

**Український державний університет залізничного транспорту**

**Кафедра охорони праці та навколишнього середовища**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ  
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ  
З ДИСЦИПЛІНИ**

**ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЦТВА**

**Освітній рівень – перший (бакалавр)  
спеціальності 263 «Цивільна безпека»  
галузі знань 26 «Цивільна безпека»**

**Для освітніх програм:**

**«Безпека та охорона праці на залізничному транспорті»  
«Екологічний нагляд та цивільна безпека»**

**Харків  
2018 рік**

## Розрахунок надлишкового тиску вибуху для приміщень із ЛЗР, ГР, та горючим пилом

**Знати:** порядок визначення параметрів надлишкового тиску вибуху для приміщень із вибухопожежонебезпечними речовинами.

**Вміти:** визначати параметри надлишкового тиску вибуху для приміщень із ЛЗР, ГР, ГГ та горючим пилом.

Найбільш важливим критерієм вибухопожежної безпеки, щодо категорювання приміщень та будівель є використання *розрахункового надлишкового тиску вибуху ( $\Delta P$ )* локальних вибухонебезпечних газо-, паро- або пилоповітряних сумішей, що утворюються в об'ємі виробничих приміщень у результаті нормальної роботи технологічного обладнання або аварійної ситуації. Надлишковий тиск вибуху ( $\Delta P$ ), на відміну від локального вибухонебезпечного об'єму, вказує величину сили вибуху. Співставляючи розрахункове значення ( $\Delta P$ ) із допустимою величиною, яка встановлена з умови безпеки людей, стійкості основних будівельних конструкцій і технологічного устаткування, можна однозначно визначити, чи приміщення вибухопожежонебезпечне, чи тільки пожежонебезпечне.

В якості допустимої величини надлишкового тиску приймають значення 5 кПа, оскільки за результатами численних досліджень цей тиск не призводить до руйнування основних будівельних конструкцій, технологічного обладнання та є безпечним для людини. Для порівняння: у нормах США (1980 р.) вказується, що при тиску в діапазоні 5,9...8,3 кПа – ураження людини можливе тільки осколками скла й іншими уламками, а при тиску в ударній хвилі 16 кПа відбувається тимчасова втрата слуху.

## Розрахунок надлишкового тиску для індивідуальних ГР

Надлишковий тиск вибуху ( $\Delta P$ ) для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, J, F визначається за формулою

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_e \cdot \rho_{z,n}} \cdot \frac{100}{C_{cm}} \cdot \frac{1}{K_x}, \quad (6.1)$$

де  $P_{max}$  – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші в замкнутому об'ємі, який визначається експериментально або приймається за довідниковими даними, кПа. За відсутності даних допускається приймати тиск  $P_{max} = 900$  кПа;

$P_0$  – початковий тиск; допускається приймати рівним 101 кПа;

$m$  – маса горючого газу або парів легкозаймистих та горючих рідин, які надійшли до приміщення при аварії, кг; для горючих газів обчислюється за формулою (6.6), для ЛЗР чи ГР – за формулою (6.11);

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

$\rho_{z,n}$  – густина газу або парів при розрахунковій температурі  $t_p$ , кг/м<sup>3</sup>, що визначається за формулою

$$\rho_{z,n} = \frac{M}{V_0 (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (6.2)$$

де  $M$  – молярна маса, кг/кмоль;

$V_0$  – молярний об'єм, що дорівнює 22,413 м<sup>3</sup>/кмоль;

$t_p$  – розрахункова температура, °С;

$C_{cm}$  – стехіометрична концентрація горючих газів або парів легкозаймистих та горючих рідин, % об., що визначається за формулою

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (6.3)$$

де  $\beta$  – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння, який визначається за формулою

$$\beta = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_o}{2},$$

де  $n_c, n_n, n_o, n_x$  – число атомів С, Н, О і галоїдів у молекулі горючої речовини.

