

УДК 661.664.1:66.094.3.097:66.097.3

[0000-0002-5037-8576] С. І. Авіна,

А. А. Фандесва, студентка,

[0000-0001-9285-8191] Г. І. Гринь

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61000, Україна

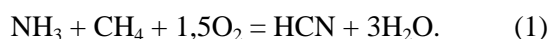
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ПРОЦЕСУ ОКИСНЮВАЛЬНОГО АМОНОЛІЗУ МЕТАНУ

Представлено основні результати досліджень кінетики процесу окиснювального амонілізу метану. Промислове виробництво ціанистого водню є основою виробництва одного з важливих компонентів видобутку золота – ціаніду натрію. На сьогоднішній день основний спосіб виробництва ціанистого натрію базується на нейтралізації синильної кислоти, отриманої каталітичним синтезом метану, аміаку і кисню повітря на платиноїдному каталізаторі, розчином лугу. Проведено дослідження кінетичних параметрів процесу окиснювального амонілізу метану, а саме, визначення залежності часу контактування та швидкості реакції від технологічних параметрів процесу. Відомо, що найбільше впливає на процес окиснювального амонілізу метану вміст платинових металів у каталізаторі, а також кількість сіток у пакеті та розвиненість його поверхні. Встановлено, що при зниженому вмісті одного з реагентів у початковій газовій суміші, а саме NH_3 , після реактора синтезу ціанистого водню в контактному газі наявна значна кількість непрореагованих компонентів суміші. Проведено розрахунки часу контактування для платиноїдних сіток різної розвиненої поверхні при різних тисках і сталій температурі 1193°K . Виявлено, що найбільший вплив на час контактування має кількість сіток у пакеті платиноїдного каталізатора. Доведено, що при збільшенні лінійної швидкості газового потоку підвищується вихід ціанистого водню. На основі експериментальних даних визначено швидкість процесу реакції утворення HCN і перебігу дифузійного процесу за першим порядком. При об'ємній концентрації за аміаком 10,75 % об. швидкість реакції утворення ціанистого водню становить 0,75 с.

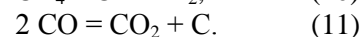
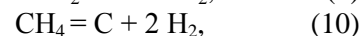
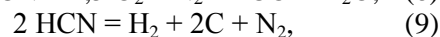
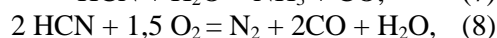
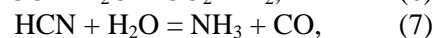
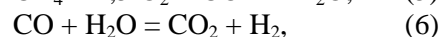
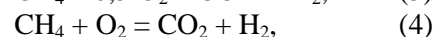
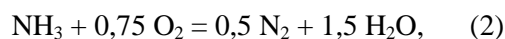
Ключові слова: ціанистий водень, синильна кислота, каталізатор, час контактування, швидкість реакції, платина.

Вступ. Виробництво синильної кислоти у промислових масштабах є основним процесом для отримання сполуки, що використовується в золотодобуванні – ціаніду натрію [1-4].

Основним способом виробництва ціанистого натрію є нейтралізація ціанистого водню (HCN), отриманого каталітичним окисненням суміші метану і аміаку киснем повітря на платиноїдному каталізаторі з використанням високих температур і вакууму, розчином лугу [1, 5-9]. Реакція отримання ціанистого водню проходить аутотермічно без підведення теплоти ззовні і описується наступним сумарним рівнянням:



Ця реакція отримання ціанистого водню супроводжується низкою побічних реакцій, що ведуть до втрати вихідної сировини і забруднення реакційного газу:



Внаслідок перебігу цих реакцій збільшується потреба в аміаку і метані, що призводить до підвищення собівартості ціаніду водню і, як наслідок, зростання ціни ціанистого натрію.

