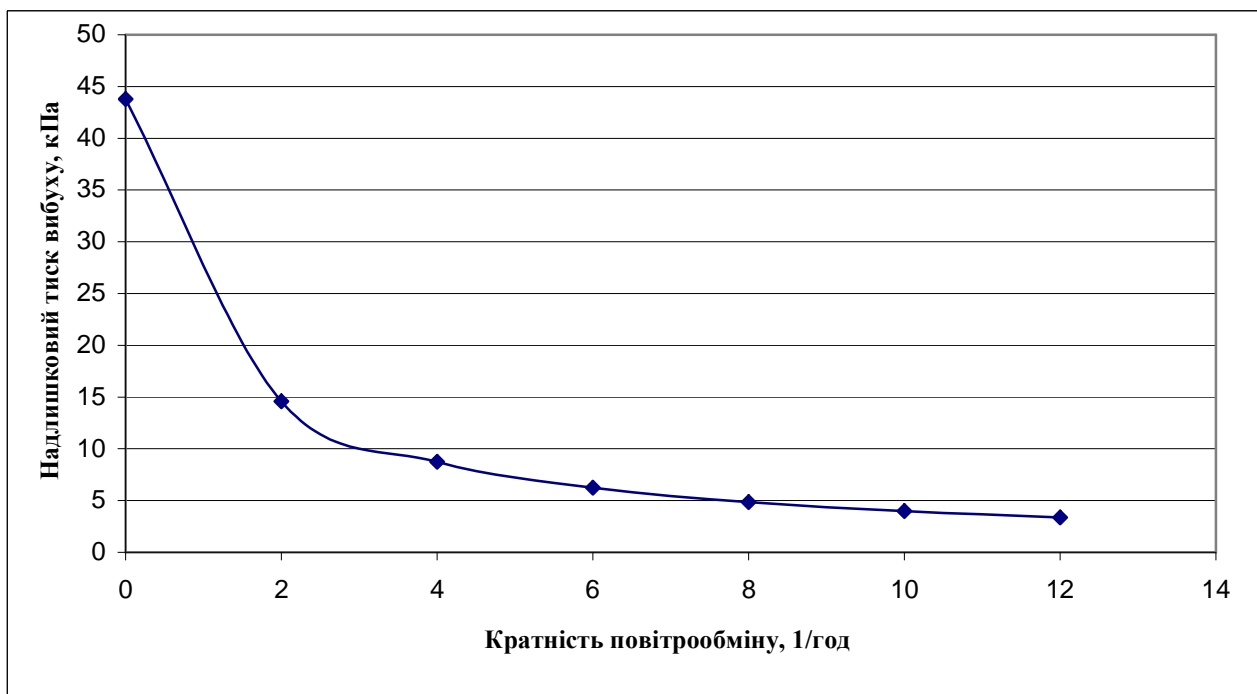
Для забезпечення вибухобезпеки приміщень категорії А передбачено ряд вимог [5]: будинки повинні виконуватися I-го і II-го ступеня вогнестійкості, у таких приміщеннях слід передбачати легкоскидні конструкції, площа яких повинна бути не менше  $0,05 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  об'єму приміщення, захисні конструкції зарядного приміщення повинні бути негорючими (мінімальна межа вогнестійкості стін несучих – REI 150 M0, самонесучих – REI 75 M0, перекриття – REI 60 M0), зарядні станції рекомендується виконувати з природним освітленням, для вікон необхідно застосовувати матове або покрите білою клейовою фарбою скло тощо. Згідно з [3] акумуляторні приміщення повинні обладнуватись аварійною вентиляцією. Система аварійної вентиляції повинна бути забезпечена автоматичним пуском.

При розрахунку надлишкового тиску вибуху з врахуванням роботи аварійної вентиляції, у відповідності з п.7.2.3. [1] необхідно розрахунковий об'єм водню,  $V_n$ , що надійшов в приміщення, розділити на коефіцієнт  $K$ , що визначається за формулою:

$$K = A \cdot \tau + 1 \quad (5)$$

де  $A$  – кратність повітрообміну, що створюється аварійною вентиляцією, 1/с, (1/год);  
 $\tau$  – тривалість надходження водню в об'єм приміщення, с.

У роботі проводився розрахунок надлишкового тиску вибуху водню в акумуляторному приміщенні з врахуванням роботи аварійної вентиляції при різних значеннях кратності повітрообміну. На рисунку 1 приведена залежність надлишкового тиску вибуху в акумуляторному приміщенні в залежності від кратності повітрообміну аварійної вентиляції.



**Рис.1.** Залежність надлишкового тиску вибуху воднево-повітряної суміші в приміщенні акумуляторної станції при різних значеннях кратності повітрообміну аварійної вентиляції

Як показано на рисунку, при кратності вентиляції  $A \geq 8$ , надлишковий тиск вибуху  $\Delta P$  є менший 5 кПа, що дає можливість згідно з НАПБ Б 03.002-2007, не відносити акумуляторне

приміщення до категорії А. Згідно з п.5.3. і табл.1 [1], при розрахунковому тиску вибуху менше 5 кПа, акумуляторне приміщення слід віднести до категорії В.