$K_n$  – коефіцієнт, який враховує негерметичність приміщення й неадіабатичність процесу горіння. Допускається приймати  $K_n = 3$ . Негерметичність приміщення зумовлена постійно відкритими прорізами в огорожувальних конструкціях приміщення.

$Z$  – коефіцієнт участі горючих газів або парів у вибуху, який може бути розрахований на основі характеру розподілу газів і парів в об'ємі приміщення; допускається приймати значення  $Z$  за таблицею 6.1;

Таблиця 6.1

**Значення коефіцієнта (Z) участі горючих газів або парів ЛЗР і ГР у вибуху**

Вид горючої речовини	Значення Z
Водень	1,0
Горючі гази (крім водню)	0,5
Легкозаймісті й горючі рідини, які нагріті до температури, вищої, ніж температура спалаху	0,3
Легкозаймісті й горючі рідини, які нагріті до температури нижчої, ніж температура спалаху, при наявності можливості утворення аерозолію	0,3
Легкозаймісті й горючі рідини, які нагріті до температури нижчої, ніж температура спалаху, при відсутності можливості утворення аерозолію	0

**6.2. Розрахунок надлишкового тиску для індивідуальних горючих речовин, до складу яких не входять атоми С, Н, О, N, Cl, Br, J, F**

Надлишковий тиск вибуху  $\Delta P$ , кПа, для будь-яких індивідуальних речовин, до складу яких не входять атоми С, Н, О, Cl, N, Br, J, F, а також для їх сумішей

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_o \cdot Z}{V_e \cdot \rho_n \cdot C_p \cdot T_o} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (6.4)$$

де  $m$  – маса горючого газу або парів легкозаймистих та горючих рідин, які надійшли до приміщення при розрахунковій аварії, кг; для ГГ визначають за формулою (6.6), а для парів ЛЗР та ГР за формулою (6.11), кг;

$H_T$  – теплота згоряння речовини, Дж/кг;

$P_o$  – початковий тиск, допускається приймати рівним 101 кПа;

$Z$  – коефіцієнт участі горючих газів або парів у вибуху, який може бути розрахований на основі характеру розподілу газів і парів в об'ємі приміщення; допускається приймати значення  $Z$  за таблицею 6.1;

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

$\rho_n$  – густина повітря до вибуху при початковій температурі, кг/м<sup>3</sup>;

$C_p$  – теплоємність повітря, Дж/(кг×К); допускається приймати 1010 Дж/(кг×К).

$T_o$  – початкова температура повітря, К;

$K_n$  – коефіцієнт негерметичності приміщення;  $K_n=3$ .

У випадку обертання в приміщенні горючих газів, легкозаймистих чи горючих рідин при визначенні значення маси ( $m$ ), що входить до формули (6.1), допускається враховувати роботу аварійної вентиляції, якщо вона забезпечена резервними вентиляторами, автоматичним пуском при перевищенні максимально допустимої вибухобезпечної концентрації речовин у повітрі та електрозабезпеченням за першою категорією надійності (ПУЕ) за умови розташування пристроїв для вилучення повітря з приміщення безпосередньо від місця можливої розрахункової аварії.

При цьому масу ( $m$ ) горючих газів, парів легкозаймистих чи горючих рідин, нагрітих до температури спалаху і вище, що надійшли до приміщення, необхідно розділити на коефіцієнт  $K$ , що визначається за формулою

$$K = A \cdot \tau + 1, \quad (6.5)$$

де  $A$  – кратність повітрообміну, що створюється аварійною вентиляцією, 1/с;

$\tau$  – тривалість надходження горючих газів та парів ЛЗР чи ГР у приміщення, с, (приймається за п. 7.1.2 НАПБ Б.03.002-2007).

