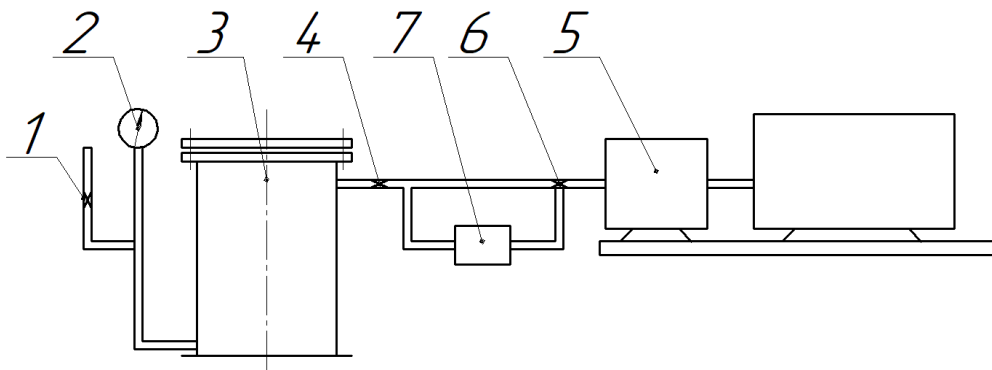


## ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ

### Розрахунок герметичності фланцевих з'єднань

Для безпечної роботи важливе значення має герметичність обладнання і комунікацій. Через нещільності відбувається витікання в навколишнє середовище і підсмоктування повітря в обладнання, що знаходиться під розрядженням. При цьому збільшується небезпека отруєння і виникнення пожежі [22].

Якщо переробляють токсичні речовини, то передбачається випробування апаратів на герметичність (міцність). Випробування герметичності апаратів проводять на установці, яка наведена на рис. 9.1.



1 – вентиль; 2 – манометр; 3 – теплообмінник; 4 – вентиль; 5 – компресор; 6 – кран; 7 – випаровувач

Рисунок 9.1 – Схема експериментальної установки для визначення герметичності фланцевих з'єднань

Герметичність оцінюється величиною негерметичності,  $m$ :

$$m = \frac{\Delta P}{P_{\text{п}} \cdot \tau}, \quad (9.1)$$

де  $\Delta P$  – зміна тиску в апараті за час випробування, кгс/см<sup>2</sup> (МПа);  
 $P_{\text{п}}$  – початковий тиск, кгс/см<sup>2</sup> (МПа);  
 $\tau$  – тривалість випробування, год.

Якщо відомі коефіцієнт негерметичності апаратів, їх об'єм і кількість, можна визначити продуктивність  $L$ , м<sup>3</sup>/год, вентиляційних установок, яку необхідно забезпечити для утворення безпечної концентрації парів і газів в виробничому приміщенні:

$$L = \frac{\sum G_i \cdot 10^6}{q_{\text{ГДК}} - q_{\text{пр}}} \quad (9.2)$$

де  $G_i$  – кількість шкідливих речовин, які виділяються з  $i$ -го апарату в наслідок його негерметичності, кг/год;

$q_{ГДК}$  – гранично допустима концентрація шкідливої речовини в повітрі виробничого приміщення, мг/м<sup>3</sup>;

$q_{пр}$  – концентрація шкідливої речовини в припливному повітря, для розрахунків приймаємо  $q_{пр} = (0,1 - 0,3) q_{ГДК}$ , мг/м<sup>3</sup>.

Кількість шкідливих речовин, які надходять з апаратів, визначають за формулою:

$$G_i = 23,6mV \cdot P_{п} \sqrt{\frac{M_p \cdot M_i}{T_p \cdot T_i}}, \quad (9.3)$$

де  $V$  – об'єм апарату, м<sup>3</sup>;

$M_p, M_i$  – молекулярна маса, відповідно робочого газу і газу, який використовують для проведення дослідження апаратів на герметичність;

$T_p, T_i$  – температура, відповідно робочого газу і газу, який використовують для проведення дослідження апаратів на герметичність, °К.

