

## EXPLOSION SAFETY PROTECTION OF PRODUCTION FACILITIES AGAINST THE EFFECTS OF AIR BLAST

N. Volodchenkova, A. Hivrich

*National University of Food Technologies*

O. Levchenko

*Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine*

---

**Key words:**

Accident  
Explosion  
Air blast  
Blast

---

**ABSTRACT**

The method for assessing protection against fires and explosions for the elements of industrial facilities (buildings, equipment, and technological procedure) of food industry to the effects of damaging factors of air blast has been improved.

---

**Article history:**

Received 12.05.2013  
Received in revised form  
20.06.2013  
Accepted 30.06.2013

In order to establish the significant value of the overpressure and to determine the degree of explosion protection of structural elements, the corresponding coefficients have been calculated.

---

**Corresponding author:**

N. Volodchenkova

O. Levchenko

E-mail:

volna22@bigmir.net

levchenko.o@paton.kiev.ua

---

## ВИБУХОБЕЗПЕКА ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ДО ВПЛИВУ ПОВІТРЯНОЇ ВИБУХОВОЇ ХВИЛІ

Н.В. Володченкова, О.В. Хіврич

*Національний університет харчових технологій*

О.Г. Левченко

*Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України*

Удосконалено метод оцінки пожежо-вибухонебезпеки елементів (будівель, обладнання, технологічного процесу) виробничих об'єктів підприємств харчової промисловості (ХП) до впливу уражаючих факторів повітряної вибухової хвилі (ПВХ).

Для встановлення достовірного значення величини надлишкового тиску та визначення ступеня вибухозахисту елементів конструкцій підприємства розраховані відповідні коефіцієнти.

**Ключові слова:** аварія, вибухозахист, повітряна вибухова хвиля, вибух.

Аналіз функціонування підприємств групи ризику (елеватори, ХПП, млини та інші підприємства галузі ХП, що використовують в процесі виробництва або

переробки зерно, зернові культури та інші харчові продукти, які можуть бути джерелом пилоутворення) дозволяє зробити висновок, що основними причинами аварій (аварійних ситуацій) (ААС) можуть бути виникнення вибухів газоповітряних (ГПС) та пилоповітряних (ППС) сумішей або їх гібридів, задимлення та загоряння сировини, напівфабрикатів і готової продукції на різних етапах технологічних процесів, а наслідками цих явищ є руйнування елементів технологічного обладнання, будівель та споруд, травмування і навіть загибель виробничого персоналу від ураження ПВХ, погіршення умов праці, екологічно шкідливі викиди, збільшення трудових витрат та енерговитрат на відновлення нормальної роботи відповідних підприємств.

Аналіз ступеня вибухозахисту підприємств, що спеціалізуються на зберіганні і переробки зерна, зернових культур та іншої рослинної сировини та аналітичне обґрунтування їх вибухозахисту.

Для оцінки ступеня вибухозахисту елементів виробничих об'єктів підприємств ХП до впливу уражаючих факторів ПВХ та розробки заходів щодо його підвищення використовуються такі вихідні дані:

- максимальні значення параметрів можливих вражаючих факторів;
- характеристики елементів об'єкта.

Вихідними даними для оцінки ступеня вибухозахисту є конструктивні особливості елементів виробничих об'єктів, їх форма, габарити (довжина, ширина, висота, діаметр та ін.), характеристики міцності та інші [1].

В цілому дія ПВХ на об'єкт, що досліджується характеризується складним комплексом навантажень, а саме:

- надлишковим тиском;
- тиском відбивання;
- тиском швидкісного напору;
- тиском затікання.

Все це буде залежати від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції й розмірів елементів об'єкта, орієнтації відносно вибуху, розміщення будівель і споруд, рельєфу місцевості, характеру ААС.

Врахувати їх разом для кожного об'єкта неможливо. Тому опір конструкцій дії вибухової хвилі в роботі прийнято характеризувати надлишковим тиском у фронті ПВХ, який призводить до слабких, середніх і сильних руйнувань [1, 2].

Оцінку ступеня вибухозахисту елементів виробничих об'єктів підприємств ХП до впливу ПВХ пропонується проводити у такий послідовності:

- визначення максимального надлишкового тиску ударної хвилі, яка очікується на об'єкті;
- виділення основних елементів на об'єкті (склади, майстерні, комбикормовий цех, цехи переробки та ін.), від яких залежатиме функціонування виробничого об'єкта і виробництво продукції;
- оцінка ступеня вибухозахисту кожного елемента виробничого об'єкта;
- порівняння розрахованої межі вибухозахисту об'єкта з очікуваним максимальним надлишковим тиском ПВХ;
- визначення ступеня можливих руйнувань виробничих приміщень.