Автори [6] представили основні результати досліджень щодо впливу складу вихідної газової суміші на утворення ціанистого водню. Виявили, що ступінь перетворення реагентів у ціанистий водень залежить не

тільки від початкової концентрації, але й від їх співвідношення в початковій суміші. Максимальний ступінь перетворення аміаку та метану досягається при співвідношенні компонентів аміак/метан у реакційній суміші, що дорівнює 0,9–0,95. Максимальний вихід ціанистого водню окиснювальним амонізом метану становить 62–72 % та досягається при співвідношенні компонентів у початковій реакційній суміші аміак/метан, що дорівнює 0,8–0,9. Досліджено вплив температури на процес утворення ціанистого водню методом Андрусова.

Автори [7] зазначили, що водень негативно впливає на синтез HCN. Це обумовлено тим, що водень взаємодіє з платиною, утворюючи легкосублімовані гідриди, випаровування яких призводить до втрат металів платинової групи і при цьому розпушує поверхню платиноїдного каталізатора, а також зменшується механічна міцність сіток внаслідок впливу гідродинамічних характеристик газового потоку.

Автори [8] розглянули декілька альтернативних носіїв каталізатора, що складаються з різних матеріалів, геометричних конфігурацій та навантажень каталізаторів (Pt і Pt/Rh), для синтезу HCN методом Андрусова. Зі збільшенням часу перебування реакція гідролізу HCN зменшує кількість ціанистого водню, що утворюється. Експерименти показують, що додавання Rh до підкладки з покриттям Pt знижує селективність синтезу HCN, а також встановлено, що каталітично активні носії можуть негативно впливати на селективність реакції. Синтез HCN – дифузійний, гарне перемішування потоку покращує вихід продукту. На основі цих випробувань подано головні принципи щодо розробки альтернативних каталізаторів з Pt, яка забезпечує конкурентоспроможну селективність та перетворення вихідних речовин у кінцевий продукт.

Автори [9] дослідили явище перерозподілу поверхні тканого каталізатора родій-платина, що призводить до утворення пористої маси добре огранених металевих кристалітів. Під час виробництва ціанистого водню методом Андрусова в цій роботі обговорюються деякі можливі механізми його формування.

У дослідженні автори [10] розглянули ряд каталітичних реакцій на деяких поверхнях перехідних металів, використовуючи теорію

функціональної щільності. Всі бар'єри реакції були визначені шляхом детального аналізу. Кожний бар'єр пов'язаний з поверхнею потенціальної енергії і кількістю реагентів на поверхні.

Аналіз світового ринку споживання ціаніду натрію показав, що попит на нього зростає з кожним роком через зростання видобутку золота та відкриття нових родовищ, а також афінаж золотовмісних шлаків [11–14], тому дослідження цієї технології є актуальним та економічно доцільним. У собівартості переробки 1 т руди або концентрату витрати на ціанід становлять від 20 до 40 %. Ще на початку 2000-х років 1 т товарного ціаніду натрію коштувала 1500 доларів, нині вартість ціаніду становить більше 2000 доларів, і є прогнози, що його вартість у майбутньому буде зростати. Це спонукає до визначення мінімальних витрат дороговартісної сировини, що використовується на отримання ціанистого водню, і встановлення оптимальних технологічних параметрів цього процесу.

Таким чином, аналіз літературних джерел показав, що процес отримання ціанистого водню окиснювальним амонізом метану на платиноїдному каталізаторі, а саме кінетичні й термодинамічні показники цього процесу, на сьогодні вивчено недостатньо. Тому дослідження різноманітних факторів впливу на перебіг реакції (1) є важливою науково-технічною проблемою.

Мета статті полягала в дослідженні кінетичних параметрів процесу окиснювального амонізу метану. Для цього необхідно визначити залежність часу контактування, швидкості реакції від технологічних параметрів процесу.

Вклад основного матеріалу. Основним показником ефективності будь-якого процесу є ступінь перетворення компонентів у цільовий продукт. Для попередньої оцінки можливостей максимального ступеня перетворення початкових компонентів газової суміші в ціанистий водень було розраховано кінетичні характеристики процесу окиснювального амонізу метану.

