

UDC 01.1

Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Achievements of Science and Applied Research» (April 7-9, 2025. Dublin, Ireland). European Open Science Space, 2025. 165 p.

ISBN 979-8-89704-961-5 (series)

DOI 10.70286/EOSS-07.04.2025



The conference is included in the Academic Research Index ReserchBib International catalog of scientific conferences.



The conference is registered in the database of scientific and technical events of UkrISTEI to be held on the territory of Ukraine (Certificate №37 dated 6.01.2025).



The materials of the conference are publicly available under the terms of the CC BY-NC 4.0 International license.

The materials of the collection are presented in the author's edition and printed in the original language. The authors of the published materials bear full responsibility for the authenticity of the given facts, proper names, geographical names, quotations, economic and statistical data, industry terminology, and other information.

ISBN 979-8-89704-961-5 (series)

Section: Chemistry

ГРАФІЧНЕ БАЛАНСУВАННЯ РЕАКЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕКТОРНОГО ПІДХОДУ

Козуб Павло Анатолійович

к. техн. н., доцент

Кафедра медіасистем та технологій

Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

Козуб Світлана Миколаївна

к. техн. н., доцент

Кафедра медичної та біоорганічної хімії

Харківський національний медичний університет, Україна

Особливістю векторного підходу для балансування хімічних реакцій є не тільки простота та ефективність математичних розрахунків, а можливість аналізу та балансування хімічних реакцій без використання математичних методів.

Цей підхід базується на відповідності принципам збереження хімічних систем та суми векторів. При такому підході кожен реагент є вектором із значеннями координат які відповідають кількості атомів.

Загальна кількість атомів кожного типу у реакційній суміші відповідає сумі значень по кожній координаті для всіх векторів, а кількість векторів кожного типу відповідає кількості молекул, які знаходяться у реакційній суміші.

Виходячи з цього графічно будь-яка реакція є два набори векторів, сума яких є тотожними. Векторний підхід дозволяє швидко балансувати реакції навіть без використання математичних методів. А також приводить до багатьох важливих наслідків.

Реакція з двох елементів де рішення існує

Схема реакції: $C + O_2 \Rightarrow CO$

Реактанти: C, O_2

Продукти: CO

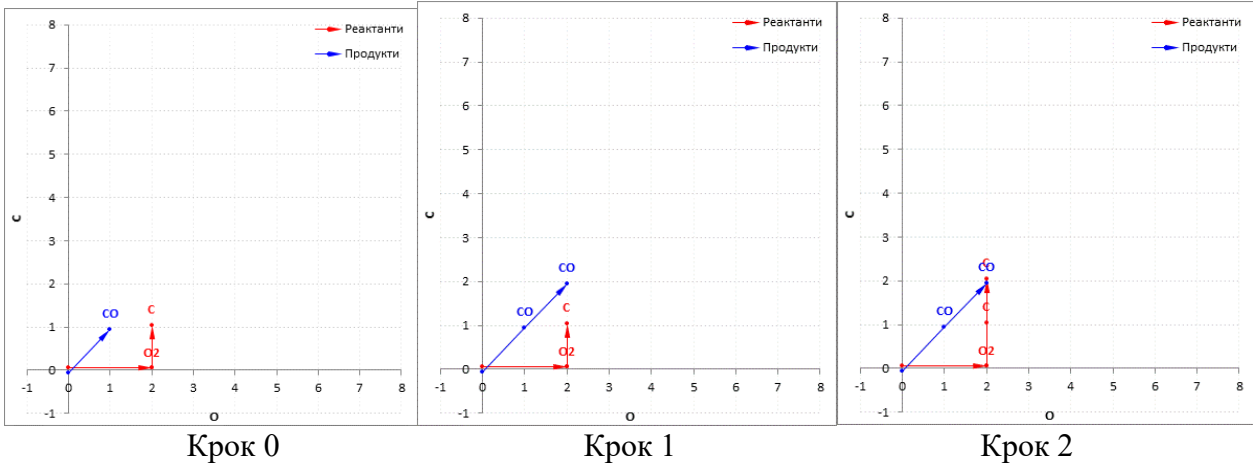
У векторному вигляді, $R(n_C, n_O)$: $R_C = R(1, 0)$, $R_{O_2} = R(0, 2)$, $P_{CO} = P(1, 1)$

Послідовність рішень:

Крок 0. Формуємо суміш реагентів (червона) $R_C + R_{O_2}$ та продуктів (синя) P_{CO} .

