

Кваліфікаційна робота магістра на тему:

# «Електроннокаталітична переробка діоксиду вуглецю в формальдегід та метанол при атмосферному тиску»



***Виконав:***

ст. гр. МГХТ-904 Каменський А.О.

***Керівник:***

д. т. н., доцент Вязовик В.М.

## Вступ

Сучасний світ зіткнувся з проблемою надмірних викидів парникових газів, особливо діоксиду вуглецю і, водночас, із зростаючою потребою у вуглевмісних ресурсах.



**Серед світових тенденцій вирішення проблеми розглядається:**

- спільне зниження кількості викидів  $\text{CO}_2$  в атмосферу Землі,
- декарбонізація – уловлювання й зберігання вуглецю,
- конверсія діоксиду вуглецю в продукти палива та нафтохімії.

**Технології переробки вуглекислого газу:**

- традиційні (розщеплення чистого  $\text{CO}_2$  та перетворення  $\text{CO}_2$  у поєднанні з ко-реагентом, тобто  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$  або  $\text{H}_2\text{O}$ );
- новітні (фотохімічне, електрохімічне, біохімічне та каталітичне перетворення, а також плазмова технологія).



## Мета, об'єкт та основні завдання дослідження

### Мета роботи:

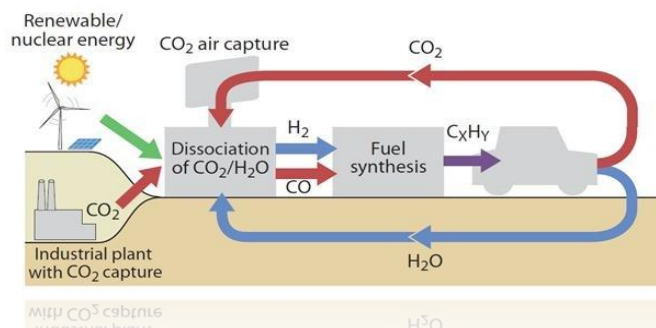
- розробити технологію електроннокаталітичної переробки діоксиду вуглецю в формальдегід та метанол при атмосферному тиску.
- дослідити рівень конверсії  $\text{CO}_2$  при використанні різних каталізаторів.

### Об'єкт дослідження:

- процеси очищення повітря та викидних газів підприємств від  $\text{CO}_2$  електроннокаталітичним методом;
- газорозрядний реактор.
- низькотемпературні каталізатори переробки діоксиду вуглецю.

### Основні завдання:

- створити лабораторну установку електроннокаталітичної конверсії  $\text{CO}_2$ ;
- визначити технологічні параметри (температуру, напругу, концентрації речовин) при яких процес конверсії відбувається найвигідніше;
- підібрати та розробити нові каталізатори;
- визначити новизну та доцільність використання електроннокаталітичної технології переробки  $\text{CO}_2$  в органічні сполуки.



# Плазмова технологія з використанням діелектричного бар'єрного розряду

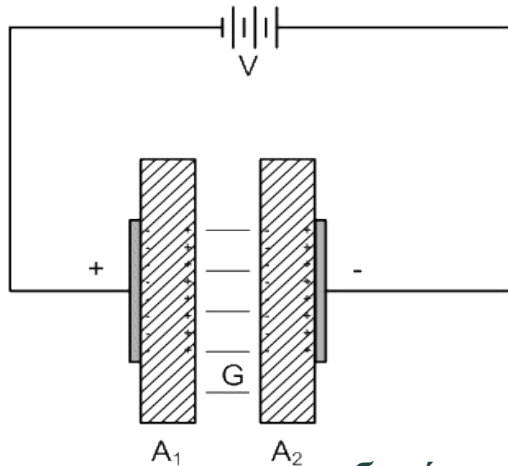
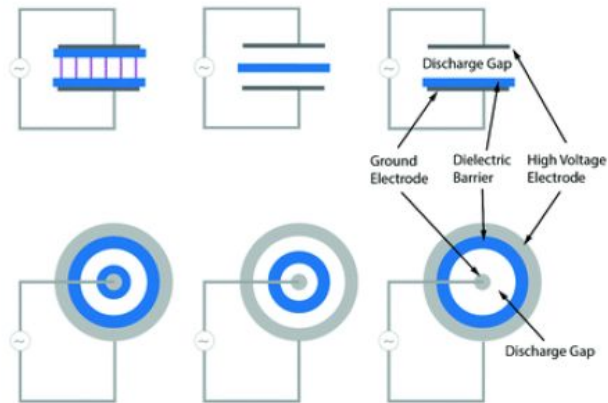


