

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра охорони праці, промислової та цивільної
безпеки**

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 (РТФ, ІТС)

з дисципліни «Охорона праці та цивільний захист»

Тема роботи:

***«Розрахунок концентрації шкідливих речовин в повітрі
робочої зони при застосуванні технологічного
процесу пайки».***

Укладач: канд. техн. наук, доцент Каштанов Сергій Федорович
Затверджено на засіданні кафедри ОПЦБ протокол № 1 від 30.08.2018 р.

Теоретичні положення

Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин

Гігієнічне нормування шкідливих речовин здійснюють за *гранично допустимими концентраціями (ГДК, мг/м³)* відповідно до нормативних документів: для робочих місць визначається гранично допустима концентрацію в робочій зоні – ГДК_{рз} (ГОСТ 12.1.005-88, СН 245-71); в атмосфері повітря населеного пункту – максимально разові ГДК_{мр} (найбільш висока, зареєстрована за 30 хв спостереження), середньодобові – ГДК_{сд} (середня за 24 год за безупинного вимірювання) і орієнтовно-безпечні рівні впливу – ОБРВ (список ГДК забруднювальних речовин № 3086-84 з доповненнями, ДСП 201-97). Гігієнічне нормування потребує, щоб фактична концентрація забруднювальної речовини не перевищувала ГДК ($C_{\text{факт}} \leq \text{ГДК}$).

ГДК_{рз} - це максимальна концентрація, що за щоденної (крім вихідних днів) роботи впродовж 8 год чи за іншої тривалості, але не більш як 41 год на тиждень, впродовж усього стажу (25 років) не може викликати захворювань чи відхилень стану здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень у процесі роботи чи у віддалений період життя сучасного і наступних поколінь.

За ступенем впливу на організм шкідливі речовини поділяють на чотири класи небезпеки:

1. Надзвичайно небезпечні, що мають ГДК_{рз} менш як 0,1 мг/м³ у повітрі (смертельна концентрація в повітрі менш як 500 мг/м³);

2. Високо небезпечні – ГДК_{рз} = 0,1 ÷ 1,0 мг/м³ (смертельна концентрація в повітрі 500-5000 мг/м³);

3. Помірковано небезпечні – ГДК_{рз} = 0,1 10,0 мг/м³ (смертельна концентрація в повітрі 5000–50000 мг/м³);

4. Мало небезпечні – ГДК_{рз} > 10,0 мг/м³ (смертельна концентрація в повітрі > 50 000 мг/м³).

У таблиці 1 наведено значення гранично допустимих концентрацій для деяких інгредієнтів, що використовуються на виробництві.

Таблиця 1. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Речовина, Назва (формула)	ГДК _{рз} , мг/м ³	ГДК _{мр} , мг/м ³	ГДК _{сд} , мг/м ³	Клас небез- пеки	Дія на людину
Оксид вуглецю (CO)	20,0	3,0	1,0	4	Задущлива дія, порушення центральної нервової системи
Двооксид азот (NO ₂)	2,0	0,085	0,085	3	Порушення дихальних шляхів, набряк легенів, серцева слабкість
Сірчистий ангідрид (SO ₂)	10,0	0,5	0,05	3	Дратівна дія слизистих, верх- ніх дихальних шляхів, імунна система, гастрит
Зважені речовини (неорганічний пи́л)		0,15	0,05		Захворювання дихальної системи
Кадмій (Cd)	0,05			1	Канцероген*
Свинець (Pb)	0,01		0,003	1	Уражається шлунково-киш- ковий тракт, печінка, нирки; змінюється склад крові і кіст- кового мозку; уражається головний мозок; викликає м'язову квалість
Бензин	100,0	5,0	1,5	4	Наркотична дія (ураження центральної нервової системи)
Бенз(α) пирен (C ₂₀ H ₁₂)	0,00015		0,1мкг/ 100м ³	1	Канцероген
Марганець (Mn, MnO ₂)	0,05			1	Уражає центральну нервову систему, печінку, шлунок
Фтористий водень (HF)	0,5			2	
Фенол (C ₆ H ₅ OH)	0,3	0,01	0,01	2	Потрібний захист шкіри, очей; алергійні дії

*Примітка. Гранично допустима середньо-змінна (за 8 год.) концентрація свинцю (ГДК_{сз}) становить 0,005 мг/м³.