Посудина визнається тією, що витримала дослідження на міцність і придатною до експлуатації, якщо падіння тиску за 1 год не перевищує 0,1% для токсичних речовин і 0,2 % для вибухонебезпечних речовин.

### Завдання 9.1

За формулами (9.1)-(9.3) розрахувати повітрообмін, який необхідно створити для зниження концентрації шкідливих речовин до гранично допустимої. Побудувати графік залежності  $m=f(\Delta P)$ .

№	Робочий газ	$P_{п}$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\Delta P$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\tau$ , год	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	$V$ , м <sup>3</sup>	$t_p$ , °С	$t_i$ , °С
1	H <sub>2</sub> S	4,6	0,05;0,08;0,1;0,3	0,2;0,4;0,8;1,2	10	5	35	15
2	CO	2,0	0,25;0,3;0,45;0,9	0,2;0,5;1,1;1,3	20	3	30	15
3	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub>	4,0	0,15;0,21;0,35;1,0	0,1;0,3;1,5;1,7	0,00015	5	20	10
4	NO	4,5	0,1;0,3;0,5;0,7	0,1;0,2;0,4;0,7	5	4	30	25
5	NH <sub>3</sub>	5,0	0,2;0,3;0,4;0,5	0,3;0,5;1,0;1,4	20	6	40	18
6	CH <sub>4</sub>	5,5	0,7;0,9;1,1;1,2	0,4;0,6;1,2;1,5	100	8	20	40
7	C <sub>2</sub> H <sub>8</sub>	6,0	0,5;0,6;0,7;0,8	0,05;0,1;0,3;0,5	150	7	25	35
8	H <sub>2</sub> S	5,8	1,0;1,1;1,2;1,4	0,1;0,2;0,4;0,6	10	10	35	21
9	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	6,2	1,2;1,4;1,6;1,8	0,3;0,5;0,7;0,9	100	9	40	30
10	ClO <sub>2</sub>	5,2	0,2;0,4;0,6;0,8	0,1;0,2;0,6;0,8	0,1	6	60	18

### Приклад розв'язання завдання

За формулами (9.1)-(9.3) розрахувати повітрообмін, який необхідно створити для зниження концентрації шкідливих речовин до гранично допустимої.

Вихідні дані:

№	Робочий газ	$P_n$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\Delta P$ , кгс/см <sup>2</sup>	$\tau$ , год	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	V, м <sup>3</sup>	$t_p$ , °C	$t_i$ , °C
1	Cl	3,5	0,1;0,2;0,3;0,5	0,3;0,5;1,0;1,2	1	2	40	20

**Розв'язання:**

За формулою (9.1) розраховуємо коефіцієнт негерметичності,  $m$ , для  $\Delta P=0,1$  кгс/см<sup>2</sup>,  $P_n=3,5$  кгс/см<sup>2</sup> та  $\tau=0,3$  год.

$$m = \frac{\Delta P}{P_n \cdot \tau} = (0,1)/(3,5 \cdot 0,3) = 0,095$$

За формулою (9.2) розраховуємо кількість шкідливих речовин, які надходять з апаратів при  $m=0,095$ :

$$G_i = 23,6mV \cdot P_n \sqrt{\frac{M_p \cdot M_i}{T_p \cdot T_i}} = 23,6 \cdot 0,095 \cdot 2 \cdot 3,5 \sqrt{\frac{71 \cdot 28,97}{313 \cdot 293}} = 0,241 \text{ кг/год}$$

За формулою (9.3) розраховуємо продуктивність вентиляційної установки:

$$L = \frac{0,241 \cdot 10^6}{1-0,1} = 267777 \text{ м}^3/\text{год}$$

Аналогічним чином розраховуємо вищенаведені показники для наступних вихідних значень  $\tau$  та  $\Delta P$ . Розраховані дані заносимо до таблиці.

