|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Міністерство освіти і науки України  Департамент освіти і науки облдержадмінстрації  Комунальний позашкільний навчальний заклад  «Мала академія наук учнівської молоді» Дніпропетровської обласної ради» | | |
| Конкурс науково-дослідницьких та творчих робіт для учнівської молоді  «На крилах єдності»  Номінація: «Екологія та охорона навколишнього середовища» | | |
| **ВИКИДИ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В ПРОЦЕСІ**  **ВИПЛАВКИ СТАЛІ** | | |
|  |  | Роботу виконав:  Любін Андрій Павлович  учень 10˗А класу  комунального закладу освіти  «Дніпропетровський обласний  ліцей˗інтернат  фізико˗математичного профілю» |
|  |  | Науковий керівник:  Любін Павло Петрович  начальник відділу інжинірингу  та будівництва  ТОВ «МЕТІНВЕСТ ІНЖИНІРИНГ» |

**Дніпро - 2024**

**ЗМІСТ**

[ВСТУП 3](#_Toc163997616)

[РОЗДІЛ I 5](#_Toc163997617)

[ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА 5](#_Toc163997618)

[1.1. Глобальне потепління та наслідки 5](#_Toc163997619)

[1.2. Причини та фактори посилення парникового ефекту 6](#_Toc163997620)

[РОЗДІЛ II 8](#_Toc163997621)

[ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА 8](#_Toc163997622)

[2.1. Утворення вуглекислого газу при традиційному способі виплавки сталі 8](#_Toc163997623)

[2.2. Утворення вуглекислого газу при альтернативному способі виплавки сталі 9](#_Toc163997624)

[2.3. Аналіз викидів вуглекислого газу при різних способах виплавки сталі 11](#_Toc163997625)

[2.4. Аналіз та порівняння викидів вуглекислого газу при виплавкі сталі в межах Німеччини. 12](#_Toc163997626)

[2.5. Аналіз та порівняння викидів вуглекислого газу при виплавкі сталі в межах України. 15](#_Toc163997627)

[2.6. Аналіз перспективи зменшення викидів СО2 відносно усіх загальних викидів згенерованих людством 17](#_Toc163997628)

[ВИСНОВКИ 19](#_Toc163997629)

[СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 20](#_Toc163997630)

ВСТУП

Проблема глобального потепління та його негативних наслідків для людства давно відома у світі. Науковці дослідили причини виникнення глобального потепління, та наразі відома фізична природа парникового ефекту, який суттєво впливає на нього. Різні сфери діяльності людства генерують парникові гази, які є причиною посилення парникового ефекту. До цих сфер відносяться енергетика, транспорт, хімічне та металургійне виробництво, тощо. Також було досліджено, що найбільш впливовим на посилення парникового ефекту є вуглекислий газ СО2, що генерується, в більшій ступені, при використання викопних видів палива у технологічних процесах різноманітних видів промисловості, при яких головним чином виконується спалювання горючих копалин таких як природний газ та вугілля.

Міжнародні організації такі як «Європейський центр середньострокових прогнозів погоди» та «Міжурядова група експертів зі зміни клімату» відслідковують зміни клімату та природні явища, які відбуваються на нашій планеті в наслідок глобального потепління, а також відслідковують діяльність людства стосовно генерації парникових газів у різних сферах діяльності людства, прогнозують наслідки та розробляють різноманітні програми щодо зменшення викидів СО2  та пом’якшення впливу глобального потепління.

За здійсненними дослідженнями «Всесвітньої асоціації сталі» людство має уявлення щодо загальної кількості світового виробництва сталі, а також утворені викиди вуглекислого газу на одну тонну виплавленої сталі при використанні різноманітних технологій. При різних технологіях виплавки сталі генерується різна кількість викидів вуглекислого газу, які мають негативний вплив на довкілля.

Метою даної роботи є наступне:

Розглянути негативні чинники впливу парникового ефекту і визначити шляхи зменшення викидів СО2 в процесі виробництва сталі.