Схема виникнення бар'єрного розряду



Основні конфігурації бар'єрного розряду

## Плазма-каталіз

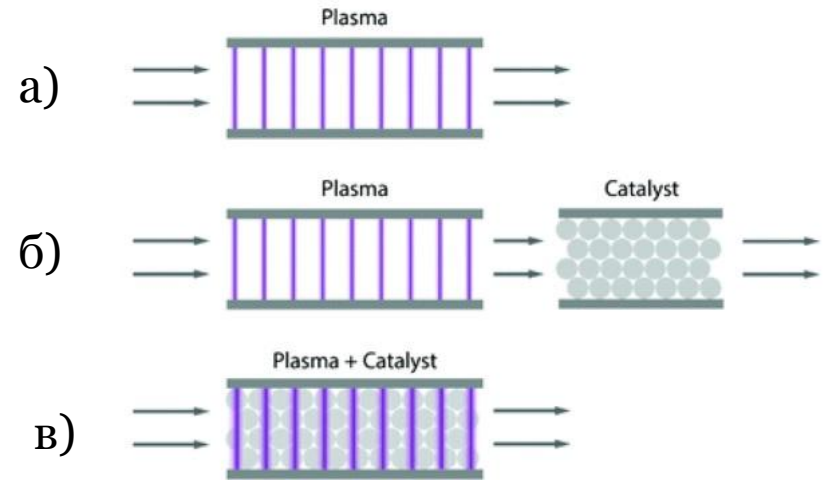
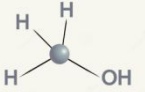
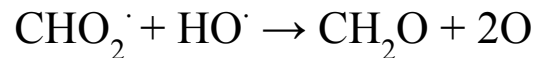
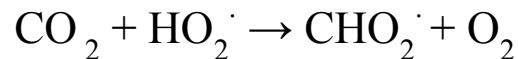
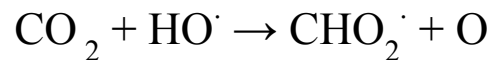
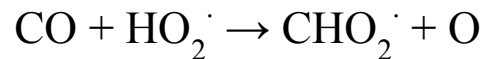
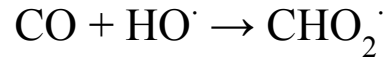
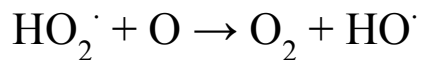
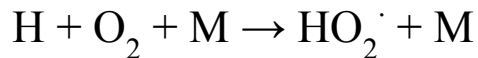
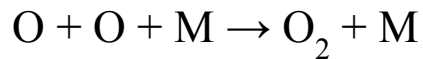
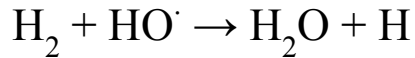
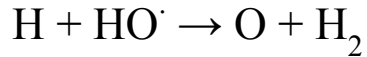
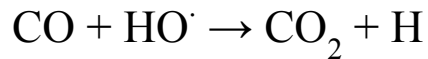
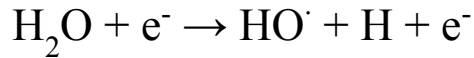
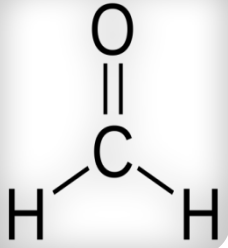


Схема різних конфігурацій плазма-каталізатор: (а) одна плазма без каталізатора, (б) каталізатор нижче по потоку від розряду і (в) каталізатор безпосередньо всередині зони розряду.