Крок 1 – Бачимо, що не вистачає O в продуктах, збільшуємо кількість CO .

Крок 2 – не вистачає C у реагентах, збільшуємо C



Крок 0

Крок 1

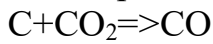
Крок 2

Крок 3 – Бачимо, що шляхи перетнулись, підсумовуємо кількості векторів $2R_C, 1R_{O_2}, 2R_{CO}$

Крок 4 - Хімічне рівняння: $2C + O_2 = 2CO$

Реакція з двох елементів де рішення існує

Схема реакції



Реактанти: C, CO₂

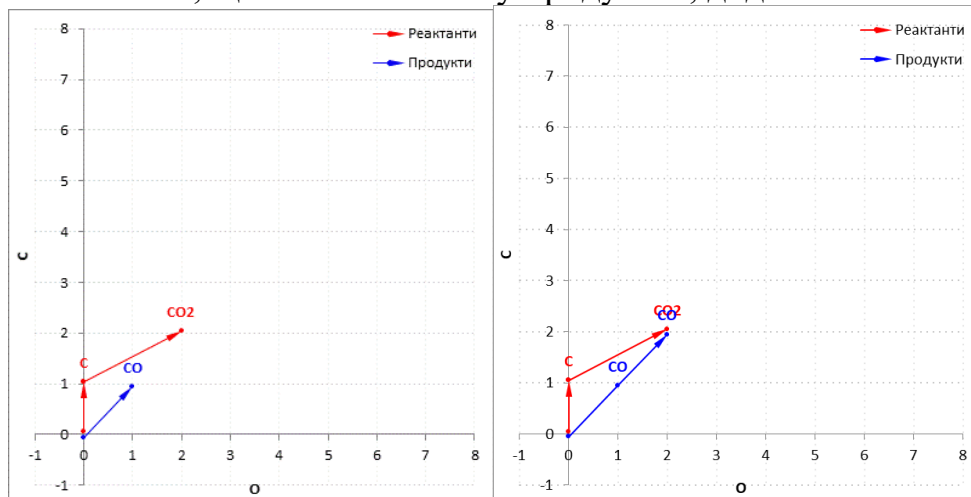
Продукти: CO

У векторному вигляді, $R(n_C, n_{O_2})$: $R_C = R(1,0)$, $R_{CO_2} = R(1,2)$, $P_{CO} = R(1,1)$

Крок 0. Формуємо суміш реактантів (червона) $R_C + R_{CO_2}$ та продуктів (синя)

P_{CO} .

Крок 1 – Бачимо, що не вистачає C у продуктах, додаємо CO



Крок 0

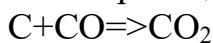
Крок 1

Крок 3 – Бачимо, що шляхи перетнулись, підсумовуємо кількості векторів $1R_C, 1R_{CO_2}, 2R_{CO}$

Крок 2 - Хімічне рівняння: $C + CO_2 = 2CO$

Реакція з двох елементів де рішення не існує

Схема реакції



Реактанти: C, CO

Продукти: CO_2

У векторному вигляді, $R(n_C, n_O)$: $R_C=R(1,0)$, $R_{CO}=R(1,1)$, $P_{CO_2}=R(1,2)$

Крок 0. Формуємо суміш реактантів (червона) $R_C + R_{CO}$ та продуктів (синя)