Масу  $m$ , кг, газу, який надійшов до приміщення під час розрахункової аварії, визначають за формулою

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_z, \quad (6.6)$$

де  $\rho_z$  – густина газу при розрахунковій температурі  $t_p$ , що визначається за формулою (6.2), кг/м<sup>3</sup>;

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

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

Об'єм газу  $V_a$ , м<sup>3</sup>, який вийшов із апарата визначається за формулою

$$V_a = \frac{P_1}{P_0} \cdot V = 0,01 \cdot P_1 \cdot V, \quad (6.7)$$

де  $P_1$  – тиск газу в апараті, кПа;

$P_0$  – атмосферний тиск, що дорівнює 101,3 кПа;

$V$  – об'єм апарата, м<sup>3</sup>.

Об'єм газу  $V_T$ , м<sup>3</sup>, який вийшов із трубопроводів, визначається за формулою

$$V_T = V_{1\tau} + V_{2\tau}, \quad (6.8)$$

де  $V_{1\tau}$  – об'єм газу, який вийшов із трубопроводу до його перекидання, м<sup>3</sup>;

$V_{2\tau}$  – об'єм газу, який вийшов із трубопроводу після його відключення, м<sup>3</sup>.

Об'єм газу  $V_{1\tau}$ , м<sup>3</sup>, який вийшов із трубопроводу до його перекидання, визначається за формулою

$$V_{1\tau} = q \cdot \tau_{\text{відкрит}}, \quad (6.9)$$

де  $q$  – витрата газу, що визначається за технологічним регламентом залежно від тиску в трубопроводі, його діаметру, температури газового середовища тощо,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\tau_{\text{відкл.}}$  – час відключення, с, (приймається за п. 7.1.2 НАПБ Б.03.002-2007).

Об'єм газу  $V_{2г}$ ,  $\text{м}^3$ , який вийшов із трубопроводу після його відключення, визначається за формулою

- для газів:

$$\begin{aligned} V_{2г} &= \pi \frac{P_2}{P_0} \cdot (R_1^2 \cdot l_1 + R_2^2 \cdot l_2 + \dots + R_n^2 \cdot l_n) = \\ &= 0,01 \cdot \pi \cdot P_2 \cdot (R_1^2 \cdot l_1 + R_2^2 \cdot l_2 + \dots + R_n^2 \cdot l_n), \end{aligned} \quad (6.10)$$

- для парів рідин:

$$V_{2г} = \pi \cdot (R_1^2 \cdot l_1 + R_2^2 \cdot l_2 + \dots + R_n^2 \cdot l_n), \quad (6.10a)$$

де  $P_2$  – максимальний тиск у трубопроводі за технологічним регламентом, кПа;

$P_0$  – атмосферний тиск, що дорівнює 101,3 кПа;

$R_1, R_2, \dots, R_n$  – внутрішній радіус трубопроводів, м;

$l_1, l_2, \dots, l_n$  – довжина трубопроводів від аварійного апарата до засувок, м.

Масу парів рідини  $m$ , кг, які надійшли до приміщення при наявності декількох джерел випаровування (поверхня розлитої рідини, свіжопофарбована поверхня, відкриті ємності тощо), визначають за формулою

$$m = m_p + m_{\text{емк}} + m_{\text{поф}}, \quad (6.11)$$

де  $m_p$  – маса рідини, яка випарувалася з поверхні розливу, кг;

$m_{\text{емк}}$  – маса рідини, яка випарувалася з поверхні відкритої ємності, кг;

$m_{\text{поф}}$  – маса рідини, яка випарувалася з пофарбованої поверхні, кг.

## Приклади розрахунку надлишкового тиску вибуху і визначення категорії приміщень за пожежовибухонебезпекою.

Визначення категорії приміщення в якому у технологічному процесі обертається горючий газ.