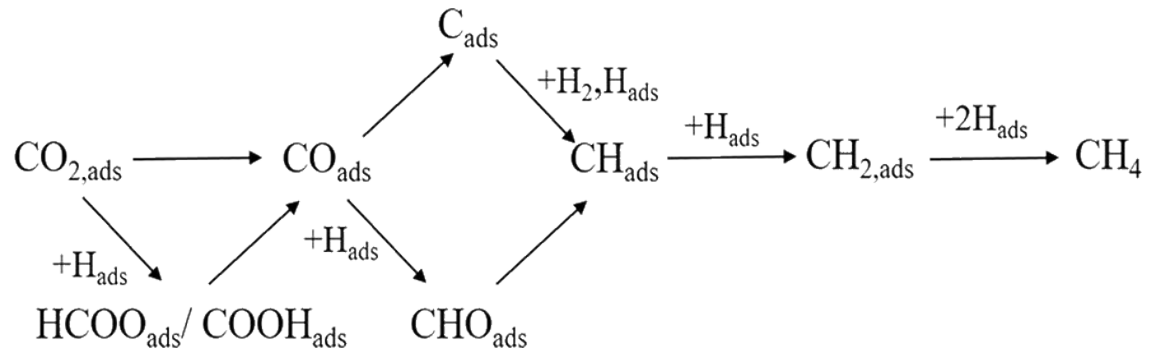
## Фізико-хімічні основи процесу



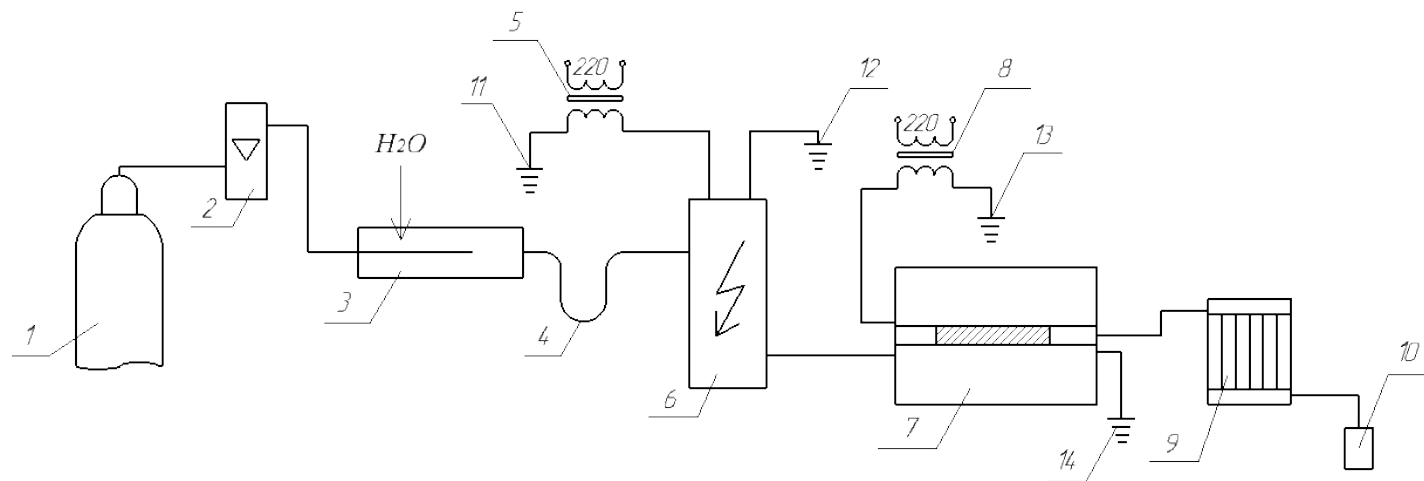
Methanol



Можливі основні реакції (переходи) при конверсії  $\text{CO}_2$



## Схема лабораторної установки по переробці CO<sub>2</sub> в органічні сполуки



- 1 – балон CO<sub>2</sub>; 2 – ротаметр; 3 – зволожувач; 4 – конденсатовідвід; 5 – джерело живлення 1;  
6 – газорозрядник 1; 7 – трубчаста піч з каталізатором та газорозрядник 2;  
8 – джерело живлення 2; 9 – холодильник; 10 – пробовідбірник;  
11, 12, 13, 14 – заземлення.