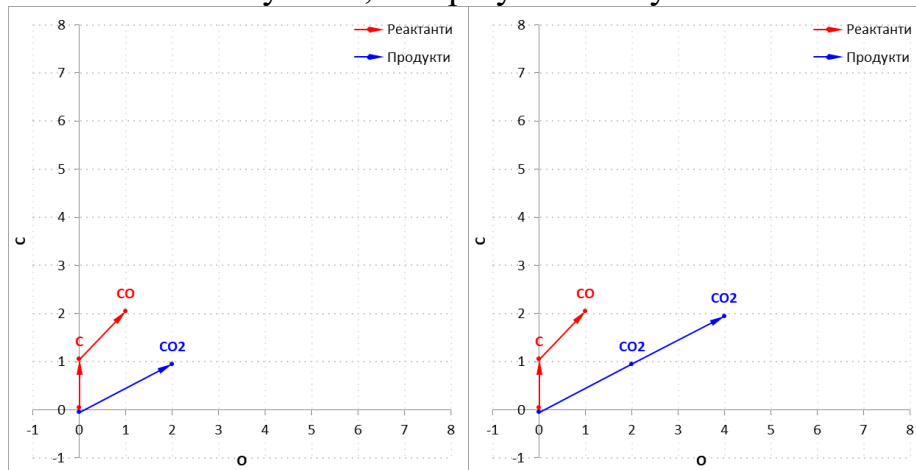
P_{CO_2} .

Крок 1 – Бачимо, що не вистачає С у продуктах, додаємо CO_2

Крок 2 – Бачимо, що не вистачає О у реактантах, додаємо CO

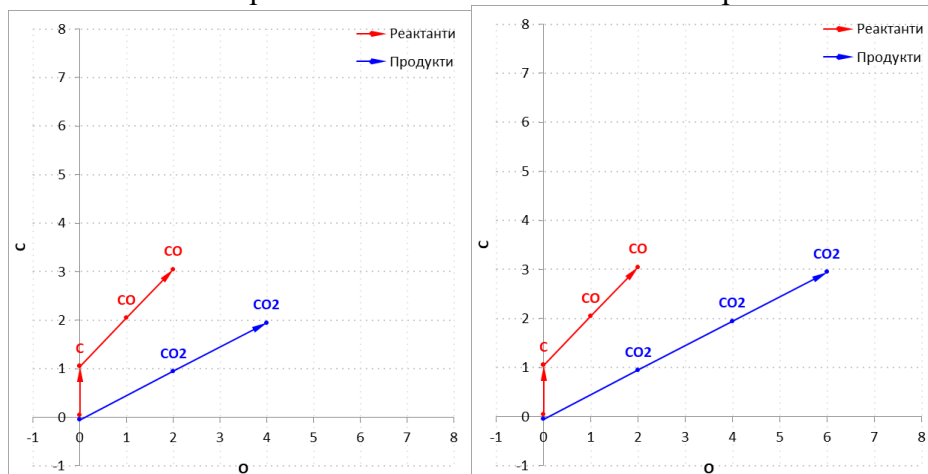
Крок 3 – Бачимо, що не вистачає С у продуктах, додаємо CO_2

Крок 4 – Робимо висновок, що при додаванні будь-якого вектору відстань між кінцями шляхів збільшується, завершуємо пошук.



Крок 0

Крок 1



Крок 2

Крок 3

Крок 5 - Рішення неможливо $C+CO \neq CO_2$

Сумарна реакція з двома елементами.