Дослідження впливу основних технологічних параметрів на вміст ціанистого водню в реакційному газі проводились для комплексу платиноїдних сіток різного методу плетіння. Так, використовували сітки: плетені, типу MKS, MULTINIT. Склад платиноїдного сплаву, % мас.: Pt-90, Rh-10. Товщина дроту для плетіння платинових сіток

становила 0,076 мм. Кількість сіток для моделювання процесу коливалася від 4 до 8 штук у пакеті. Діаметр контактного апарату дорівнював 1 м.

Було проведено дослідження залежності швидкості газового потоку від температури для сіток типу MKS, 8 штук у пакеті, дані наведено на рисунку 1.

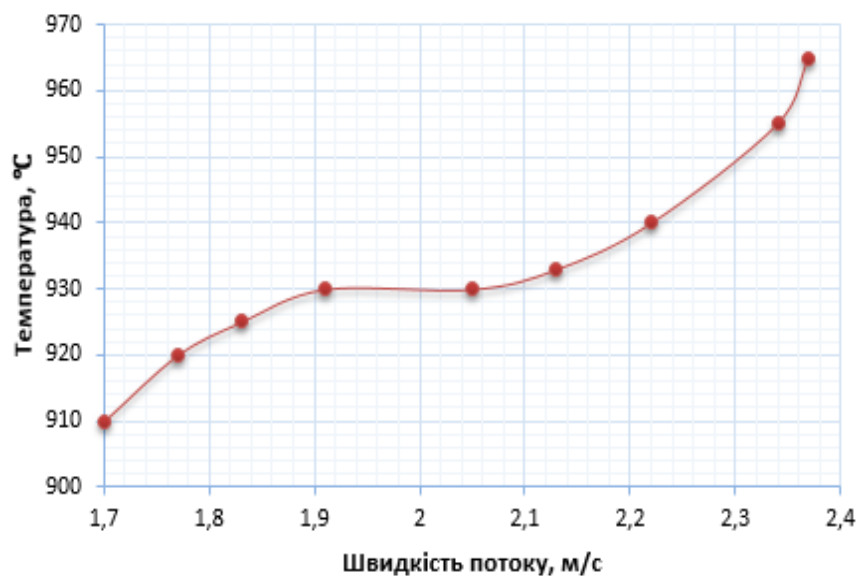


Рисунок 1 – Залежність швидкості потоку від температури

Дані свідчать, що при збільшенні лінійної швидкості газового потоку підвищується температура процесу окиснювального амонілізу метану. Так, при лінійній швидкості газового потоку 1,9 м/с температура процесу дорівнює 930° С, а з подальшим зростанням лінійної швидкості до 2,3 м/с температура досягає значення 950° С.

Перебіг реакції неповного окиснення NH_3 і CH_4 на платинородієвому каталізаторі суттєво залежить від дифузії газів з об'єму до

поверхні контакту. Тому оптимальні умови перебігу процесу значною мірою залежать від швидкості газового потоку. При малому значенні цього показника може бути зворотна дифузія газів, яка супроводжується непродуктивними витратами реагентів, частковим розкладанням утвореного HCN і відкладанням вуглецю на поверхні платиноїдного каталізатора.

Дослідження залежності вмісту ціанистого водню в контакт газі від швидкості потоку зображено на рисунку 2.