## Характеристика каталізатора SHIFTMAX 217

№ п/п	Найменування показників	Вимоги НД	Результати випробування
1	Зовнішній вигляд	Таблетки	відповідає
2	Розмір таблеток, мм: - діаметр - висота	4,8 – 5,2 2,5 – 3,5	5,1 3,2
3	Насипна щільність, г/л	1000 – 1200	1122
4	Механічна міцність-руйнівне зусилля при роздавлюванні гранул по твірній, Н	≥100	163
5	Масова частка ZnO, %	42,0 – 46,0	43,1
6	Масова частка Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	10,0 – 12,0	10,9
7	Масова частка CuO, %	43,0 – 47,0	44,6
8	Масова частка витрат при прожарюванні при температурі 900°C	≤18,0	11



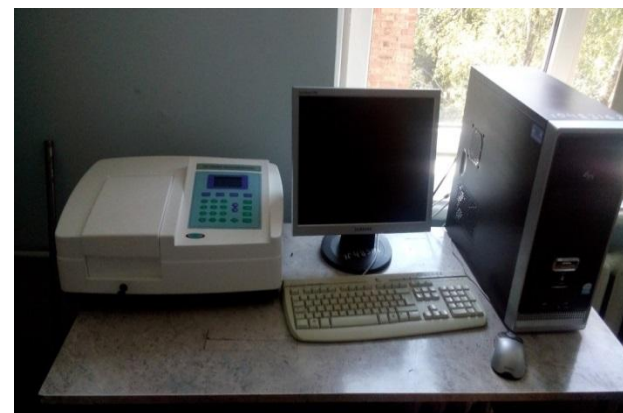
### Каталізатор на глиняному носії:

CuO- 52%, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -17 %, ZnO – 26 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>– 5%



## Результати розрахунку концентрацій метанолу та формальдегіду на каталізаторах СНК-2 і на глиняному носії

Режим роботи установки (температура та напруга у двох розрядниках)			Концентрації формальдегіду та метанолу у пробах (каталізатор СНК-2), г/дм <sup>3</sup>		Концентрації формальдегіду та метанолу у пробах (каталізатор на глиняному носії), г/дм <sup>3</sup>	
U <sub>1</sub> , кВ	U <sub>2</sub> , кВ	T, °C	C (метанолу)	C (формальдегіду)	C (метанолу)	C (формальдегіду)
Серія 1						
10	0	250	0,6826	0,1896	0,2531	0,0703
	7		0,9723	0,2701	-	-
	8		0,3848	0,1069	0,1982	0,0551
	9		0,1696	0,0471	0,1410	0,0392
	10		0,2322	0,0645	0,6045	0,1680
	11		0,9982	0,2773	-	-
Серія 2						
10	0	300	0,5356	0,1488	0,8808	0,2447
	7		0,4909	0,1364	-	-
	8		0,3142	0,0873	0,6954	0,1932
	9		0,2453	0,0682	1,2838	0,3567
	10		0,4077	0,1133	0,9079	0,2523
	11		0,1758	0,0489	0,7461	0,2073
Серія 3						
10	0	350	0,1422	0,0395	0,4861	0,1351
	7		0,1231	0,0342	-	-
	8		0,2235	0,0621	0,1782	0,05
	9		0,1347	0,0374	0,5696	0,1583
	10		0,1601	0,0445	0,277	0,077
	11		0,1544	0,0429	0,2981	0,0828