Схема реакції



Реактанти: $\text{O}_2, \text{C}, \text{CO}$

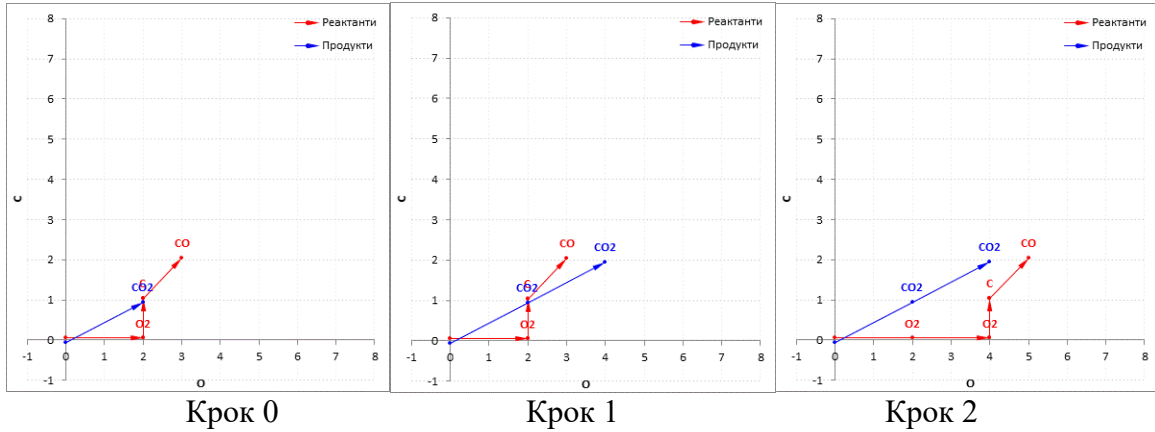
Продукти: CO_2

У векторному вигляді, $R(n_C, n_O)$: $R_{O_2}=R(0,2)$, $R_C=R(1,0)$, $R_{CO}=R(1,1)$, $P_{CO_2}=R(1,2)$

Крок 0. Формуємо суміш реактантів (червона) $R_C + R_{CO}$ та продуктів (синя) P_{CO_2} .

Крок 1 – Бачимо, що не вистачає С у продуктах, додаємо CO_2

Крок 2 – не вистачає О у реактантах, додаємо O_2

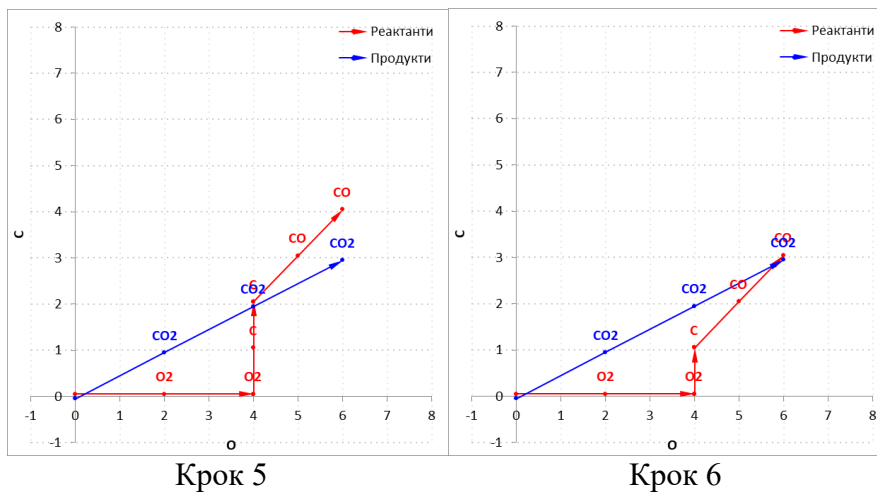
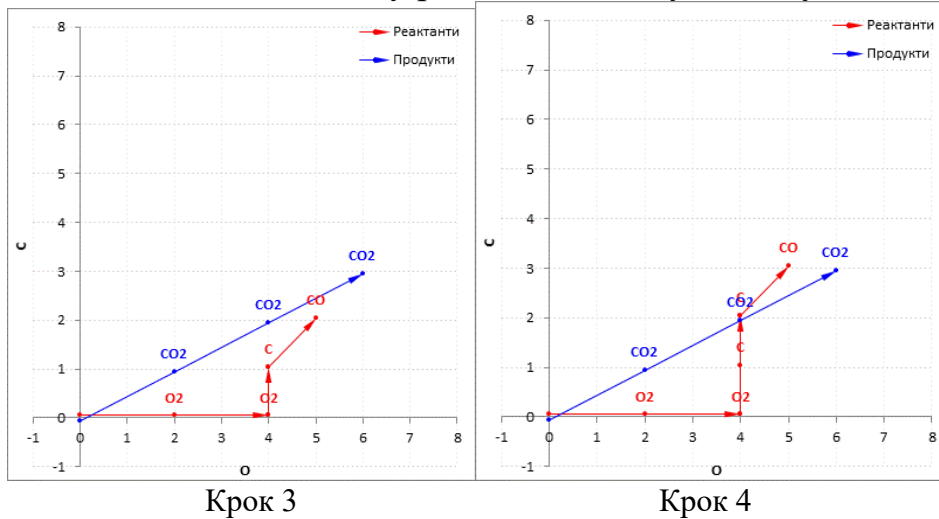