Визначити до якої категорії відноситься приміщення станції по перекачуванню метану розмірами 12х6х3 м, у якому розташовані насоси, резервуар об'ємом 10 м<sup>3</sup>, трубопроводи зовнішнім діаметром 50 мм та товщиною стінок 5 мм, довжиною від засувки №1 до резервуару – 5 м, від резервуару до засувки № 2 – 3 м. Тиск у системі за технологічним регламентом 5·10<sup>5</sup>Па. Приміщення забезпечено аварійною вентиляцією, кратність повітрообміну якої складає 5 обмінів об'єму приміщення за годину. Забезпечено резервування елементів автоматики, що відключають подавання газу. Коефіцієнт вільного об'єму приміщення  $K_{віль}=0.8$ . Швидкість витікання газу при аварії для даної температури 420 м/с. Температура 20°C.

Для визначення категорії приміщення необхідно знати властивості речовини і врахувати надлишковий тиск вибуху в приміщенні для даної речовини. Визначення категорії приміщення здійснюється шляхом послідовної перевірки належності його до категорій, приведених у табл.5.1.

1. Визначаємо властивості газу за довідником:

СН<sub>4</sub> – метан, горючий газ без кольору та запаху

максимальний тиск вибуху:  $P_{max}=720$  кПа

2. Надлишковий тиск вибуху визначається за формулою (5.1):

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot z}{V_{віль} \cdot \rho_z} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n}$$

3. Визначаємо вільний об'єм приміщення:

$$V_{прим} = a \cdot b \cdot h = 12 \cdot 6 \cdot 3 = 216 \text{ м}^3$$

$$V_{віль} = K_{віль} \cdot V_{прим} = 0.8 \cdot (12 \cdot 6 \cdot 3) = 172.8 \text{ м}^3$$

4. Визначаємо стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння

$$\beta = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_0}{2} = 1 + \frac{4 - 0}{4} - \frac{0}{2} = 2$$

5. Визначаємо стехіометричну концентрацію газу у реакції горіння:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4.84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4.84 \cdot 2} = 9.36\%$$

6. Визначаємо масу газу, що надійшов в приміщення внаслідок аварії:

$$m = (V_a + V_m) \cdot \rho_z,$$

де  $V_a$  – об'єм газу, що вийшов з апарату



$V_m$  - об'єм газу, що вийшов з трубопроводу

$$V_a = \frac{P_{pez}}{P_0} \cdot V_{pez} = \frac{5 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot 10 = 50 \text{ м}^3$$

$$V_m = V_{1m} + V_{2m},$$

де  $V_{1m}$  - об'єм газу, що вийшов з трубопроводу до його відключення

$V_{2m}$  - об'єм газу, що вийшов з трубопроводу після його відключення

$$V_{1m} = q \cdot \tau, \quad q = f \cdot W, \quad f = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

де  $q$  - кількість газу, що надходить в приміщення за 1 с

$\tau$  - час надходження газу, с

$f$  - площа отвору, м<sup>2</sup>

$W$  - швидкість витікання, м/с

$$W = 33.73 \sqrt{R \cdot T_{\text{діа}}}$$

Якщо  $R = \frac{8,314}{M} \cdot \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль}}$ , де  $M$  - молекулярна маса газу, кг/кмоль, то для

багатоатомних газів для звукового витікання  $W = 33.73 \sqrt{R \cdot T_{\text{роб}}} = 33.73 \sqrt{\frac{8.314}{16} \cdot 393} = 420 \text{ м/с}$

$d$  - внутрішній діаметр трубопроводу, м

$$f = 3.1416 \cdot \frac{(50 - 2 \cdot 5)^2}{4} = 1256.64 \text{ мм}^2 = 0.00126 \text{ м}^2$$

$$q = f \cdot W = 0.00126 \cdot 420 = 0.527 \text{ м}^3/\text{с}$$

$\tau = \tau_a$  - час спрацювання системи автоматики по відключенню трубопроводу при аварії.