Спектрофотометр марки "UV-5800PC" та ПК



## Результати розрахунку концентрації метанолу та формальдегіду і енергетичних витрат з 1 розрядником (12X18H10T)

Режим роботи установки (температура та напруга у двох розрядниках)		Концентрації формальдегіду та метанолу у пробах (г/дм <sup>3</sup> )		Розрахунок електроенергії на 1 дм <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> (Вт/дм <sup>3</sup> )
U <sub>2</sub> , кВ	T, °C	C (формальдегід)	C (метанол)	
Серія 1				
0	250	0,0375	0,1041	–
7		0,0341	0,0948	–
8		0,093	0,2583	–
9		0,0271	0,0754	–
10		0,0671	0,1864	–
Серія 2				
0	300	0,1688	0,0608	–
7		0,1602	0,0577	–
8		0,1355	0,0488	–
9		0,174	0,0626	–
10		0,2211	0,0796	–
Серія 3				
0	350	0,1692	0,0609	0
7		0,2084	0,075	0,425
8		0,4901	0,1764	1,103
9		0,0917	0,033	1,563
10		0,0999	0,036	2,604
Серія 4				
0	400	0,4122	0,1484	0
7		0,3947	0,1421	0,63
8		0,0654	0,0235	1,056
9		0,3677	0,1323	1,395
10		0,5680	0,2044	2,382

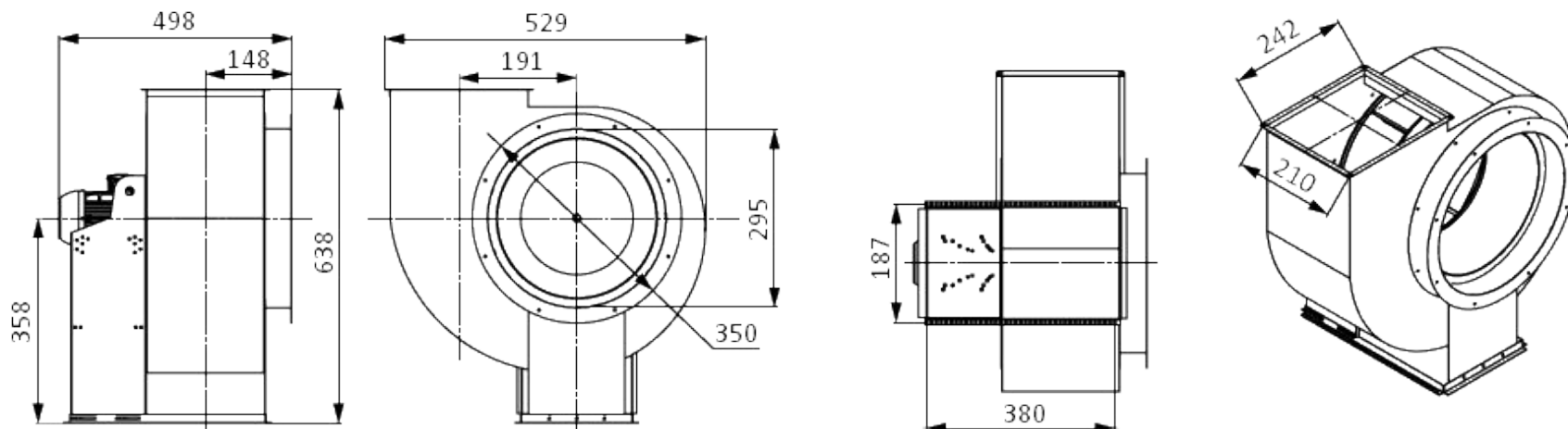
## Результати розрахунку концентрації метанолу та формальдегіду і енергетичних витрат з 2 розрядниками (12X18H10T)

Режим роботи установки (температура та напруга у двох розрядниках)			Концентрації формальдегіду та метанолу у пробах (г/дм <sup>3</sup> )		Розрахунок електроенергії на 1 дм <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> (Вт/дм <sup>3</sup> )	Концентрації формальдегіду та метанолу у пробах (г/дм <sup>3</sup> ) з еспозицією 24 години	
U <sub>1</sub> , кВ	U <sub>2</sub> , кВ	T, °C	C (формальдегід)	C (метанол)		C (формальдегід)	C (метанол)
Серія 7							
7	0	250	0,1232	0,4435	0	0,0951	0,3422
	6,4		0,0748	0,2692	1,11	0,0339	0,1219
	7		0,094	0,3383	1,16	0,0248	0,0894
	9		0,0529	0,1905	1,24	0,036	0,1297
	10		0,0613	0,2206	1,42	0,0549	0,1976
	11	0,0624	0,2244	1,52	0,0394	0,1419	
Серія 8							
7	0	250	0,0716	0,2578	0	0,0554	0,2083
	7		0,0584	0,2101	1,11	0,048	0,1729
	8		0,0676	0,2432	1,17	0,0513	0,1848
	9		0,0417	0,1499	1,28	0,0698	0,2513
	10		0,0537	0,1934	1,39	0,0629	0,2265
	11	0,0342	0,1231	1,48	0,0638	0,2295	
Серія 9							
8	0	250	0,3853	1,3869	0	0,3563	1,2823
	7		0,0411	0,1478	1,27	0,0373	0,1341
	8		0,148	0,5326	1,33	0,0689	0,248
	9		0,1959	0,7052	1,36	0,2439	0,8778
	10		0,2589	0,9317	1,39	0,2754	0,9911
	11	0,235	0,8459	1,58	0,2686	0,9666	