У виробничих умовах часто спостерігається комбінована дія шкідливих речовин. Здебільшого дія шкідливих речовин сумується (адитивна дія). Однак можливо, коли дія однієї речовини підсилюється дією іншої (потенціююча дія), або можливий ефект комбінованої дії менше очікуваного (антагоністична дія).

Якщо в повітрі присутні кілька речовин, що мають ефект сумачії (односпрямованої дії), то якість повітря відповідатиме встановленим нормативам за умови, що:

$$C_1/\text{ГДК}_1 + C_2/\text{ГДК}_2 + C_3/\text{ГДК}_3 + \dots + C_n/\text{ГДК}_n \leq 1.$$

Ефектом сумачії володіють сірчистий газ і двооксид азоту, фенол і сірчистий газ та ін. Раніше ГДК хімічних речовин оцінювали як максимально разові. Перевищення їх навіть упродовж короткого часу заборонялося. Віднедавна для речовин (мідь, ртуть, свинець та ін.), що мають кумулятивні властивості (здатність накопичуватися в організмі), для гігієнічного контролю запроваджено іншу величину – середньо змінну концентрацію. Наприклад, допустима середньо-змінна концентрація свинцю становить $0,005 \text{ мг/м}^3$.

Ступінь впливу пилу (аерозолі з розміром твердих часточок $0,1 \dots 200 \text{ мкм}$) на організм людини залежить не тільки від хімічного складу, а й розмірів часток (дисперсного складу), форми порошин та їхніх електричних властивостей. Найбільшу небезпеку становлять частки розміром $1 \dots 2 \text{ мкм}$, тому що ці фракції великою мірою осідають у легенях під час дихання. Дослідження так само виявили, що електрозаряджений пил удвічі-втричі рази інтенсивніше осідає в організмі порівняно з нейтральним за зарядом пилом.

Гігієністи за характером дії на організм вирізняють специфічну групу пилу – пил фіброгенної дії. Особливість дії такого пилу на організм полягає в тому, що в разі попадання в легені такий абразивний нерозчинний пил спричинює утворення в легеневій тканині фіброзних вузлів – ділянок затверділої легеневої тканини, в результаті чого легені втрачають можливість виконувати свої функції. Такі захворювання практично не піддаються лікуванню і при своєчасного їх виявлення можливо припинити розвиток хвороби за рахунок зміни умов праці. Такі захворювання мають загальну назву пневмоконіози. Назви окремих захворювань цієї групи є похідні від назви речовин, що їх спричинили (силікоз – пил з вмістом SiO_2 , антропокоз – пил вугілля, азбестоз – пил азбесту тощо). Гігієністи ідентифікують близько 50 речовин, пил яких може спричинити пневмоконіози (є фіброгенним). Деякі види пилу (каніфолі, борошна, шкіри, бавовни, вовни, хрому та ін.) можуть викликати алергічні реакції і захворювання легень – бронхіальну астму.

Методика визначення концентрації аерозолі свинцю, оксиду вуглецю і фтористого водню в повітрі робочої зони при проведенні технологічного процесу пайки і лудження радіоелементів та випалу ізоляції

Запиленість і загазованість атмосфери виробничих приміщень залежать від виду пайки і лудження, кількості постів пайки, марки припою, флюсу, змивки, об'єму приміщення, параметрів вентиляційного устаткування.

Питоме утворення аерозолі свинцю при лудженні і пайці олов'яно-свинцевими припоями:

- при пайці електропаяльником (потужністю 20-60 Вт) $0,02 - 0,04 \text{ мг}$ на 100 пайок;
- при лудженні зануренням у припій (на 1 м^2 поверхні ванни) $300-500 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{год}$;
- при лудженні і пайці хвилею (на 1 м^2 поверхні хвилі) $3000-5000 \text{ мг/ м}^2 \cdot \text{год}$;

Залишки флюсу після операцій лудження і паяння містять свинець, який може надходити у повітря робочої зони. Наприклад, залишки флюсу від 1000 паянь, виконаних електропаяльником, містять 0,4 мг свинцю.