$\tau$ , год	$\Delta P$ , кгс/см <sup>2</sup>	$m$	$G_i$ , кг/год	$L$ , м <sup>3</sup> /год
0,3	0,1	0,095	0,241	267777
	0,2	0,114	0,275	305555
	0,3	0,286	0,690	766666
	0,5	0,476	1,148	125555
0,5	0,1	0,057	0,137	152222
	0,2	0,114	0,274	304444
	0,3	0,171	0,412	457777
	0,5	0,285	0,687	763333
1	0,1	0,0285	0,068	75555
	0,2	0,0571	0,137	152222
	0,3	0,0857	0,206	228888
	0,5	0,142	0,342	380000
1,2	0,1	0,023	0,055	61111
	0,2	0,047	0,113	125555
	0,3	0,071	0,171	190000
	0,5	0,119	0,287	318888

**Розрахунок герметичності сальникових ущільнювачів**

Основними, широко поширеними в хімічній промисловості ущільнювачами, є сальникові. Їх застосовують у тих випадках, коли необхідно

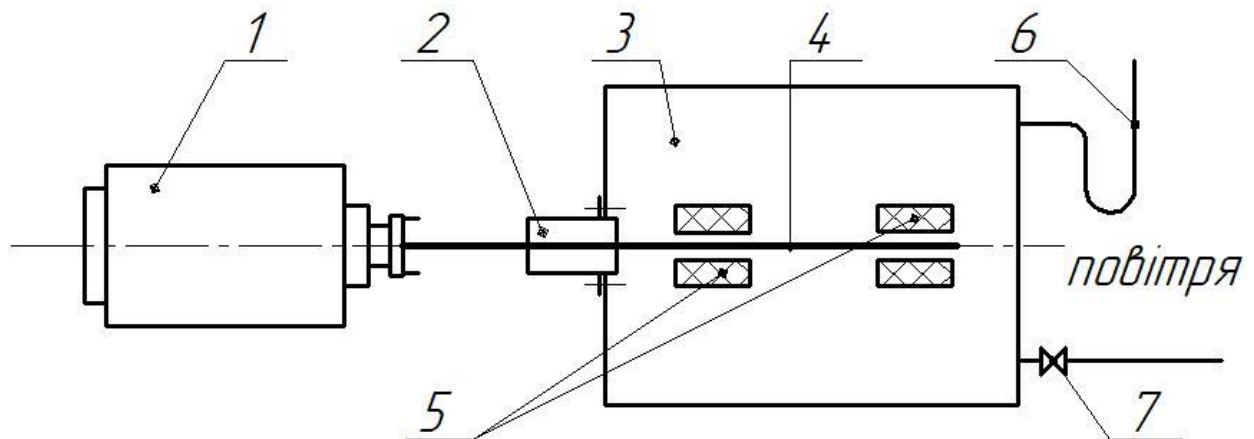
забезпечити герметичність у місцях введення в апаратуру та в деталі машини, що рухаються. Герметичність цих пристроїв забезпечується властивістю вузьких зазорів, утворених ущільнюючими поверхнями, чинити високий гідравлічний опір руху середовища [22].

Витік газу через зазор між поверхнями валу та сальника визначається за формулою:

$$G = A \frac{\delta^3 D \cdot \Delta P}{l \cdot \eta} \quad (9.4)$$

- де  $G$  – кількість газу, який витікає за 1 с, см<sup>3</sup>/с;  
 $A$  – розрахунковий коефіцієнт;  
 $\delta$  – ширина зазору, см;  
 $D$  – середній діаметр зазору, см;  
 $\Delta P$  – різниця тисків на початку та наприкінці зазору, кгс/см<sup>2</sup>;  
 $l$  – довжина втулки, см;  
 $\eta$  – коефіцієнт динамічної в'язкості середовища, кгс·с/см<sup>2</sup>.

Визначення витікання через сальникові ущільнення проводять на установці, яка наведена на рис. 9.2.