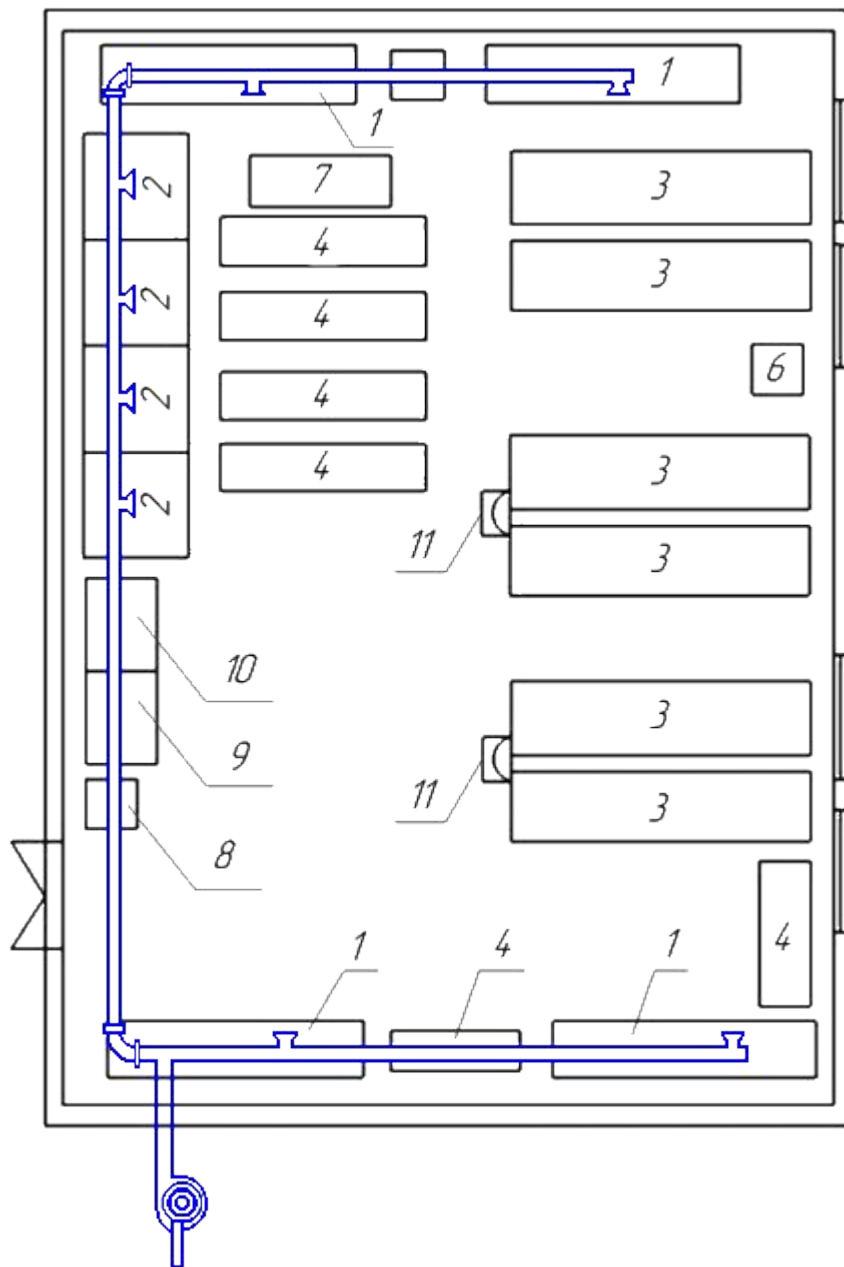
# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