Кількість оксиду вуглецю, який надходить у повітря робочої зони при випалі 1 гр. ізоляції при температурі 800-900 °С наведено у таблиці 2.

Таблиці 2. Кількість оксиду вуглецю, який надходить у повітря робочої зони при випалі 1 гр. ізоляції при температурі 800-900 °С

Матеріал.	Кількість, мг/г.	Матеріал.	Кількість, мг/г.
Вініпласт.	240	Бавовна.	100
Поліхлорвініл.	180	Шовк.	200
Поліетилен.	100	Шовк і вініпласт.	190
Фторопласт.	100	-	-

**Примітка: При випалі фторопластової ізоляції, крім оксиду вуглецю, у повітря робочої зони виділяється 3 мг. фтористого водню на 1 г. ізоляції.*

Знаючи питоме утворення аерозолі свинцю при проведенні процесу та лудження, можна визначити концентрацію аерозолі свинцю в повітрі робочої зони, (мг/м³).

При ручній пайці із використанням електропаяльника за формулою:

$$C_{pz} = 0,6 \cdot y \cdot n \cdot t \cdot N / V, \quad (1)$$

де: y - питоме утворення свинцю, мг/100 пайок;

n - кількість пайок за хвилину, шт.;

t - тривалість зміни, год.;

N - кількість робочих місць, на яких ведеться пайка, шт.;

V - об'єм повітря /приміщення/, м³;

**Примітка: Питома утворення аерозолі свинцю (y), при лудженні і пайці олов'яно-свинцевими припоями за допомогою електропаяльника потужністю 20-60 Вт, складає 0,02- 0,04 мг на 100 пайок;*

При пайці і лудженні хвилею за формулою:

$$C_{pz} = y \cdot S \cdot t / V, \quad (2)$$

де: y - питома утворення аерозолі свинцю на 1 м² поверхні хвилі за 1 год. (мг/м²·год);

t - тривалість зміни, год.;

V - об'єм повітря /приміщення/, м³;

S - площа поверхні хвилі, м².

**Примітка: Питома утворення аерозолі свинцю при лудженні і пайці олов'яно-свинцевими припоями при лудженні і пайці хвилею (на 1 м² поверхні хвилі за 1 год.) 3000-5000 мг/м²·год.*

При лудженні зануренням у припій за формулою:

$$C_{pz} = y \cdot S \cdot t / V, \quad (3)$$

де: y - питоме утворення аерозолю свинцю на 1 м^2 поверхні ванни за 1 год. ($\text{мг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$);

t - тривалість зміни, год.;

V - об'єм повітря /приміщення/, м^3 ;

S - площа поверхні ванни, м^2 .

**Примітка: Питоме утворення аерозолю свинцю при лудженні і пайці олов'яно-свинцевими припоями: зануренням у припій (на 1 м^2 поверхні ванни за 1 год.) $300\text{-}500 \text{ мг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.*

Концентрація оксиду вуглецю або фтористого водню при випалі ізоляції можна визначити по формулі:

$$C_{pz} = y_1 \cdot m / V, \quad (4)$$

де y_1 - питоме утворення оксиду вуглецю або фтористого водню при випалі 1 г ізоляції, ($\text{мг}/\text{г}$).

m - маса ізоляції, що обпалюється, г.;

V - об'єм повітря /приміщення/, м^3 .

Завдання № 1

Визначити концентрацію аерозолю свинцю в повітрі робочої зони (C_{pz}) при використанні технологічного процесу ручної пайки та лудження радіоелементів із застосуванням електропаяльника /див. формулу (1)/. У таблиці 3 приведено 7 можливих варіантів для розрахунку в залежності від заданих вихідних даних. Отримані дані розрахунків за вибраними варіантами занести у таблицю 3. Зробити висновки щодо відповідності умов праці на робочих місцях санітарним нормам для кожного із цих варіантів.