Крок 3 – Бачимо, що не вистачає О у продуктах, додаємо CO_2

Крок 4 – Бачимо, що не вистачає С у реактантах, додаємо С

Крок 5 – Бачимо, що не вистачає О у реактантах, додаємо CO

Крок 6 – Бачимо надлишок С у реактантах, тому зменшуємо С



Крок 7 – Помічаємо, що шляхи перетнулись, підсумовуємо кількості векторів: $2R_{O_2}$, R_C , $2R_{CO}$, $3R_{CO_2}$

Крок 8 - Хімічне рівняння: $2O_2 + C + 2CO = 3CO_2$

Загальна методика графічного балансування (для двох реагентів)

• Крок 0. Створення векторів реагентів

- Елементи які приймають участь у реакції: C, O
- Реагенти які є у реакційній суміші: C, O₂, CO, CO₂
- Реагенти у векторній формі, R(n_C, n_O):
 - Реактанти - R_C(1,0), R_{O₂}(0,2), R_{CO}(1,1), R_{O₂}(1,2)
 - Продукти - P_C(1,0), P_{O₂}(0,2), P_{CO}(1,1), P_{O₂}(1,2)
- Координати для представлення:
 - C (абсциса), O (ордината)
 - O (абсциса), C (ордината)

Крок 1. Визначення векторів – реактантів та векторів – продуктів

○ Приймаємо що суміш як продуктів так і реактантів можуть мати будь який із реагентів, АЛЕ:

- Реагент не може бути одночасно і реактантом і продуктом
- Загальний шлях може складатись з менших шляхів
- Для спрощення приймаємо що продукти є більш складними (містять більше атомів і тому мають більшу довжину вектора)
 - Реактанти та продукти повинні мати однаковий набір елементів

Крок 2. Формуємо можливі комбінації векторів (кількість векторів з однієї сторони повинно бути хоча б на один менше загальної кількості, а кількість їх у комбінації може бути більше 1)

▪ Для одного реагенту

- C
- O₂
- CO
- CO₂

▪ З двох реагентів

- C, O₂
- C, CO
- C, CO₂
- O₂, CO
- O₂, CO₂
- CO, CO₂

▪ З трьох реагентів

- C, O₂, CO
- C, O₂, CO₂
- C, CO, CO₂
- O₂, CO, CO₂

Крок 3. Формуємо можливі схеми перетворень для цього вважаємо кожну з комбінацій реагентами, і підбираємо до неї іншу комбінацію, що не містить реагентів з першої комбінації та аналізуємо їх на стехіометричні обмеження.

- Для одного реагенту:
 - $C \neq O_2, CO, CO_2$ – не співпадають елементи
 - $O_2 \neq C, CO, CO_2$ – не співпадають елементи
 - $CO \Rightarrow C, O_2, CO_2$
 - $CO \Rightarrow C, O_2$
 - $CO \Rightarrow C, CO_2$
 - $CO \neq O_2, CO_2$ – не виконується співвідношення O/C
 - $CO \neq CO_2$ – не виконується співвідношення O/C
 - $CO_2 \Rightarrow C, O_2, CO$
 - $CO_2 \Rightarrow C, O_2$
 - $CO_2 \Rightarrow C, CO$
 - $CO_2 \Rightarrow O_2, CO$
 - $CO_2 \neq CO$ – не виконується співвідношення O/C
- Для двох реагентів:
 - $C, O_2 \Rightarrow CO, CO_2$
 - $C, O_2 \Rightarrow CO$
 - $C, O_2 \Rightarrow CO_2$
 - $C, CO \neq O_2, CO_2$ – не виконується співвідношення O/C
 - $C, CO \Rightarrow CO_2$
 - $C, CO \neq O_2$ – не вистачає C справа
 - $C, CO_2 \neq O_2, CO$ – не виконується співвідношення O/C
 - $C, CO_2 \Rightarrow CO$
 - $C, CO_2 \neq O_2$ – не вистачає C справа
 - $O_2, CO \neq C, CO_2$ – не виконується співвідношення O/C
 - $O_2, CO \neq C$ – не вистачає O справа
 - $O_2, CO = CO_2$
 - $O_2, CO_2 \neq C, CO$ – не виконується співвідношення O/C
 - $CO, CO_2 = C, O_2$
- Для трьох реагентів:
 - $C, O_2, CO \Rightarrow CO_2$
 - $C, O_2, CO_2 \Rightarrow CO$
 - $C, CO, CO_2 \neq O_2$ – не вистачає C справа
 - $O_2, CO, CO_2 \neq C$ – не вистачає O справа