## Ескіз відцентрового вентилятора типу АВРН-2.8



Технічні характеристики вентилятора АВРН-2,8 (0,55 кВт; 2730 об/хв):

<b>1</b>	<b>Потужність електродвигуна, N, кВт</b>	<b>0,55</b>
<b>2</b>	Частота обертів, об/хв	2730
<b>3</b>	Струм, А	1,3
<b>4</b>	Максимальна продуктивність, м <sup>3</sup> /год	2400
<b>5</b>	Рівень шуму, дБ(А)	83
<b>6</b>	Маса, кг	19,27



## Плакат схеми вентиляції аудиторії №419-2

Позначки:

1. Витяжна шафа дерев'яна
2. витяжна шафа пластикова
3. Стіл лабораторний
4. Стіл учбовий
5. Стіл під трубчасту піч
6. Стіл під електрошафу
7. Стіл для викладача
8. Сейф
9. Стіл під аналітичні ваги
10. Стіл лабораторний
11. Мийка

## Собівартість досліджень електроннокаталітичної переробки вуглекислого газу в органічні сполуки (на 1 рік)

Статті калькуляції	Витрати, грн
1	2
Сировина	2612,50
Допоміжні матеріали	115,00
Енергозатрати:	
- вода технічна	681,84
- електроенергія	864,00
Витрати на основні матеріали та комплектуючі вироби	6415,00
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	184302,50
Витрати на лабораторію (включаючи річну заробітню плату персоналу)	631980,90
Собівартість досліджень	826971,70

## Висновки:

- ❑ зроблено літературний та патентний огляд існуючих та новітніх методів переробки діоксиду вуглецю в органічні сполуки, каталізаторів конверсії  $\text{CO}_2$ , технології їх створення та властивості, фізико-хімічні основи процесу плазмової технології;
- ❑ впроваджено компактну лабораторну установку конверсії  $\text{CO}_2$ ;
- ❑ створений і досліджений нанесений каталізатор на основі природного сорбенту (глини);
- ❑ порівнюючи дані каталізатори, можна зазначити, що **найкращі концентрації органічних сполук одержані: СНК-2:** при  $250^\circ\text{C}$  і 7 та 11 кВ вихід метанолу (0,97 і  $1,0 \text{ г/дм}^3$  відповідно), але вихід формальдегіду незначний ( $0,28 \text{ г/дм}^3$ ,  $t = 250^\circ\text{C}$ , 11 кВ). **Каталізатор на основі глиняного носія:** при  $300^\circ\text{C}$  і 9 кВ і 10кВ вихід метанолу ( $1,2838$  і  $0,91 \text{ г/дм}^3$  відповідно), вихід формальдегіду значно кращий, ніж при використанні каталізатора СНК-2 -  $0,36 \text{ г/дм}^3$  при  $t = 300^\circ\text{C}$ , 9 кВ. **Каталізатор 12X18Н10Т:** при  $250^\circ\text{C}$  і 10 та 11 кВ вихід метанолу (0,99 і  $0,97 \text{ г/дм}^3$  відповідно), вихід формальдегіду  $0,28$  і  $0,27 \text{ г/дм}^3$  відповідно, при використанні 1 розрядника і температурі  $400^\circ\text{C}$  вихід формальдегіду  $0,57 \text{ г/дм}^3$ .

## Рекомендації:

- ❑ доцільно більш детально вивчати вплив температури та напруг на перебіг досліджень;
- ❑ дослідити каталізatori на основі керамічних мас, оскільки вони мають велику площу внутрішньої поверхні, яка визначається пористою структурою, механічну міцність, високу термічну і хімічну стійкість;
- ❑ застосувати метод просочення для глиняного носія, який має пористу структуру, розчинами, що містять йони  $Al^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$  з подальшою термічною обробкою. Даний процес дає змогу отримати оксиди даних іонів безпосередньо в порах носія, що поліпшить активність та механічну міцність каталізатора.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