1 – муфта; 2 – втулка; 3 – посудина; 4 – вал; 5 – опори; 6 – манометр; 7 – вентиль

Рисунок 9.2 – Схема установки для визначення витікання через сальникові ущільнення

За експериментальними даними витік газу знаходять за формулою:

$$Gf = (\delta^3), \quad (9.5)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя, приймається в межах  $f=0,05-0,1$ .

Розрахунковий коефіцієнт  $A$  визначається згідно залежності:

$$A = \frac{G_{\text{ср}} \cdot l \cdot \eta}{\delta^3 \cdot D \cdot \Delta P} \quad (9.6)$$

Довжина втулки (сальника) обирається за умов  $l=(1,5-2)d$  (де  $d$  – діаметр валу, см).

### Завдання 9.2

Визначити величину витoku газу за експериментальними даними. Побудувати залежність  $G = f(\delta)$ . Встановити значення коефіцієнту  $A$  за наступних умов:

ширина зазору  $\delta = 0,05 ; 0,08 , 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,8$  см

середній діаметр зазору  $D = 40$  мм

різниця тисків на початку та наприкінці зазору  $\Delta P = 20; 40; 60; 80; 100$  кПа

довжина втулки  $l = 36$  мм

коефіцієнт динамічної в'язкості середовища  $\eta = 26$  кг · с/см<sup>2</sup>

### Приклад розв'язання завдання

Визначити величину витoku газу за експериментальними даними. Встановити значення коефіцієнту  $A$  за наступних умов:

ширина зазору  $\delta = 0,1 ; 0,2 , 0,3; 0,4; 0,5;$  см

середній діаметр зазору  $D = 5$  см

різниця тисків на початку та наприкінці зазору  $\Delta P = 60; 80; 100; 120; 140$  кПа

довжина втулки  $l = 5,0$  см

коефіцієнт динамічної в'язкості середовища  $\eta = 20$  кг · с/см<sup>2</sup>

### Розв'язання

1. Встановлення величини витoku газу за експериментальних даних, см<sup>3</sup>/с:

$$G = \frac{(\delta^3)}{f}$$

$$G_1 = \frac{(\delta^3)}{f} = \frac{0,1^3}{0,05} = \frac{0,001}{0,05} = 0,02 \text{ см}^3/\text{с}$$

$$G_2 = \frac{(\delta^3)}{f} = \frac{0,2^3}{0,05} = \frac{0,008}{0,05} = 0,16 \text{ см}^3/\text{с}$$

$$G_3 = \frac{(\delta^3)}{f} = \frac{0,3^3}{0,05} = \frac{0,027}{0,05} = 0,54 \text{ см}^3/\text{с}$$

$$G_4 = \frac{(\delta^3)}{f} = \frac{0,4^3}{0,05} = \frac{0,064}{0,05} = 1,28 \text{ см}^3/\text{с}$$

$$G_5 = \frac{(\delta^3)}{f} = \frac{0,5^3}{0,05} = \frac{0,125}{0,05} = 2,5 \text{ см}^3/\text{с}$$

2. Визначаємо значення розрахункового коефіцієнта:

$$A = \frac{G_{\text{ср}} \cdot l \cdot \eta}{\delta^3 \cdot D \cdot \Delta P}$$

Для цього знаходимо середнє значення величини витoku газу:

$$G_{\text{cp}} = \frac{0,02+0,16+0,54+1,28+2,5}{5} = 0,9 \text{ см}^3/\text{с}$$

Тоді величина коефіцієнта А буде приймати такі значення:

$$A(60) = \frac{0,9 \cdot 5 \cdot 20}{0,2^3 \cdot 5 \cdot 60} = 37,5$$

$$A(80) = \frac{0,9 \cdot 5 \cdot 20}{0,2^3 \cdot 5 \cdot 80} = 28,1$$

$$A(100) = \frac{0,9 \cdot 5 \cdot 20}{0,2^3 \cdot 5 \cdot 100} = 22,5$$

$$A(120) = \frac{0,9 \cdot 5 \cdot 20}{0,2^3 \cdot 5 \cdot 120} = 18,75$$

$$A(140) = \frac{0,9 \cdot 5 \cdot 20}{0,2^3 \cdot 5 \cdot 140} = 16,07$$

### Завдання 9.3

Визначити величину розрахункового коефіцієнта А при, кгс/см<sup>2</sup>, ΔР: 50; 70; 80; 100; 110; 130. Якщо експериментальним шляхом були визначені значення параметру G = 2; 5; 7 см<sup>3</sup>/с. Довжина втулки l = 15,0 см