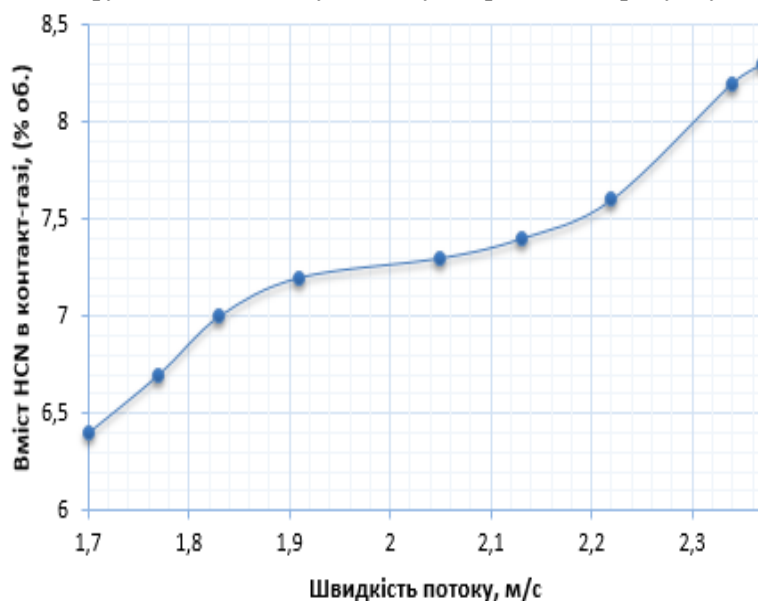


Рисунок 2 – Залежність вмісту ціанистого водню в контакт газі від швидкості потоку

Графічний аналіз даних показує, що при збільшенні лінійної швидкості газового потоку підвищується вихід ціанистого водню. Так, при лінійній швидкості газового потоку 1,8 м/с вихід становить 6,8 % об., а з подальшим зростанням лінійної швидкості до 2,3 м/с вихід становить близько 8 % об., що збігається з думкою авторів [1].

Надмірне збільшення швидкості газового потоку в контактному апараті може створити ситуацію, коли час контактування реагентів на поверхні може бути недостатнім для утворення ціанистого водню. На практиці лінійна швидкість газового потоку (в перерахунку на нормальні умови) дорівнює 0,8–1,4 м/с.

Базовим параметром для різноманітних каталітичних реакцій є час контактування. Від нього залежить швидкість перебігу реакції утворення будь-якої речовини, що впливає на вихід кінцевого продукту, і, як наслідок, на виробничу потужність підприємства. Розрахунок часу контактування аміаку, метану та повітря визначається за рівнянням (12):

$$\tau_k = \frac{1,1 \cdot S \cdot d \cdot n \cdot P_k \cdot (1 - 1,57d\sqrt{m}) \cdot 273}{100 \cdot V_0 \cdot 0,101 \cdot T_k}, \quad (12)$$

де S – площа перерізу реактора, м²;
 d – діаметр дроту, м;
 n – кількість сіток у комплекті, шт.;
 P_k – тиск конверсії, МПа;
 m – кількість плетинь на 1 см² сітки;
 V_0 – об'єм газової суміші при 273°K і 0,101 МПа, м³/г;
 T_k – температура конверсії, К.

За допомогою математичного моделювання було розраховано кількість плетинь на 1 см² платиноїдної сітки різноманітного плетіння. Ці дані наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика платиноїдних каталізаторів для синтезу HCN

Тип сітки	Вага, г	Кількість активної Pt на верхньому шарі, моль	Кількість плетинь, од./см ²
Ткана	805,88	4,13	1024
MKS	708,2	3,63	1170
MULTINIT	1497	7,67	560

Використовуючи рівняння (1), було проведено розрахунки часу контактування для платиноїдних сіток різноманітного плетіння і різної розвиненої поверхні в діапазоні тиску від 0,07 МПа до 0,14 МПа та сталої температури 1193°K. Ці дані зведено в таблицях 2–4.

Дані таблиці 2 свідчать про те, що для тканих сіток залежно від кількості їх у пакеті, що становить від 4 до 6, та при значенні тиску 0,07 МПа час контактування лежить у межах $\tau = 0,84 \cdot 10^{-5} - 1,27 \cdot 10^{-5}$, а при тиску 0,14 МПа час контактування лежить у межах $\tau = 1,6 \cdot 10^{-5} - 2,5 \cdot 10^{-5}$.

Таблиця 2 – Час контактування на тканих сітках, с · 10⁵

Кількість сіток, шт.	Час контактування на тканих сітках, $\tau \cdot 10^5$, с		
	0,07 МПа	0,101 МПа	0,14 МПа
4	0,8459	1,2085	1,6919
5	1,0574	1,5106	2,1148
6	1,2689	1,8127	2,5378
7	1,4804	2,1148	2,9608
8	1,6919	2,4169	3,3837

Наведені в таблиці 3 дані свідчать про те, що для сіток MKS залежно від їх кількісного складу в пакеті, що становить від 4 до 8, та за умови, що тиск дорівнює 0,07 МПа, час контактування лежить у межах $\tau = 0,85 \cdot 10^{-5} - 1,7 \cdot 10^{-5}$, а при тиску 0,14 МПа час контактування лежить у межах $\tau = 1,7 \cdot 10^{-5} - 3,4 \cdot 10^{-5}$.