Згідно п.5.1 "в" приймаємо  $\tau_a \leq 3$  с, тоді:

$$V_{1m} = 0.527 \cdot 3 = 1.58 \text{ м}^3 \quad V_{2m} = \frac{P_{pez}}{P_0} \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot (L_1 + L_2),$$

$$V_{2m} = \frac{5 \cdot 10^5}{1 \cdot 10^5} \cdot 3.1416 \cdot \frac{(0.05 - 2 \cdot 0.005)^2}{4} \cdot (5 + 3) = 0.05 \text{ м}^3$$

$$V_m = V_{1m} + V_{2m} = 1.58 + 0.05 = 1.63 \text{ м}^3$$

$$\text{Тоді: } m = (V_{za} + V_m) \cdot \rho_z = (50 + 1.63) \cdot 0.7486 \approx 38.65 \text{ кг}$$

7. Визначаємо коефіцієнт, що враховує роботу вентиляції

$$K = \frac{n}{3600} \cdot \tau + 1 = \frac{5}{3600} \cdot 3 + 1 = 1.0042$$

8. Визначаємо масу газу, який надійшов в приміщення з врахуванням вентиляції

$$m' = \frac{m}{K} = \frac{38.65}{1.0042} = 38.49 \text{ кг}$$

9. Визначаємо надлишковий тиск

$$\Delta P = (720 - 101) \cdot \frac{38.49 \cdot 0.5}{172.8 \cdot 0.7486} \cdot \frac{100}{9.36} \cdot \frac{1}{3} = 327.96 \text{ кПа}$$

**Висновок:** так як метан відноситься до горючих газів, а надлишковий тиск вибуху метану для даного приміщення складає більше 5 кПа, приміщення відноситься до категорії – “А”: вибухопожежонебезпечна.

*Розрахунок надлишкового тиску вибуху і визначення категорії приміщення у якому у виробничому процесі обертається легкозаймиста горюча рідина.*

Визначити до якої категорії відноситься виробниче приміщення розміром 36м x12м x3м в якому розташоване обладнання, яке містить 1000 кг бензолу. Температура в приміщенні 20<sup>0</sup>С, коефіцієнт вільного об'єму  $K_{віль}=0.8$ , швидкість повітря в приміщенні 0.1 м/с.

<p><math>C_6H_6</math> бензол</p> <p><math>a=36</math> м</p> <p><math>b=12</math> м</p> <p><math>h=3</math> м</p> <p><math>K_{віль}=0.8</math></p> <p><math>t=20</math> <sup>0</sup>С</p> <p><math>V=0.1</math> м/с</p> <p><math>m_{рід}=1000</math> кг</p> <hr/> <p>категорія приміщення - ?</p>	<p>1. Визначаємо властивості рідини (довідн.):</p> <p><math>C_6H_6</math> – бензол, легкозаймиста, безбарвна рідина;</p> <p>максимальний тиск вибуху: <math>P_{max}=882</math> кПа;</p> <p>густина рідини <math>\rho=873.68</math> кг/м<sup>3</sup>;</p> <p>молекулярна маса <math>M=78.11</math> кг/кмоль;</p> <p>температура спалаху <math>t_{сн}=-11</math><sup>0</sup>С</p>
---	---

2. Надлишковий тиск вибуху визначається за формулою (5.1):

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{m \cdot z}{V_{віль} \cdot \rho_n} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n}$$

3. Визначаємо об'єм приміщення, вільний об'єм приміщення та площу підлоги:

$$V_{np} = a \cdot b \cdot h = 36 \cdot 12 \cdot 3 = 1296 \text{ м}^3$$

$$V_{вил} = K_{вил} \cdot V_{np} = 0.8 \cdot 1296 = 1036.8 \text{ м}^3$$

$$F_{нидл} = 36 \cdot 12 = 432 \text{ м}^2,$$

де  $K_{вил}$  – коефіцієнт вільного об'єму

4. Визначаємо стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння

$$\beta = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_0}{2} = 6 + \frac{6 - 0}{4} - \frac{0}{2} = 7.5$$

5. Визначаємо стехіометричну концентрацію горючого:

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4.84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4.84 \cdot 7.5} = 2.68\%$$

6. Знайдемо інтенсивність випаровування горючої рідини за заданої температури

$$W = 10^{-6} \cdot \lambda \cdot \sqrt{M} \cdot P_s,$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт залежності випаровування від швидкості і температури повітряного потоку над поверхнею випаровування (табл.5.3)  $\lambda=2,4$

$M$  – молекулярна маса (довідн.)