$$\eta = 60 \text{ кг} \cdot \text{с}/\text{см}^2$$

$$D = 10 \text{ см}$$

$$\text{ширина зазору } \delta = 0,1 \text{ см}$$

### Завдання 9.4

Визначити величину різниці тисків на початку та наприкінці зазору, якщо величина витoku газу через зазор між поверхнями валу та сальника становить, G = 2,2; 3,5; 4,0 см<sup>3</sup>/с (η = 40 кг ·  $\frac{\text{с}}{\text{см}^2}$ , D = 7 см, l = 0,16 м, δ = 5 мм, A = 26).

### Завдання 9.5

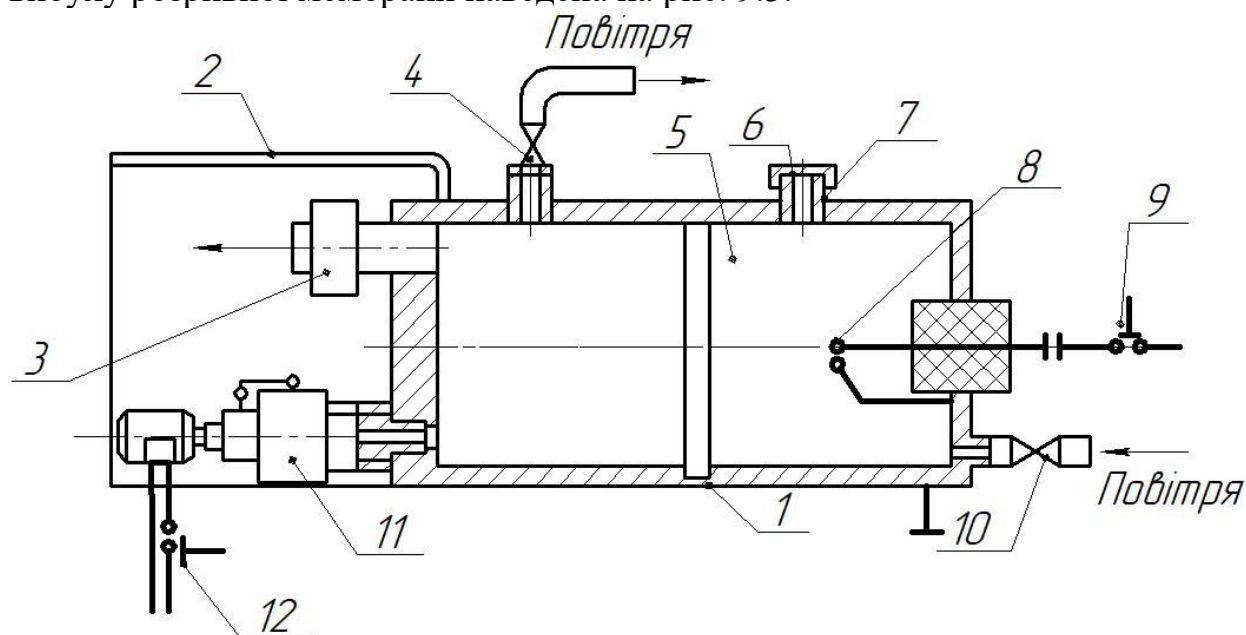
Визначити величину коефіцієнта А, та побудувати залежності G = f(δ) та A=f(G<sub>cp</sub>). Вихідні дані:

№ варіанта	δ, мм	D, см	ΔР, кПа	l, см	η, кгс/см <sup>2</sup>	G, см <sup>3</sup> /с
1	0,6	8,0	10;20;40	10	30	0,5;1,0;1,5
2	0,8	10,0	15;30;50	15	40	0,7;1,2;1,7
3	1,0	9,0	20;25;40	20	60	0,5;0,6;1,5
4	1,1	7,0	80;100;120	18	50	1,5;2,0;5,0
5	1,2	5,0	110;120;130	16	40	2,2;3,5;4,0
6	1,4	4,0	70;80;90	14	30	1,5;1,7;2,0
7	1,5	3,0	75;90;60	12	20	1,6;2,0; 1,4
8	1,6	2,0	50;65;75	10	25	1,3;1,35;1,4
9	1,7	1,5	80;95;100	13	35	0,5;0,75;1,0
10	1,8	2,5	65;80;100	8	50	1,5;1,75;2,5

## Захист апаратів і машин від руйнувань розривними мембранами

Для запобігання руйнуючій дії вибуху в апаратах, як правило, застосовують розривні мембрани. Мембрани – це пластини з чавуну, міді, алюмінію або інших матеріалів. Вони повинні бути розраховані на міцність так, щоб при підвищенні тиску в посудині не більше ніж на 25% проти робочого тиску вони руйнувалися і давали вихід назовні. Розрахунком визначають два параметри мембрани: діаметр та товщину. Діаметр мембрани (штуцера під мембрану) повинен бути таким, щоб її пропускна здатність була рівною або більшою за кількість надлишкових газів, що утворюються в одиницю часу під час вибуху [22].

Схема установки для дослідження захисту апаратів від руйнування при вибуху розривної мембрани наведена на рис. 9.3.



1 – запобіжний клапан; 2 – втулка для закріплення змінної діафрагми; 3 – змінна діафрагма; 4,10 – штуцера для продувки; 6 – пробка; 7 – штуцера для зливу горючої рідини; 8 – свіча запалення; 9 – кнопка включення запалення; 11 – механічний індикатор тиску; 12 – тумблер включення двигуна індикатора тиску

Рисунок 9.3 – Схема установки для дослідження захисту апаратів від руйнування при вибуху розривної мембрани

Прохідний отвір мембрани (F) розраховують наступним чином:

- для до критичного режиму течії, тобто при  $\frac{P_c}{P_m} > 0,5$

$$F = \frac{1,73 \cdot 10^{-3} (P_{max} - P_M) \left(\frac{\Delta P}{\Delta \tau}\right)_{cp} \cdot \left(\frac{V_a}{V_0}\right)^{-1/3}}{(P_{max} - P_M) P_c \sqrt{\frac{P_{max} \left[1 - \left(\frac{P_c}{P_M}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]}{\rho}}}$$

- для критичного та надкритичного режимів витікання, тобто  $\frac{P_c}{P_M} < 0,5$

$$F = \frac{4,17 \cdot 10^{-3} (P_{max} - P_M) \left(\frac{\Delta P}{\Delta \tau}\right)_{cp} \cdot \left(\frac{V_a}{V_0}\right)^{-1/3}}{(P_{max} - P_M) P_c \sqrt{\frac{P_{max}}{\rho}}}$$

де  $F$  – прохідний перетин мембрани, який віднесено до 1 м об'єму апарата, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;

$P_{max}$  – максимальний тиск вибуху, кгс/см<sup>2</sup> (МПа);

$P_M$  – тиск, який руйнує мембрану, кгс/см<sup>2</sup> (МПа);

$\left(\frac{\Delta P}{\Delta \tau}\right)_{cp}$  – середня швидкість збільшення тиску при вибуху а

експериментальній ємності, кгс/см<sup>2</sup>·с;

$V_a$  – об'єм апарату, м<sup>3</sup>;

$V_0$  – об'єм експериментальної ємності, в якій визначають величину

$\left(\frac{\Delta P}{\Delta \tau}\right)_{cp}$ , м<sup>3</sup>;

$P_c$  – тиск середовища, до якого надходять продукти згорання (вибуху) з апарата (при скиданні в атмосферу приймаємо  $P_c = 1$  кгс/см<sup>2</sup>;

$\rho$  – густина продуктів вибуху кг/м<sup>3</sup>;

$k$  – показник адіабати.