Крок 4. Залишаємо лише теоретично можливі комбінації реагентів

- Для одного реагенту:
 - $CO \Rightarrow C, O_2, CO_2$
 - $CO \Rightarrow C, O_2$
 - $CO \Rightarrow C, CO_2$
 - $CO_2 \Rightarrow C, O_2, CO$

- $\text{CO}_2 \Rightarrow \text{C}, \text{O}_2$
- $\text{CO}_2 \Rightarrow \text{C}, \text{CO}$
- $\text{CO}_2 \Rightarrow \text{O}_2, \text{CO}$
- Для двох реактантів:
 - $\text{C}, \text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}, \text{CO}_2$
 - $\text{C}, \text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}$
 - $\text{C}, \text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2$
 - $\text{C}, \text{CO} \Rightarrow \text{CO}_2$
 - $\text{C}, \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CO}$
 - $\text{O}_2, \text{CO} = \text{CO}_2$
 - $\text{CO}, \text{CO}_2 = \text{C}, \text{O}_2$
- Для трьох реактантів:
 - $\text{C}, \text{O}_2, \text{CO} \Rightarrow \text{CO}_2$
 - $\text{C}, \text{O}_2, \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CO}$

Крок 5. Визначаємо прямі та зворотні комбінації – прямою вважаємо комбінацію де кількість реактантів більше, та розмір вектору продукту більший (реакція утворення):

- $\text{CO} \Rightarrow \text{C}, \text{O}_2, \text{CO}_2$
- $\text{C}, \text{O}_2, \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CO}$

- $\text{CO} \Rightarrow \text{C}, \text{O}_2$
- $\text{C}, \text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}$

- $\text{CO} \Rightarrow \text{C}, \text{CO}_2$
- $\text{C}, \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CO}$

- $\text{CO}_2 \Rightarrow \text{C}, \text{O}_2, \text{CO}$
- $\text{C}, \text{O}_2, \text{CO} \Rightarrow \text{CO}_2$

- $\text{CO}_2 \Rightarrow \text{C}, \text{O}_2$
- $\text{C}, \text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}_2$

- $\text{CO}_2 \Rightarrow \text{O}_2, \text{CO}$
- $\text{O}_2, \text{CO} = \text{CO}_2$