На підставі результатів оцінки ступеня вибухозахисту виробничого об'єкта роблять висновки і пропозиції по кожному елементу і об'єкту в цілому, а саме:

межа вибухозахисту об'єкта, найбільш вразливі його елементи, характер і ступінь руйнувань при максимальному надлишковому тиску, можливі збитки; межа доцільного підвищення ступеня вибухозахисту найбільш вразливих елементів виробничого об'єкта і пропозиції (заходи) для її підвищення. [3, 4]

Блок-схема методики оцінки ступеня вибухозахисту елементів підприємств ХП до впливу ПВХ наведено на рисунку 1.

В якості наявної інформації в даній методиці взято:

- тип можливої ААС;
- вид небезпечних речовин, суміші, що беруть участь у процесі вибуху;
- характеристика типових виробничих об'єктів (обладнання) підприємства ХП;
- потрібні (задані) рівні безпеки і надійності типових виробничих об'єктів (обладнання) підприємства ХП від впливу уражаючих факторів ПВХ.

В якості змінної інформації використовуються:

- особливості ААС та можливі сценарії її розвитку;
- кількість небезпечних речовин (суміші), що беруть участь у процесі вибуху;
- наявність у місці (приміщенні) виникнення ААС інших небезпечних об'єктів і можливі масштаби і наслідки їх руйнування.

У першому блоці формулюються вхідні дані:

- обирається тип ААС і можливі сценарії її розвитку.

У другому блоці формулюються вхідні дані для визначення допоміжних показників, а саме при виникненні ААС за участю ГПС, визначаються:

$V_{во}$  — вільний об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;

$\rho_{г,п}$  — щільність газу або пари при розрахунковій температурі  $t_p$ , кг/м<sup>3</sup>;

$V_a$  — об'єм газу, який вийшов із апарату, м<sup>3</sup>;

$V_T$  — об'єм газу, який вийшов із трубопроводів, м<sup>3</sup>;

$m$  — маса газу, що потрапляє у виробниче приміщення при розрахунковій ААС, кг.

При виникненні ААС за участю ППС визначається — маса пилу ( $M$ ), що приймає участь при вибухах, кг

У третьому блоці визначається  $C_{ст}$  — стехіометрична концентрація ГПС або ППС % (об.);

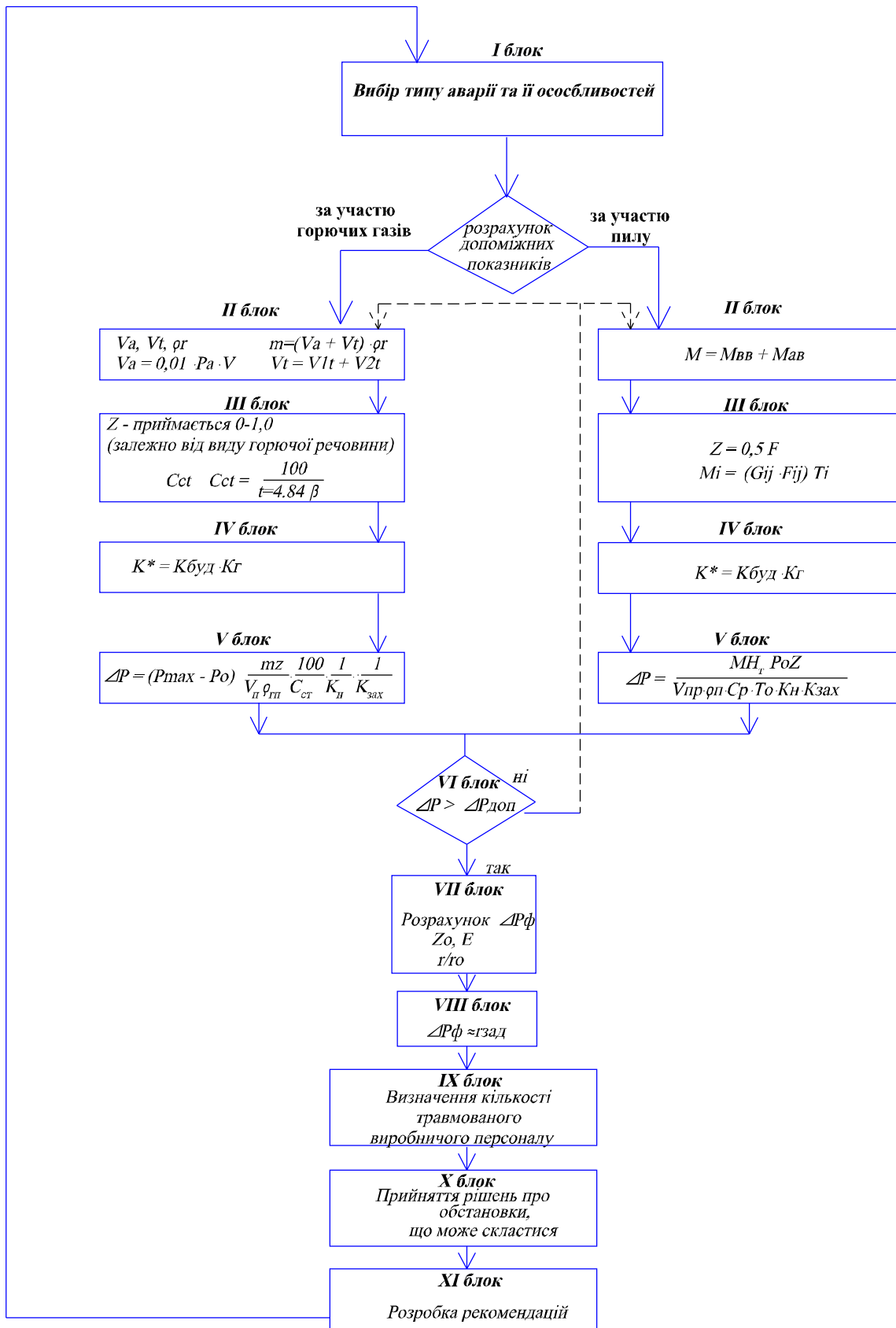
$K_n$  — коефіцієнт, який враховує негерметичність приміщення і неадіабатичність процесу горіння.