Товщину мембрани, виконану у вигляді півсфери визначають за формулою, см:

$$\delta = \frac{\Delta P_M \cdot r \cdot k_1}{2(\sigma_r - k_2 \Delta P_M)}$$

де  $\Delta P_M$  – перепад тиску, при якому відбувається руйнування мембрани, кгс/см<sup>2</sup>;

$$\Delta P_M = P_M - P_c$$

$r$  – радіус мембрани, см;

$k_1, k_2$  – коефіцієнти, які враховують пружні властивості мембрани (для чавуну  $k_1 = 1, k_2 = 0$ ; для вуглецевих та низьковуглецевих сталей  $k_1 = 1,18, k_2 = 0,5$ ; для алюмінію та міді, бронзи та титану  $k_1 = k_2 = 1$ );

$\sigma_r$  – тимчасовий опір розриву матеріалу мембрани, кгс/см<sup>2</sup>.



Таблиця 9.1 – Тимчасовий опір розриву матеріалу мембрани

Матеріал	Марка	Тимчасовий опір, $\sigma_r$ , МПа
Чавун		100-300
Сталь	Ст.5	530
	Ст. 45	560-590
	Ст.20х	480
	Ст.40хн	880-980
Алюміній	А1-4	260
	D16	540
Мідь		260-360
Титан	Вт.3	1100
Бронза	ОТФ1	240

### Приклад розв'язання завдання

Визначити товщину мембрани зі сталі марки Ст.5. Перепад тиску, при якому відбувається руйнування мембрани становить 140 кгс/см<sup>2</sup>. Радіус мембрани дорівнює 1 см.

### Розв'язання

Приймаємо коефіцієнт адіабати для сталі  $k_1 = 1,18$ ,  $k_2 = 0,5$ .

За табл.9.1 обираємо для сталі марки Ст.5 величину тимчасового опору розриву матеріалу мембрани 530 МПа.

Таким чином, товщина мембрани буде становити:

$$\delta = \frac{\Delta P_M \cdot r \cdot k_1}{2(\sigma_r - k_2 \Delta P_M)} = \frac{140 \cdot 1 \cdot 1,18}{2(530 - 0,5 \cdot 140)} = 0,179 \text{ см}$$

### Завдання 9.6

Визначити товщину мембрани, яку виготовляють з матеріалу А та матеріалу Б при змінній величині її радіусу. Побудувати залежності для двох матеріалів  $\delta = f(r)$  та зробити висновки. Вихідні дані наведені в табл.

№ варіанта	Перепад тиску, $\Delta P_M$ , МПа	Радіус, $r$ , см	Матеріал А	Матеріал Б
1	2	3	4	5
1	150	1,0;1,5;2,0;2,5	Алюміній	Мідь
2	200	0,5;0,7;0,9;1,1	Чавун	Алюміній
3	300	0,3;0,5;0,8;1,0	Чавун	Мідь
4	250	1,1;1,3;1,5;2,0	Ст.5	Алюміній
5	350	0,4;0,6;0,8;1,0	Ст.45	Ст.40хн
6	500	0,2;0,25;0,3;0,35	Ст.20х	Чавун

Продовження табл.

1	2	3	4	5
7	600	0,4;0,6;0,8;1,0	Мідь	Алюміній
8	800	0,25;0,3;0,35;0,4	Бронза	Ст.45
9	1000	0,2;0,25;0,5;0,7	Титан	Алюміній
10	900	0,4;0,5;0,7;0,9	Титан	Бронза

### Завдання 9.7

Визначити товщину мембрани, яка виготовлена зі сталі марки Ст.5 ( $\sigma_t = 530$  МПа) та з міді ( $\sigma_t = 360$  МПа). Якщо перепад тиску, при якому відбувається руйнування мембрани 15000 кПа, радіус мембрани: 0,5; 1,5; 2,0; 2,5 см.