$P_s$  – тиск насиченої пари даної рідини за заданої температури

$$P_s = 10^{\frac{A-B}{C_A+t^{\circ}C}},$$

де  $A, B, C_A$  – константи Антуана

$t$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$ , *примітка:* температуру приймають максимально можливу для даного регіону.

$$P_s = 10^{\frac{5.6139t - 902275}{178099 + 20t}} = 11,46 \text{ кПа}$$

$$W = 10^{-6} \cdot 2.4 \cdot \sqrt{78.11} \cdot 11.46 = 2.43 \cdot 10^{-4} \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2)$$

7. Згідно з п. 5.1 допускаємо, що вся горюча рідина надійде у приміщення. Знайдемо об'єм розлитої рідини

$$V_{розл} = \frac{m}{\rho_{рід}} = \frac{1000}{873.68} = 1.145 \text{ м}^3 = 1145 \text{ л}$$

Згідно з п. 5.1. “Г” 1 л рідини розіллється на  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги, тоді площа випаровування  $F_n=1145 \text{ м}^2$ , але це більше площі підлоги даного приміщення, тому площу випаровування приймаємо рівній площі підлоги  $F_n=432 \text{ м}^2$ .

8. Знайдемо час випаровування рідини і масу пари

$$m = W \cdot F_n \cdot \tau \Rightarrow \tau = \frac{m}{W \cdot F_n} = \frac{1000}{2.43 \cdot 10^{-4} \cdot 432} = 9526 \text{ с.}$$

Тому, що  $\tau = 9526 > 3600 \text{ с}$ , то приймаємо  $\tau=3600 \text{ с}$ . Тоді маса пари дорівнює

$$m = W \cdot F_n \cdot \tau = 2.43 \cdot 10^{-4} \cdot 432 \cdot 3600 = 377.9 \text{ кг}$$

9. Знайдемо густину пари бензолу при 20°C:

$$\rho_n = \frac{78.11}{22.4(1 + 0.00367 \cdot 20)} = 3.2486 \text{ кг/м}^3;$$

10. Визначаємо надлишковий тиск вибуху:

$$\Delta P = (882 - 101) \cdot \frac{50.39 \cdot 0.3}{1036.8 \cdot 3.2486} \cdot \frac{100}{2.68} \cdot \frac{1}{3} = 306,4 > 5 \text{ кПа}$$

*Висновок: так як надлишковий тиск вибуху більше значення 5 кПа, а температура спалаху бензолу  $t_{сп} = -11$  °С, що менше 28 °С, то приміщення відноситься до категорії "А": вибухопожежонебезпечна.*

Розрахунок надлишкового тиску вибуху і визначення категорії приміщення у якому у виробничому процесі обертається горючий пил

Визначити до якої категорії відноситься приміщення шліфувального відділення меблевого виробництва розміром 30x20x5 м, в якому встановлено 5 шліфувальних верстатів. Продуктивність одного верстату за годину - 4 вироби з берези розміром 1.8x2 м. В процесі шліфування знімається шар деревини товщиною 0.5 мм з оброблюваної поверхні виробу. Витяжна система вентиляції виводить 75 % пилу, що виділилася; 70 % пилу, що потрапляє в приміщення, осідає в важкодоступних місцях. Циклон для збирання пилу знаходиться за межами будівлі. Керування вентиляційною системою - ручне. Шліфувальне відділення працює в одну 8-годинну зміну 5 днів на тиждень. Прибирання приміщення ручне, сухе 1 раз на добу, генеральне прибирання - 1 раз на місяць.