У четвертому блоці визначається значення коефіцієнта  $K_z$ , який враховує геометричні особливості конструкції та коефіцієнта  $K_{б\gamma d}$ , який враховує тип матеріалу, з якого виготовлена будівля або споруда.

У п'ятому блоці проводиться розрахунок значення величини надлишкового тиску  $\Delta p = (p_{max} - p_0) \cdot \frac{mZ}{V_{св}\rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n} \cdot \frac{1}{K_z} \cdot \frac{1}{K_{б\gamma d}}$  в ААС за участі ГПС

та надлишкового тиску  $\Delta p = \frac{MH_m p_0 Z}{V_{св}\rho_n C_n T_0 K_n} \cdot \frac{1}{K_z} \cdot \frac{1}{K_{б\gamma d}}$  в ААС за участі ППС.

У шостому блоці проводиться порівняння отриманих значень величини надлишкового тиску із допустимими. У разі їх невідповідності проводиться заміна вихідних даних і здійснюються повторні розрахунки.



**Рис 1. Блок-схема методики оцінки ступеня вибухозахисту виробничих об'єктів харчової промисловості до впливу ПВХ**

У сьомому блоці проводиться розрахунок величини надлишкового тиску у фронті ударної хвилі. Якщо  $\Delta P_\phi > |\Delta P_\phi|$ , то елемент конструкції вважається таким, що вийшов з ладу.

У восьмому блоці проводиться визначення небезпечної відстані від центру вибуху до інших виробничих будівель та споруд підприємства.

У дев'ятому блоці визначається ступінь можливих травмувань виробничого персоналу (кількість травмованих, розподіл за важкістю травм) при даній ААС.

На підставі аналізу ААС основним чинником, що визначає кількість травмованого виробничого персоналу, є ступінь пошкодження виробничого обладнання, будівель та споруд.

Приймається, що:

– у повністю зруйнованих будівлях травми отримують 100% людей, що знаходяться у них, при цьому вважають, що всі постраждали перебувають у завалах;

– у сильно зруйнованих будівлях травми отримують до 60 % людей, що знаходяться в них. При цьому вважають, що 50% з їх числа може виявитися в завалі, решта піддаються впливу будівельними уламками, склом і надлишковим тиском ПВХ;

– в будівлях, які отримали середні руйнування, може бути травмовано до 10 – 15% людей, що знаходяться в них.

Тоді максимальна кількість людей, що було травмовано у виробничих будівлях, визначається як

$$N_{\text{заг.буд}} = N_{\text{пов.р.}} + 0,6 N_{\text{сил.р.}} + 0,15 N_{\text{сер.р.}} \quad (1)$$

Загальна кількість травмованого персоналу, розташованого на відкритій місцевості визначається з виразу:

$$N_{\text{заг.відк}} = d \cdot \varphi \sum 0,6 P_i \cdot F_i \quad (2)$$

де  $d$  — частка людей, які в момент вибуху можуть опинитися в небезпечній зоні поза будівлями;  $\varphi$  — щільність розташування людей, чел./км<sup>2</sup>;  $F_i$  — площа території виробничого об'єкта, на яку впливає ПВХ з тиском  $\Delta P_\phi$ ;  $P_i$  — ймовірність поразки персоналу, що знаходиться в 1-й зоні дії ПВХ.