### Завдання 9.8

Визначити товщину мембрани, яка виготовлена зі сталі марки алюмінію ( $\sigma_t = 260$  МПа) та з чавуну ( $\sigma_t = 100$  МПа). Якщо перепад тиску, при якому відбувається руйнування мембрани 60000 кПа, радіус мембрани: 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 см.

### Завдання 9.9

Визначити величину тиску,  $P_m$ , при якій відбудеться руйнування мембрани, виготовленої зі сталі марки Ст.20х ( $\sigma_t = 480$  МПа). Товщина мембрани, мм: 1; 2; 3, радіус мембрани, см: 0,25.  $P_c = 101,3$  кПа

## Захист апаратів від перенавантаження запобіжним клапаном

Для зниження тиску в апараті до його робочого тиску, якщо є можливість перевищення його внаслідок будь-яких порушень технологічного процесу, встановлюють запобіжні клапани. Установка запобіжного клапана не обов'язкова, якщо робочий тиск в апараті дорівнює або більше тиску джерела живлення і в посудині виключена можливість підвищення тиску внаслідок хімічної реакції або підвищення температури [22].

Кількість запобіжних клапанів, їх розміри та пропускна здатність повинні бути обрані так, щоб в апараті не міг виникнути тиск, що перевищує робочий більш ніж на 0,05 МПа для посудин з тиском до 0,3 МПа, на 15% для посудин з тиском від 0,3 до 6 МПа та на 10 % для посудин з тиском більше 6 МПа.

Розрахунок запобіжних клапанів проводиться для всіх газів за формулою:

$$G = 1.59\alpha FB\sqrt{P_1 - P_2}$$

де  $G$  – пропускна здатність клапана, кг/год;

$\alpha$  – коефіцієнт витрати газу;

$F$  – найменша площа перетину клапана в проточній частині, мм<sup>2</sup>;

- $B$  – коефіцієнт, який залежить від типу середовища, для рідини  $B=1$ ;  
 $P_1$  – максимальний надлишковий тиск попереду запобіжного клапана, кгс/см<sup>2</sup>;  
 $P_2$  – надлишковий тиск за запобіжним клапаном, кгс/см<sup>2</sup>;  
 $\rho$  – густина середовища для параметрів  $P_1$  та  $t_1$ , кг/м<sup>3</sup>;  
 $t_1$  – температура середовища попереду запобіжного клапана, °С.

### Завдання 9.10

Розрахувати пропускну здатність запобіжного клапана при зміні максимального надлишкового тиску попереду клапана та при відомих температурі середовища,  $t_1$ , та площі перетину клапана  $F$ . Вихідні дані наведені в таблиці. Густина газу необхідно знайти за довідниками.

№ варіанта	$P_1$ , кгс/см <sup>2</sup>	$t_1$ , °С	$P_2$ , кгс/см <sup>2</sup>	$F$ , мм	$\alpha$	Газ
1	0,15;0,3;0,4;0,5	20	100	20	0,6	Cl <sub>2</sub>
2	0,25;0,5;0,75;1,0	40	95	18	0,7	CO
3	2,0;2,5;2,7;3,0	60	85	16	0,95	CO <sub>2</sub>
4	2,5;3,0;4,0;5,0	50	75	14	0,6	NH <sub>3</sub>
5	4,1;4,3;4,8;5,1	30	90	12	0,8	SO <sub>2</sub>
6	4,4;4,6;4,8;5,2	25	80	10	0,6	Cl <sub>2</sub>
7	5,1;5,3;5,5;5,7	15	70	8	0,7	SO <sub>3</sub>
8	4,2;5,2;5,8;6,0	70	98	6	0,94	CO <sub>2</sub>
9	3,5;3,7;3,9;4,1	80	87	10	0,6	CO
10	1,2;1,4;1,6;2,0	100	99	12	0,7	H <sub>2</sub>