Приміщення	Розрахунковий надлишковий тиск визначається за формулою:
$a=30 \text{ м}; \text{ } \varphi=20 \text{ м}; h=5 \text{ м}; N_{cm}=5; n_{вир}=4$ Виріб береза. $a'=1.8 \text{ м}; \text{ } \varphi'=2 \text{ м}; h'=0.5 \text{ мм}$ $\alpha=0.75; \beta_1=0.7$ Виробництво: 1 зміна на добу, 8 годин в зміну, 5 днів на тиждень Прибирання: ручне, сухе 1 раз в зміну, генеральне 1 раз в міс.	$\Delta P = \frac{P_0}{T_0} \cdot \frac{m \cdot z}{V_{вир} \cdot \rho_n} \cdot \frac{H_m}{C_p} \cdot \frac{1}{K_n}$
категорія приміщення-?	

1. Густина повітря до вибуху при робочій температурі:

$$\rho_n = \rho_{nn} \cdot T_n / T_0,$$

де  $\rho_{nn}$  - густина повітря за нормальних умов (довідн.)

$T_n$  - нормальна температура, К

$$\rho_n = 1.2929 \cdot 273 / 293 = 1.2046 \text{ кг/м}^3$$

2. Визначаємо вільний об'єм приміщення

$$V_{\text{вкл}} = K_{\text{вкл}} \cdot V_{\text{пр}} = K_{\text{вкл}} \cdot a \cdot b \cdot h = 0.8 \cdot 30 \cdot 20 \cdot 5 = 2400 \text{ м}^3$$

3. Визначаємо масу розпорошеного в об'ємі приміщення пилу, тобто кількість пилу в пилоповітряній суміші:

$$m = m_{\text{зв}} + m_{\text{ав}},$$

де  $m_{\text{зв}}$  - розрахункова маса розпорошеного (звихреного) пилу, кг

$m_{\text{ав}}$  - розрахункова маса пилу, яка надходить в приміщення при аварії, кг

3.1. Визначаємо розрахункову масу розпорошеного (звихреного) пилу

$$m_{\text{зв}} = K_{\text{зв}} \cdot m_n,$$

де  $K_{\text{зв}}$  - частка відкладеного у приміщенні пилу, що може перейти у аерозольний (розпорошений) стан в результаті аварії.  $K_{\text{зв}} = 0,9$ .

$m_n$  - маса відкладеного в приміщенні пилу до аварії

3.1.1. Визначаємо масу відкладеного в приміщенні пилу до аварії:

$$m_n = K_2(1 - K_y)(m_1 + m_2)$$

де  $K_2$  - частка горючого пилу в приміщенні в масі відкладень пилу;

$K_y$  - коефіцієнт ефективності пилеприбирання (довідн.);

$m_1$  - маса пилу, що осіла на важкодоступних місцях за час між генеральними прибираннями;

$m_2$  - маса пилу, що осіла на доступних для прибирання місцях за міжприбиральний час.

Маса пилу  $m_1$  та  $m_2$ , що осідає на різних поверхнях в приміщенні за міжприбиральний період визначається за формулами:

$$m_1 = M_1 \cdot (1 - \alpha) \cdot \beta_1,$$

$$m_2 = M_2 \cdot (1 - \alpha) \cdot \beta_2,$$

де  $M_1$  - маса пилу, що надходить в об'єм приміщення за час між генеральними прибираннями;

$M_2$  - маса пилу, що надходить в об'єм приміщення за міжприбиральний час;

$\alpha$  - частка пилу, що видаляється з приміщення витяжною вентиляцією;

$\beta_1$  - частка пилу, що осіла на важкодоступних місцях;