Таблиця 3 – Час контактування на сітках типу MKS, с · 10⁵

Кількість сіток, шт.	Час контактування на сітках типу MKS, $\tau \cdot 10^5$, с		
	0,07 МПа	0,101 МПа	0,14 МПа
4	0,8454	1,2078	1,6909
5	1,0568	1,5098	2,1137
6	1,2682	1,8117	2,5364
7	1,4796	2,1137	2,9591
8	1,6909	2,4156	3,3819

Дані таблиці 4 свідчать про те, що для сіток типу MULTINIT залежно від їх кількості у пакеті, що становить від 4 до 6, та при значенні тиску 0,07 МПа час контактування лежить у межах $\tau = 0,84 \cdot 10^{-5} - 1,27 \cdot 10^{-5}$, а при тиску 0,14 МПа час контактування набуває значень $\tau = 1,7 \cdot 10^{-5} - 2,5 \cdot 10^{-5}$.

Таблиця 4 – Час контактування на сітках MULTINIT, $\text{с} \cdot 10^5$

Кількість сіток, шт.	Час контактування на сітках MULTINIT, $\tau \cdot 10^5$, с		
	0,07 МПа	0,101 МПа	0,14 МПа
4	0,8468	1,2097	1,6936
5	1,0585	1,5121	2,1169
6	1,2702	1,8145	2,5403
7	1,4819	2,1169	2,9637
8	1,6936	2,4194	3,3871

Аналізуючи дані таблиць 2–4, можна зробити висновок, що найбільший вплив на час контактування має кількість сіток у пакеті каталізатора, а також значення тиску в контактному апараті. Найкраще процес проходить при кількості сіток у пакеті, що дорівнює

8, і при надлишковому тиску, що має значення 0,14 МПа. На нашу думку, розрахований оптимальний час контактування становить $1,6 \cdot 10^{-5}$ с за температури 1193° К.

На основі експериментальних даних визначено швидкість процесу реакції утворення HCN і перебігу дифузійного процесу за першим порядком [15]:

$$\lg W = 5,632 + 1,078 \cdot \lg C_{\text{HCN}} \quad (13)$$

де W – швидкість утворення HCN;
 C – концентрація HCN, моль/м³.

Характерну графічну залежність, що відображає зміну швидкості процесу утворення ціаністого водню від концентрації його в реакційній суміші, представлено на рисунку 3.

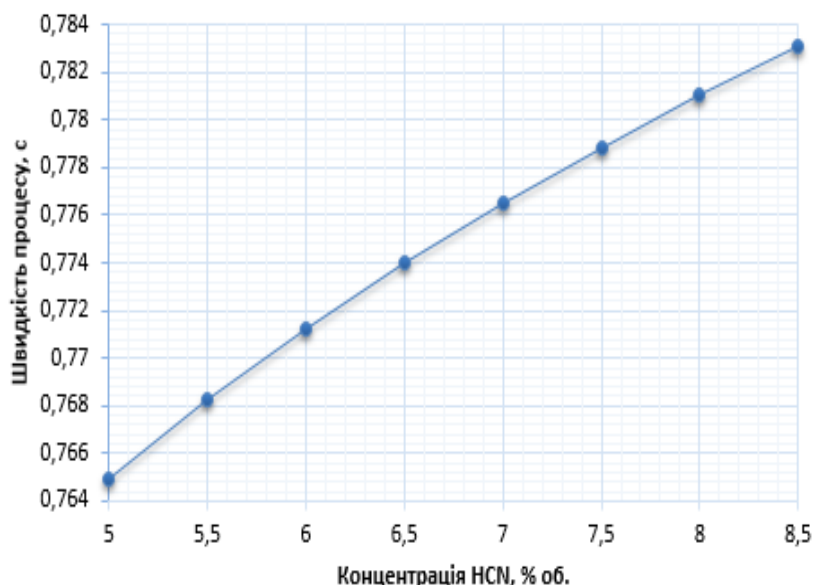


Рисунок 3 – Залежність вмісту ціаністого водню в контакт газі від швидкості потоку