У десятому блоці проводиться оцінка наслідків, що можуть виникнути, та прийняття рішення про здійснення заходів з їх мінімізації. У подальшому проводиться заміна вихідних даних, проводяться повторні розрахунки і перевіряється доцільність прийнятого рішення. На основі результатів оцінки ступеня вибухозахисту об'єкта роблять висновки і пропозиції по кожному елементу і виробничому об'єкту в цілому: межа вибухозахисту виробничого об'єкта, найбільш вразливі його елементи, характер і ступінь руйнувань при максимальному надлишковому тиску, можливі збитки; межа доцільного підвищення рівня вибухозахисту найбільш вразливих елементів виробничого об'єкта і пропозиції (заходи) для підвищення межі ступеня вибухозахисту виробничого об'єкта.

### Висновки

Для оцінки ступеня вибухозахисту елементів виробничих об'єктів ХП до впливу ПВХ у якості критерію (узагальненого показника) прийнято регла-

ментовані параметри технологічних процесів відповідних підприємств за ступенем пожежо-вибухонебезпеки.

Запропоновано оцінку пожежо-вибухонебезпеки технологічного процесу підприємства проводити за допомогою таких допоміжних показників:

– надлишкового тиску, який утворюється при згорянні газо-, паро-, пило-повітряної суміші у виробничому приміщенні;

– розміру зон, які обмежені концентраційною межею розповсюдження полум'я газу і пари;

– розміру зони розповсюдження хмари ГПС, яка утворюється під час ААС, для визначення оптимального розташування виробничого персоналу і технічних засобів під час гасіння пожежі і розрахунку часу надходження хмари до місць їх розташування;

– параметрів тиску ПВХ, який утворюється при згорянні ГПС та ППС у відкритому просторі;

– небезпечних факторів, які виникають при руйнуванні технологічного обладнання внаслідок впливу на нього осередку пожежі;

– інтенсивності випаровування ГПС на відкритому просторі та у виробничому приміщенні.

Вибір параметрів для заданого технологічного процесу запропоновано визначати виходячи з можливих варіантів ААС, можливих сценаріїв її розвитку.

Для встановлення достовірного значення величини надлишкового тиску та визначення ступеня стійкості елементів конструкцій підприємства ХП у методику, що запропоновано було введено коефіцієнт  $K_z$ , який враховує геометричні особливості конструкції та коефіцієнт  $K_{\text{буд}}$ , який враховує тип матеріалу з якого виготовлена будівля або споруда.

Запропоновано алгоритм оцінки ступеня вибухонебезпеки елементів підприємств ХП до впливу ПВХ.

Запропоновані алгоритми були впроваджені у склад відповідного спеціального математичного і програмного забезпечення засобів автоматизованого управління охороною праці при виникненні ААС на підприємствах ХП.

Дослідження на модельних задачах показали стійку роботу алгоритмів, а також чутливість обраних показників ефективності методики, що запропонована.

### Література

1. *Giby Joseph. Combustible dusts: A serious industrial hazard / Giby Joseph, CSB Hazard Investigation Team //Journal of Hazardous Materials, Volume 142, Issue 3, p. 589 – 591.*

2. *Володченкова Н.В. Дослідження стійкості промислових об'єктів щодо дії повітряної вибухової хвилі// Н.В. Володченкова, О.Г. Левченко. // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки/ — К. — 2012 р. № 13 — с. 97 – 99.*

3. *Володченкова, Н.В. Влияние воздушной взрывной волны на объекты различных геометрических форм [Текст] / Н.В. Володченкова //Техника и технология пищевых производств : тез. докл. VIII междунар. науч.-техн. конф., 27 – 28 апр. 2011 г. — Могилев : УО «МГУП», 2011. — Ч. 2. — С. 169.*

4. *Mebarki A. Explosions and structural fragments as industrial hazard: domino effect and risks/ Mebarki Ahmed, Sandra Jerez, Igor Matasic, Gaëtan Prodhomme, Mathieu Reimeringer // Procedia Engineering, Volume 45. — 2012. p. 159 – 166.*

## **ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОТ ВЛИЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ ВЗРЫВНОЙ ВОЛНЫ**

**Н.В. Володченкова, А.В. Хиврич**

*Национальный университет пищевых технологий*

**О.Г. Левченко**

*Институт электроники им. Е. Патона НАН Украины*

*Усовершенствован метод оценки пожаро-взрывоопасности элементов (зданий, оборудования, технологического процесса) производственных объектов пищевой промышленности к воздействию поражающих факторов воздушной взрывной волны.*

*Для установления достоверного значения величины избыточного давления и определения степени взрывозащиты элементов конструкций предприятия рассчитаны соответствующие коэффициенты.*

**Ключевые слова:** *авария, аварийная ситуация, пылевоздушная смесь, газо-воздушная смесь, воздушная ударная волна, производственный персонал, травмирование.*