Вихідні дані для розрахунку:

1. При пайці і лудженні радіоелементів використовуються олов'яно-свинцеві припої.

2. Потужність електропаяльника (P) - в межах $20\text{-}60 \text{ Вт}$.

3. y – питоме утворення свинцю, $\text{мг}/100 \text{ пайок}$.

4. n – кількість пайок за хвилину, шт.

5. t – тривалість робочої зміни, год.

6. N – кількість робочих місць, на яких ведеться пайка, шт.

7. V – об'єм повітря /приміщення/, м^3 .

**Примітки:*

- Значення P , n , t , N і V (п.2 - п.6) приведені у таблиці 3 для кожного із 7 можливих варіантів розрахунку окремо;

- Питоме утворення свинцю, (y) необхідно визначити в залежності від потужності (P) ручного електропаяльника і занести до відповідного стовпчика таблиці 3;

- Визначити $ГДК_{рз}$ та $ГДК_{сз}$ для свинцю (див. таблицю 1) і занести у відповідні стовпчики: «Висновок (1)» та «Висновок (2)» таблиці 3.

Таблиця 3. Визначення відповідності існуючим нормам концентрації аерозолу свинцю в повітрі робочої зони $C_{рз}$ ($мг/м^3$) у разі застосування технологічного процесу ручної пайки та лудження радіоелементів із застосуванням електропаяльника.

№	P (Вт)	y ($мг / 100$ пайок)	n (пайок за хв.)	t (год.)	N (шт.)	V ($м^3$)	$C_{рз}$ ($мг/м^3$)	Висновок (1) за умови, що $ГДК_{рз}=$	Висновок (2) за умови, що $ГДК_{сз}=$
1	20		1	2	5	30			
2	20		3	3	6	85			
3	40		4	2	7	120			
4	40		4	4	8	150			
5	40		6	4	10	200			
6	60		8	6	15	240			
7	60		10	8	25	350			

*Примітка: У стовпчиках **Висновок (1)** та **Висновок (2)** зробити відповідні записи щодо відповідності чи не відповідності умов праці на робочих місцях санітарним нормам (СН): «відповідає СН» або «не відповідає СН». У разі необхідності, у ті ж самі стовпчики треба додати запис щодо необхідності введення додаткових конкретних заходів, які забезпечать зменшення $C_{рз}$.

Завдання № 2

Визначити концентрацію аерозолу свинцю в повітрі робочої зони ($C_{рз}$) при використанні технологічного процесу пайки та лудження радіоелементів хвилиною /див. формулу (2)/. У таблиці 4 приведено 5 можливих варіантів для розрахунку в залежності від заданих вихідних даних. Отримані дані розрахунків за вибраними варіантами занести у таблицю 4. Зробити висновки

щодо відповідності умов праці на робочих місцях санітарним нормам для кожного із цих варіантів.

Вихідні дані для розрахунку:

1. При пайці і лудженні радіоелементів використовуються олов'яно-свинцеві припої.

2. y - питоме утворення аерозолі свинцю на 1 м^2 поверхні хвилі за 1 год. ($\text{мг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$);

3. t - тривалість робочої зміни, год.;

4. V - об'єм повітря /приміщення/, м^3 ;

5. S - площа поверхні хвилі, м^2 .

***Примітки:**

- Питоме утворення аерозолі свинцю при лудженні і пайці олов'яно-свинцевими приоями при лудженні і пайці хвилею (на 1 м^2 поверхні хвилі за 1 год.) $3000\text{-}5000 \text{ мг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.;

- Значення y , t , V і S (п.2 - п.5) приведені у таблиці 4 для кожного із 5 можливих варіантів розрахунку окремо;

- Визначити $\text{ГДК}_{\text{рз}}$ та $\text{ГДК}_{\text{сз}}$ для свинцю (див. таблицю 1) і занести у відповідні стовпчики: «Висновок (1)» та «Висновок (2)» таблиці 4.

Таблиця 4. Визначення відповідності існуючим нормам концентрації аерозолі свинцю в повітрі робочої зони $C_{\text{рз}}$ ($\text{мг}/\text{м}^3$) у разі застосування технологічного процесу пайки та лудження радіоелементів хвилею.