Проведеними розрахунками встановлено, що концентрація ціаністого водню в реакційному газі прямо пропорційна швидкості процесу утворення HCN. Так, швидкість реакції утворення ціаністого водню на платиноїдному каталізаторі з 8 платинових сіток становить 0,75 с при об'ємній концентрації за аміаком 10,75 % об. і температурі 920 °С.

Авторами [15] виведено залежність константи швидкості реакції окиснювального амонілізу метану від температури. На рисунку 4 наведено залежність величини константи швидкості процесу утворення ціаністого водню від температури.

Аналіз графічних даних показує пряму лінійну залежність константи швидкості процесу утворення ціаністого водню від тем-

ператури на платинових сітках у контактному апараті. Провівши розрахунки за температурою синтезу 920° С, було отримано значення константи швидкості, що становило $2,27 \text{ с}^{-1}$.

Висновки. Розраховано час контактування для платиноїдних сіток різноманітного плетіння в діапазоні тиску від 0,07 МПа до 0,14 МПа та сталої температури 1193° К.

Встановлено, що швидкість процесу утворення ціаністого водню на платиноїдному каталізаторі при виході HCN 7,2 % об. становить 0,77 с.

Математичними розрахунками визначено, що за температури процесу утворення ціаністого водню 880° С константа швидкості дорівнює $2,23 \text{ с}^{-1}$.