Згідно з рівнянням (2), кількість водню, що надходить в приміщення, залежить від сили зарядного струму. Максимальна сила зарядного струму приймається згідно з [6].

**Таблиця**

*Значення надлишкового тиску вибуху ( $\Delta P$ ) в приміщенні акумуляторної станції в залежності від кількості водню ( $V$ ), що утворюється при різних значеннях зарядного струму ( $I$ )*

$I, A$	0	1	2	3	6	9	12	15
$V, m^3$	0	0,048	0,095	0,143	0,286	0,429	0,572	0,714
$\Delta P, kPa$	0	1,99	3,987	5,98	11,96	17,94	23,92	29,90

Кількість водню, що надходить в приміщення і, відповідно, надлишковий тиск вибуху зростають із збільшенням сили зарядного струму. Однак, в процесі зарядки акумуляторів швидке надходження великого об'єму водню в приміщення неможливе, адже горючий газ постійно надходить в приміщення з малою швидкістю. В існуючих нормах [1] розглядаються аварійні ситуації розгерметизації устаткування з миттєвим надходженням великої кількості газу в приміщення, що і призводить до невинуватеного завищення категорії акумуляторних за вибухопожежною небезпекою.

**Висновок.** У роботі проведено оцінку вибухопожежонебезпеки приміщень акумуляторних станцій згідно з [1]. Застосування НАПБ Б.03.002-2007 для оцінки вибухопожежонебезпеки таких приміщень призводить до невинуватеного завищення категорії акумуляторних за вибухопожежною небезпекою, і, як наслідок, невинуватено жорсткі заходи для їх убезпечення. Обчислено, що при наявності аварійної вентиляції приміщення акумуляторної станції можна віднести до категорії В – пожежонебезпечна. Встановлено залежність надлишкового тиску вибуху від сили зарядного струму.

#### Список літератури:

1. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
2. ГОСТ 12.2.007.12-88. Источники тока химические. Требования безопасности.
3. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
4. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.
5. СНиП 2.09.02-85\*. Производственные здания.
6. ГОСТ 825-73. Аккумуляторы свинцовые для стационарных установок.
7. Северный А.Э., Пучин Е.А., Мельников А.А. Использование, хранение и ремонт аккумуляторных батарей. – М. : ГОСНИТИ, 1991. – 112 с.
8. 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.
9. НАОП 1.3.00-6.01-89. Рекомендації по визначенню рівня вибухонебезпеки хіміко-технологічних об'єктів та їх протиаварійного захисту.
10. Макеев В.И., Монахов В. Т., Плешаков В.Ф. Определение объема взрывоопасной смеси газов при категорировании производств // Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева. 1982. Т. 27. № 1 – с. 81-84.

*Н.А. Ференц, канд. техн. наук, доцент, А.Ф. Гаврилюк (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)*

## **ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИЙ ПОМЕЩЕНИЙ АККУМУЛЯТОРНЫХ СТАНЦИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

Проведена оценка взрывопожароопасности помещений аккумуляторных станций. Подчеркнуто, что их опасность обусловлена образованием водорода в процессе зарядки аккумуляторов. Установлено неоправданное завышение категории аккумуляторных станций по взрывопожарной опасности, и, как следствие, жесткие мероприятия для обеспечения их безопасности. Вычислено, что при наличии аварийной вентиляции помещения аккумуляторной станции можно отнести к категории В – пожароопасная. Установлена зависимость избыточного давления взрыва от силы зарядного тока.

**Ключевые слова:** аккумуляторная станция, категория, свинцово-кислотный аккумулятор, водород, давление взрыва, аварийная вентиляция

*N.O.Ferents, Candidate of Sciences (Engineering), Assistant Professor, A.F. Gavrylyuk (Lviv State University of Vital Activity Safety)*

## **PECULIARITIES OF DETERMINATION OF CATEGORIES OF BUILDINGS OF THE ACCUMULATOR STATIONS ACCORDING TO THEIR FIRE EXPLOSION AND FIRE HAZARD**

The article deals with the estimation of fire explosion and fire hazard of accumulator stations' rooms. It is underlined that their danger is conditioned by formation of hydrogen during the process of accumulators' charging. The unjustified overstating of category of the accumulator stations is set after the danger of fire explosion, and, as a result, have effects on the providing of their safety. It is calculated, that at presence of emergency ventilation of apartment of the accumulator station it is possible to subsume to B-category (highly explosive). Dependence of redundant pressure of explosion from strength of charging current is deterined.

**Key words:** accumulator station, category, lead-acid accumulator, hydrogen, pressure of explosion, emergency ventilation