№	y ($\text{мг}/100$ пайок)	t (год.)	S (м^2)	V (м^3)	$C_{\text{рз}}$ ($\text{мг}/\text{м}^3$)	Висновок (1) за умови, що $\text{ГДК}_{\text{рз}}=$	Висновок (2) за умови, що $\text{ГДК}_{\text{сз}}=$
1	3000	4	0,05	30			
2	3000	8	0,1	85			
3	4000	3	0,15	100			
4	4000	8	0,2	75			
5	5000	6	0,3	110			

*Примітка: У стовпчиках **Висновок (1)** та **Висновок (2)** зробити відповідні записи щодо відповідності чи не відповідності умов праці на робочих місцях санітарним нормам (СН): «відповідає СН» або «не відповідає СН». У разі необхідності, у ті ж самі стовпчики треба додати запис щодо необхідності введення додаткових конкретних заходів, які забезпечать зменшення $C_{\text{рз}}$.

Завдання № 3

Визначити концентрацію аерозолю свинцю в повітрі робочої зони (C_{pz}) при використанні технологічного процесу лудження радіодеталей зануренням у припій /див. формулу (3)/. У таблиці 5 приведено 4 можливих варіантів для розрахунку в залежності від заданих вихідних даних. Отримані дані розрахунків за вибраними варіантами занести у таблицю 5. Зробити висновки щодо відповідності умов праці на робочих місцях санітарним нормам для кожного із цих варіантів.

Вихідні дані для розрахунку:

1. При лудженні радіодеталей зануренням у припій використовуються олов'яно-свинцеві припої.

2. y - питома утворення аерозолю свинцю на 1 м^2 поверхні ванни за 1 год. ($\text{мг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$);

3. t - тривалість робочої зміни, год.;

4. V - об'єм повітря /приміщення/, м^3 ;

5. S - площа поверхні ванни, м^2 .

***Примітки:**

- Питома утворення аерозолю свинцю при лудженні і пайці олов'яно-свинцевими припоями при лудженні і пайці хвилиною (на 1 м^2 поверхні хвили за 1 год.) $300\text{-}500 \text{ мг}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$.;

- Значення y , t , V і S (п.2 - п.5) приведені у таблиці 5 для кожного з 4 можливих варіантів розрахунку окремо;

- Визначити ГДК_{pz} та ГДК_{cz} для свинцю (див. таблицю 1) і занести у відповідні стовпчики: «Висновок (1)» та «Висновок (2)» таблиці 5.

Таблиця 5. Визначення відповідності існуючим нормам концентрації аерозолю свинцю в повітрі робочої зони C_{pz} ($\text{мг}/\text{м}^3$) у разі застосування технологічного процесу лудження радіодеталей зануренням у припій.

№	y ($\text{мг}/100$ пайок)	t (год.)	S (м^2)	V (м^3)	C_{pz} ($\text{мг}/\text{м}^3$)	Висновок (1) за умови, що $\text{ГДК}_{pz} =$	Висновок (2) за умови, що $\text{ГДК}_{cz} =$
1	300	4	0,05	25			
2	400	2	0,1	30			
3	400	1	0,15	38			
4	500	2,5	0,3	45			

Примітка: У стовпчиках **Висновок (1) та **Висновок (2)** зробити відповідні записи щодо відповідності чи не відповідності умов праці на робочих місцях санітарним нормам (СН): «відповідає СН» або «не відповідає СН». У разі необхідності, у ті ж самі стовпчики треба додати запис щодо необхідності введення додаткових конкретних заходів, які забезпечать зменшення C_{pz} .*

Завдання № 4

Визначити концентрацію оксиду вуглецю або фтористого водню при випалі ізоляції /див. формулу (4)/. У таблиці 5 приведено 4 можливих варіантів для розрахунку в залежності від заданих вихідних даних. Отримані дані розрахунків за вибраними варіантами занести у таблицю 6. Зробити висновки щодо відповідності умов праці на робочих місцях санітарним нормам для кожного із цих варіантів.