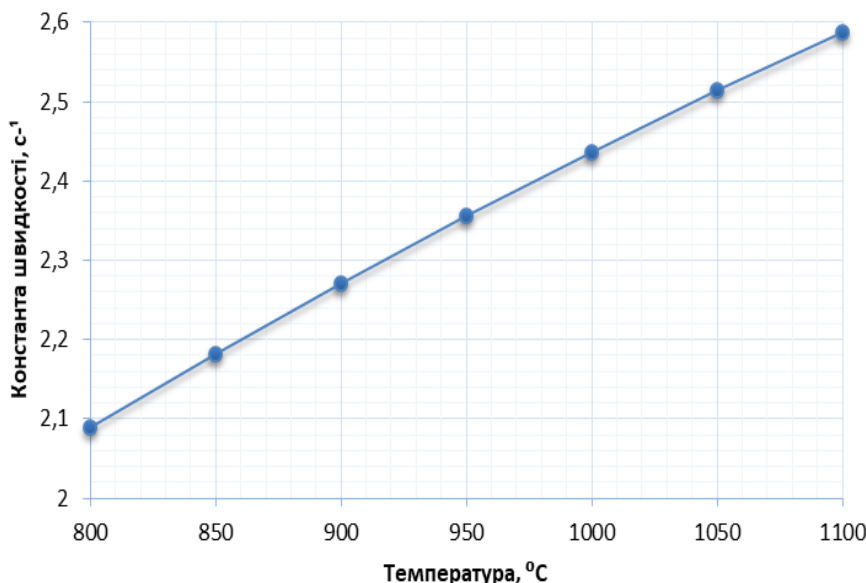


Рисунок 4 – Залежність величини константи швидкості від температури

Список використаних джерел

- [1] Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, О. Я. ЛОБОЙКО, Г. І. ГРИНЬ, та ін., *Технологія зв'язаного азоту*. Харків: НТУ «ХП», 2007.
- [2] М. Е. ПОЗИН, *Технологія мінеральних солей*. Ленінград: Хімія, 1974.
- [3] С. І. АВИНА, "Пути повышения качества цианистого натрия", на *I Міжнар. наук. конф. студентів, аспірантів і молодих учених Хімічні проблеми сьогодення (ХПС-2018)*: зб. тез доп., Вінниця, 2018, с. 232.
- [4] H. Dong, J. Zhao, J. Chen, Y. Wu, and B. Li, "Recovery of platinum group metals from spent catalysts: A review", *International Journal of Mineral Processing*, vol. 145, pp. 108-113, 2015. doi: 10.1016/j.minpro.2015.06.009
- [5] В. В. Барченков, *Технологія гідрометалургічної переробки золотосодержащих флотоконцентратов с применением активных углей*. Чита: Поиск, 2004.
- [6] С. І. Авіна, Г. І. Гринь, та Т. В. Школьнікова, "Дослідження впливу складу вихідної газової суміші на утворення ціаністого водню", *Вісник Національного технічного університету «ХП»*. Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія, № 39 (1315), с. 27-30, 2018. doi: 10.20998/2079-0821.2018.39.05
- [7] D. Hasenberg, and L. D. Schmidt, "HCN synthesis from CH₄, NH₃, and O₂ on clean Pt", *Journal of catalysis*, vol. 104, pp. 441-453, 1987.
- [8] Daniel A. Hickman, Marilyn Huff, and Lanny D. Schmidt, "Alternative catalyst supports for HCN synthesis and NH₃ oxidation", *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 32, no. 5, 1993.
- [9] A. G. Knapton, "The structure of catalyst gauzes J after hydrogen cyanide production", *Platinum Metals Rev.*, 22, (4), 1978.
- [10] Zhi-Pan Liu, and P. Hua, "General trends in the barriers of catalytic reactions on transition metal surfaces", *Journal of chemical physics*, vol. 115, no. 11, 2001. doi: 10.1063/1.1403006
- [11] G. Deschênes, "Project development and operation", in *Gold Ore Processing (Second Edition)*, 2016, pp. 429-445. doi: 10.1016/B978-0444-63658-4.00026-8
- [12] R. K. Asamoaha, W. Skinnera, and J. Addai-Mensah, "Alkaline cyanide leaching of refractory gold flotation concentrates and bio-oxidised products: the effect of process variables", *Hydrometallurgy*, vol. 179, pp. 79-93, 2018. doi: 10.1016/j.hydromet.2018.05.010
- [13] E. La Torre, S. Gámez, and E. Pazmiño, "Improvements to the cyanidation process for precious metal recovery from WPCBs", in *Waste Electrical and Electronic Equip-*