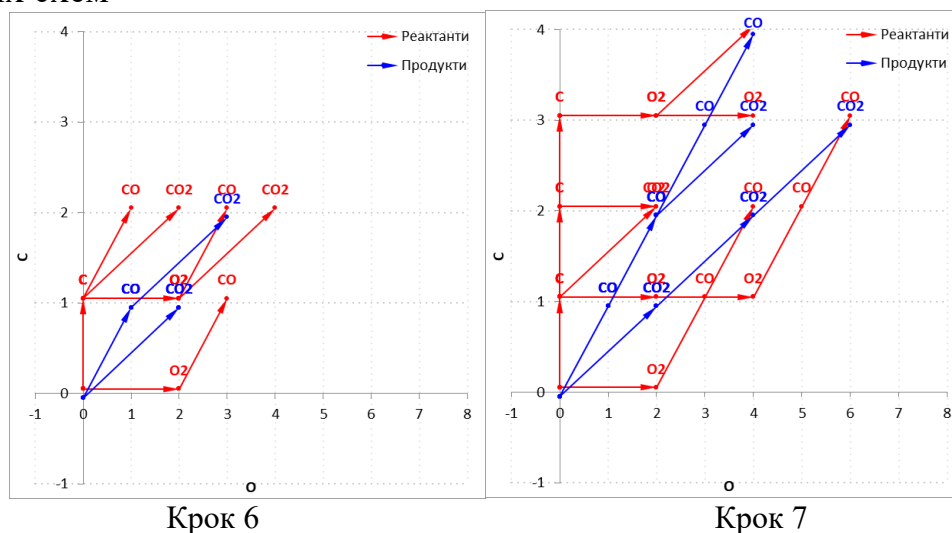
- $\text{C}, \text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}, \text{CO}_2$
- $\text{CO}, \text{CO}_2 = \text{C}, \text{O}_2$

Крок 6. Залишаємо лише прямі реакції

- $\text{C}, \text{O}_2, \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CO}$
- $\text{C}, \text{O}_2 \Rightarrow \text{CO}$

- $C, CO_2 \Rightarrow CO$
- $C, O_2, CO \Rightarrow CO_2$
- $C, O_2 \Rightarrow CO_2$
- $O_2, CO \Rightarrow CO_2$
- $C, O_2 \Rightarrow CO, CO_2$

Крок 7. Змінюємо кількість векторів до співпадіння шляхів для кожної із реакційних схем



- Крок 8. Підраховуємо кількості векторів кожного типу
- Крок 9. Записуємо рішення у вигляді традиційного хімічного рівняння
 - $3C + O_2 + CO_2 = 4CO$
 - $2C + O_2 = 2CO$
 - $C + CO_2 = 2CO$
 - $C + 2O_2 + 2CO = 3CO_2$
 - $C + O_2 = CO_2$
 - $O_2 + 2CO = 2CO_2$
 - $3C + 2O_2 = CO + CO_2$

Таким чином, як видно з наведених прикладів, графічне балансування є достатньо простим і може бути дуже поширено на будь-яку кількість реагентів та елементів. Більше того, воно наглядно демонструє множинність можливих шляхів отримання одного і того ж продукту, що не дозволяють математичні методи.

Список використаних джерел

1. M. M. Shaikh, M. Yousaf On mathematical methods to balance equations of chemical reactions – a comparison and way forward // Journal of mechanics of continua and mathematical sciences. Vol.-18, No.-01, January (2023) pp 1-20 <https://doi.org/10.26782/jmcms.2023.01.00001>
2. J. Aleksejeva, S. Guseynov To the issue of finding the stoichiometric coefficients in the chemical reactions // Integration. education Proceedings of the International

Scientific Conference. Volume II, May 28th-29th, 2021. pp. 19-48 // <https://doi.org/10.17770/sie2021vol2.6457>

3. Козуб П. А., Мірошніченко Н. М., Лук'янова В. А., Козуб С. М., Мігунов В. Л. Використання векторного підходу для балансування хімічних рівнянь // Modern directions of scientific research development. Proceedings of the 15th International scientific and practical conference. VoScience Publisher. Chicago, USA. 2022. Pp. 65-73.

4. Козуб П. А., Мірошніченко Н. М., Лук'янова В. А., Козуб С. М., Гуріна Г. І. Використання векторного підходу для задач хімічної стехіометрії // Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects. Proceedings of the 15th International scientific and practical conference. MDPC Publishing. Berlin, Germany. 2022. Pp. 80-87.

5. Козуб П. А., Мірошніченко Н. М., Лук'янова В. А., Козуб С. М., Мартинюк М. М. Математичні аспекти використання векторного підходу для балансування хімічних реакцій. // Modern science: innovations and prospects. Proceedings of the 12th International scientific and practical conference. SSPG Publish. Stockholm, Sweden. 2022. Pp. 65-74.