Вихідні дані для розрахунку:

1. При лудженні радіодеталей зануренням у припій використовуються олов'яно-свинцеві припої.
2. Матеріал ізоляції /див. Примітки до таблиці 6/.
3. y_I - питоме утворення оксиду вуглецю (y_{ICO}) або фтористого водню (y_{IHF}) при випалі 1 г ізоляції, (мг/г.) /див. таблицю 2/.
4. m - маса ізоляції, що обпалюється, г.;
5. V - об'єм повітря /приміщення/, m^3 .

**Примітки:*

- Значення m , V (п.4 - п.5) приведені у таблиці 6 для кожного з 4 можливих варіантів розрахунку окремо;
- З урахуванням матеріалу ізоляції визначити за таблицею 2 значення для y_{ICO} та y_{IHF} , та занести їх до відповідних стовпчиків таблиці 6;
- Визначити $ГДК_{pz}$ для оксиду вуглецю (СО) та фтористого водню (див. таблицю 1) і занести у відповідний стовпчик: «Висновок» таблиці 6.

Таблиця 6. Визначення відповідності існуючим нормам концентрації оксиду вуглецю або фтористого водню в повітрі робочої зони C_{pz} (мг/м³) у разі застосування технологічного процесу випалу ізоляції.

№	y_{ICO} (мг/г)	y_{IHF} (мг/г)	m (г)	V (м ³)	$CO \rightarrow C_{pz}$ (мг/м ³)	$HF \rightarrow C_{pz}$ (мг/м ³)	Висновок $CO \rightarrow ГДК_{pz} =$ $HF \rightarrow ГДК_{pz} =$
1			4	25			
2			10	38			
3			15	40			
4			30	60			

**Примітки:*

- 1. Варіант №1 – матеріал ізоляції **вініпласт**;
Варіант №2 – матеріал ізоляції **фторопласт**;
Варіант №3 – матеріал ізоляції **поліетилен**;
Варіант №4 – матеріал ізоляції **шовк**.*

*2..У стовпчику **Висновок** зробити відповідні записи щодо відповідності чи не відповідності умов праці на робочих місцях санітарним нормам (СН): «відповідає СН» або «не відповідає СН». У разі необхідності, у ті ж самі стовпчики треба додати запис щодо необхідності введення додаткових конкретних заходів, які забезпечать зменшення C_{pz} .*

Завдання № 5

Розробити електроні таблиці у форматі Excel для визначення відповідності існуючим нормам концентрації аерозолю свинцю в повітрі робочої зони (C_{pz}) при використанні технологічного процесу ручної пайки та лудження радіоелементів із застосуванням електропаяльника /згідно із завданням № 1/.

Завдання № 6

Розробити електроні таблиці у форматі Excel для визначення відповідності існуючим нормам концентрації аерозолю свинцю в повітрі робочої зони C_{pz} (мг/м³) у разі застосування технологічного процесу пайки та лудження радіоелементів хвилею /згідно із завданням № 2/.

Завдання № 7

Розробити електроні таблиці у форматі Excel для визначення відповідності існуючим нормам концентрації аерозолю свинцю в повітрі робочої зони C_{pz} (мг/м³) у разі застосування технологічного процесу лудження радіодеталей зануренням у припій /згідно із завданням № 3/.

Завдання № 8

Розробити електроні таблиці у форматі Excel для визначення відповідності існуючим нормам концентрації оксиду вуглецю або фтористого водню в повітрі робочої зони C_{pz} (мг/м³) у разі застосування технологічного процесу випалу ізоляції /згідно із завданням № 4/.

Список літератури

1. Ткачук К. Н., Зацарний В. В., Каштанов С.Ф. та ін. Охорона праці та промислова безпека: навч. посіб. – К.: Лібра, 2010. – 559 с.
2. НПАОП 32.1-1.07-82 (НАОП 1.4.32-1.07-82) «Правила техніки безпеки і виробничої санітарії у виробництві радіоелектронної апаратури».
3. НАОП 1.4.32-2.87-81 (ОСТ 25 1291-81) «ССБП. Паяння свинцево-олов'яними припоями. Вимоги безпеки».
4. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБП. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».