$\beta_2$  - частка пилу, що осіла на легкодоступних місцях;

$$\beta_1 + \beta_2 = 1$$

Виходячи з умов задачі:

$$\alpha = 0.75 \quad \beta_1 = 0.7 \quad \beta_2 = 0.3$$

3.1.2. Визначаємо масу пилу, що виділяється одним верстатом за одну годину:

$$M_0 = n \cdot V_0 \cdot \rho_0$$

де  $n$  - кількість оброблювальних виробів за годину, шт.;

$V_0$  - об'єм виробу, що перейде в пил, м<sup>3</sup>;

$\rho_0$  - густина пилу виробу, кг/м<sup>3</sup>;

$$M_0 = 4 \cdot 1.8 \cdot 2 \cdot 0.0005 \cdot 640 = 4.608 \text{ кг/год.}$$

3.1.3. Визначаємо масу пилу, що виділяється верстатами за час між поточними прибираннями:

$$M_2 = M_0 \cdot N \cdot \tau_1$$

де  $N$  - кількість верстатів, шт.;

$\tau_1$  - час робочої зміни, годин

$$M_2 = 4.608 \cdot 5 \cdot 8 = 184.32 \text{ кг}$$

3.1.4. Визначаємо масу пилу, що виділяється верстатами за час між генеральними прибираннями:

$$M_1 = M_2 \cdot N_{\text{змін}}$$

де  $N_{\text{змін}}$  - кількість змін за час між генеральними прибираннями

$$M_1 = 184.32 \cdot 22 = 4055.04$$

3.1.5. Розрахуємо масу пилу, що підніметься в повітря внаслідок аварії:

$$m_1 = 4055.04 \cdot (1 - 0.75) \cdot 0.7 = 709.635 \text{ кг}$$

$$m_2 = 184.32 \cdot (1 - 0.75) \cdot 0.3 = 13.824 \text{ кг}$$

$$m_n = 1(1 - 0.6)(709.635 + 13.824) = 289.38 \text{ кг}$$

$$m_{\text{вз}} = 0.9 \cdot 289.38 = 260.45 \text{ кг}$$

3.2. Визначаємо масу пилу, що надійде в приміщення в результаті аварії:

$$m_{\text{ав}} = (m_{\text{ан}} + g \cdot \tau) \cdot K_n,$$

де  $m_{\text{ан}}$  - маса горючого пилу, що вийшов з апарату, кг

$$m_{\text{ан}} = V_{\text{ан}} \cdot \rho_n$$

де  $V_{\text{ан}}$  - об'єм апарату, м<sup>3</sup> ;

$\rho_n$  - густина пилу, що знаходиться в апараті, кг/м<sup>3</sup> ;

$g$  – продуктивність апарату, з якою продовжується надходження пилу в приміщення в результаті аварії, кг/год.;

$\tau$  - час відключення, с;

$K_n$  - коефіцієнт пилення, який враховує дисперсність пилу.

3.2.1. Визначаємо продуктивність в кг/с, з якою продовжується надходження пилу в результаті роботи верстатів:

$$g = \frac{M_0 \cdot N}{3600} \cdot \alpha = \frac{4.608 \cdot 5}{3600} \cdot (1 - 0.75) = 0.0016 \text{ кг/с}$$

3.2.2. Розрахуємо масу пилу, що надійде в приміщення в результаті аварії від верстатів за час їх зупинення:

$$m_{\text{ав}} = (0 + 0.0016 \cdot 300) \cdot 0.5 = 0.24 \text{ кг}$$

3.3. Розрахуємо масу завислого (розпорошеного) в об'ємі приміщення пилу:

$$m = m_{\text{вз}} + m_{\text{ав}} = 260.45 + 0.24 = 260.69 \text{ кг}$$

4. Розрахуємо надлишковий тиск вибуху

$$\Delta P = \frac{260.69 \cdot 1.67 \cdot 10^7 \cdot 101 \cdot 0.5}{2400 \cdot 1.2046 \cdot 1010 \cdot 293} \cdot \frac{1}{3} = 85.7 \text{ кПа}$$