- ment Recycling*, 2018, pp. 115-137. doi: 10.1016/B978-0-08-102057-9.00005-6
- [14] С. С. Бобков, и С. К. Смирнов, *Синильная кислота*. Москва: Химия, 1970.
- [15] В. Ф. Березина, Н. А. Коскина, и Н. Т. Мешенко, "Методика расчета технологических показателей синтеза синильной кислоты", *Химическая технология*, № 6, с. 33-37, 1989.
- ### References
- [1] L. L. Tovazhnyanskiy, O. Ya. Loboiko, H. I. Grin, et al., *The technology of bound nitrogen*. Kharkiv: NTU «KhPI», 2007 [in Ukrainian].
- [2] М. Е. Позин, *Mineral salt technology*. Leningrad: Khimiya, 1974 [in Russian].
- [3] S. I. Avina, "Ways to improve the quality of cyanide sodium", in *I Int. Sci. Conf. of students, postgraduates and young scientists. Chemical problems of the present (CPP-2018): abstracts coll.*, Vinnitsya, 2018, p. 232 [in Ukrainian].
- [4] H. Dong, J. Zhao, J. Chen, Y. Wu, and B. Li, "Recovery of platinum group metals from spent catalysts: A review", *International Journal of Mineral Processing*, vol. 145, pp. 108-113, 2015. doi: 10.1016/j.minpro.2015.06.009
- [5] V. V. Barchenkov, *Technology of hydrometallurgical processing of gold-containing flotation concentrates with the use of activated carbon*. Chita: Search, 2004 [in Russian].
- [6] S. I. Avina, H. I. Grin, and T. V. Shkolnikova, "Investigation of the effect of the composition of initial gas mixture on the formation of hydrogen cyanide", *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Seriya: Khimiia, khimichna tekhnolohiia ta ekolohiia*, no. 39 (1315), pp. 27-30, 2018 [in Ukrainian]. doi: 10.20998 / 2079-0821.2018.39.05
- [7] D. Hasenberg, and L. D. Schmidt, "HCN synthesis from CH₄, NH₃, and O₂ on clean Pt", *J. of catalysis*, vol. 104, pp. 441-453, 1987.
- [8] Daniel A. Hickman, Marylin Huff, and Lanny D. Schmidt, "Alternative catalyst supports for HCN synthesis and NH₃ oxidation", *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 32, no. 5, 1993.
- [9] A. G. Knapton, "The structure of catalyst gauzes J after hydrogen cyanide production", *Platinum Metals Rev.*, 22, (4), 1978.
- [10] Zhi-Pan Liu, and P. Hua, "General trends in the barriers of catalytic reactions on transition metal surfaces", *Journal of chemical physics*, vol. 115, no. 11, 2001. doi: 10.1063/1.1403006
- [11] G. Deschênes, "Project development and operation", in *Gold Ore Processing (Second Edition)*, 2016, pp. 429-445. doi:10.1016/B978-0-444-63658-4.00026-8
- [12] R. K. Asamoaha, W. Skinnera, and J. Addai-Mensah, "Alkaline cyanide leaching of refractory gold flotation concentrates and bio-oxidised products: the effect of process variables", *Hydrometallurgy*, vol. 179, pp. 79-93, 2018. doi: 10.1016/j.hydromet.2018.05.010
- [13] E. La Torre, S. Gámez, and E. Pazmiño, "Improvements to the cyanidation process for precious metal recovery from WPCBs", in *Waste Electrical and Electronic Equipment Recycling*, 2018, pp. 115-137. doi: 10.1016/B978-0-08-102057-9.00005-6
- [14] S. S. Bobkov, and S. K. Smirnov, *Hydrocyanic acid*. Moscow: Himiya, 1970 [in Russian].
- [15] V. F. Berezina, N. A. Koskina, and N. T. Meshenko, "Method for calculating technological indicators of hydrocyanic acid synthesis", *Khimicheskaya tekhnologiya*, no. 6, pp. 33-37, 1989 [in Russian].

S. I. Avina,

A. A. Fandeeva, *student,*

H. I. Grin

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Курпичова стр., 2, Kharkiv, 61000, Ukraine

RESEARCH OF THE KINETICS OF THE PROCESS OF METHANE OXIDATIVE AMMONOLYSIS

The main results of research of the kinetics of the process of methane oxidative ammonolysis are presented. Industrial production of hydrogen cyanide is the basis for the production of one of the important components for gold production – sodium cyanide. Now, the main method of production of sodium cyanide is based on the neutralization of hydrocyanic acid, obtained by catalytic synthesis of methane, ammonia and oxygen in a platinum catalyst, by alkali solution. The purpose of the investigation is to research kinetic parameters of the process of methane oxidative ammonolysis, namely to determine the dependence of contact time and reaction rate on technological parameters of the process. It is known that the content of platinized metals in the catalyst, as well as the number of nets in the package and its surface development, have the greatest influence on the process of methane oxidative ammonolysis. It is established that with the reduced content of the one of reagents in the initial gas mixture, namely NH_3 , after cyanide hydrogen synthesis reactor, a considerable amount of unreacted components of the mixture is present in contact gas. The time of the contact for platinum nets for different developed surfaces at different pressures and constant temperature of 1193 K is calculated. The number of nets in the platinum catalyst package have the greatest influence on contact time. It is proved that with increasing a linear velocity of the gas stream, the cyanide hydrogen output is increased. Based on the experimental data, the rate of the reaction of HCN formation and the flow of the diffusion process in the first order are determined. At a volumetric ammonia concentration 10,75 % vol., the rate of the reaction of cyanide hydrogen formation is 0,75 s.

Keywords: *hydrogen cyanide, hydrocyanic acid, catalyst, time of the contact, rate of reaction, platinum.*

Стаття надійшла 07.12.2019

Прийнято 28.12.2019