Завдання дослідження:

1. Визначити вплив парникового ефекту на зміну клімату та виявити які природні явища відбувалися в останній період в наслідок глобального потепління за допомогою матеріалів та досліджень міжнародних організацій таких як «Європейський центр середньострокових прогнозів погоди» та «Міжурядова група експертів зі зміни клімату».
2. Розглянути технології виплавки сталі які використовуються на теперішній час та оцінити кількісну складову викидів вуглекислого газу по традиційній та альтернативній технології виробництва сталі.
3. Виконати порівняння кількості викидів вуглекислого газу, яка генеруються при виплавкі сталі за допомогою традиційної і альтернативної технології та при виплавкі сталі за допомогою тільки альтернативної технології. Визначити різницю у відсотках.
4. Визначити кількісні показники викидів вуглекислого газу, яка генеруються при виплавкі сталі для Німеччини і України, та оцінити перспективи зменшення викидів СО2 при виплавкі сталі за допомогою тільки альтернативної технології.
5. Оцінити перспективи зменшення викидів СО2 відносно усіх загальних викидів згенерованих людством при переході світових виробників сталі на схему виплавки сталі за допомогою тільки альтернативної технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч».

Результати розрахунків та оцінка визначених цілей дозволить зрозуміти перспективність пом’якшення впливу парникового ефекту на глобальне потепління при використанні альтернативної технологій виплавки сталі у майбутньому, а також напрямок розвитку та її вдосконалення. Також результати розрахунків можливо буде використовувати у подальшому аналізі по мірі розвитку технологій виплавки сталі.

Результати роботи можуть бути корисними всім, хто працює в галузі виробництва сталі.

РОЗДІЛ I

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

* 1. Глобальне потепління та наслідки

Глобальне потепління – це явище підвищення середньої [температури](https://www.britannica.com/science/temperature) [повітря](https://www.britannica.com/science/air) біля поверхні [Землі](https://www.britannica.com/place/Earth) [7]. Науковці тісно пов'язують глобальне потепління з парниковим ефектом, який впливає на зміну клімату.

Парниковий ефект – це явище в [атмосфері Землі](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0_%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D1%96), при якому енергія сонячних променів, відбиваючись від поверхні, не може повернутися у [космос](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%D1%80), оскільки затримується молекулами різних [газів](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B0%D0%B7), що призводить до підвищення температури поверхні. Тобто, завдяки цим газам, частина теплового випромінювання з поверхні Землі повертається назад. У такому випадку поверхня планети має нагрітися більше, щоб компенсувати затримане атмосферою [теплове випромінювання](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5_%D0%B2%D0%B8%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F). Чим більше в атмосфері «парникових молекул», тим вище піднімається температура. [3]

Згідно з «Резюме європейського кліматичного стану» від 2022 року міжнародної організації «Європейський центр середньострокових прогнозів погоди», у всьому світі останні вісім років були найтеплішим за всю історію спостережень, а 2022 рік став п’ятим найтеплішим роком за всю історію спостережень. Кілька регіонів на земній кулі спостерігали рекордні температури.Високі температури та посуха сприяли поширенню та посиленню великих пожеж, таким чином була зафіксована друга за площею вигоріла ділянка за рік у цілому в країнах ЄС за весь час спостереження.

У 2022 році в обох полярних регіонах також спостерігалися надзвичайно теплі умови. Пізніше в цьому році відбулося рекордне танення крижаного щита Гренландії, принаймні 23% його площі постраждало під час однієї з трьох хвиль спеки у вересні.

Доступні дані за перші шість місяців року показують постійне зростання глобального середнього рівня моря, досягнувши нового рекорду. [5]

Тобто, ці процеси показують що відбувається поступова зміна клімату, яка в свою чергу значною мірою впливатиме на [життя](https://ecoaction.org.ua/climate-change-and-gbv.html), [здоров’я](https://ecoaction.org.ua/zmina-klimatu-vplyvaie-na-zdorovia.html) та [добробут](https://ecoaction.org.ua/zhoriv-saraj-hory-i-derzhbiudzhet.html) людей у всьому світі.

* 1. Причини та фактори посилення парникового ефекту

Основною причиною наявності парникового ефекту є парникові гази. До основних парникових газів в атмосфері Землі відносяться пари [води](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0) (H2O), вуглекислий газ (CO2), [закис азоту](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D1%83_(I)) (N2O), метан (CH4), озон (O3), [гексафторид сірки](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B4_%D1%81%D1%96%D1%80%D0%BA%D0%B8) (SF6), гідрофторвуглецеві сполуки і перфторвуглецеві сполуки. Найбільшу роль у парниковому ефекті на Землі відіграє водяна пара, вміст якої в атмосфері становить близько 1 % за об'ємом [6]. На рис. 1.1 зображена схема утворення парникового ефекту.

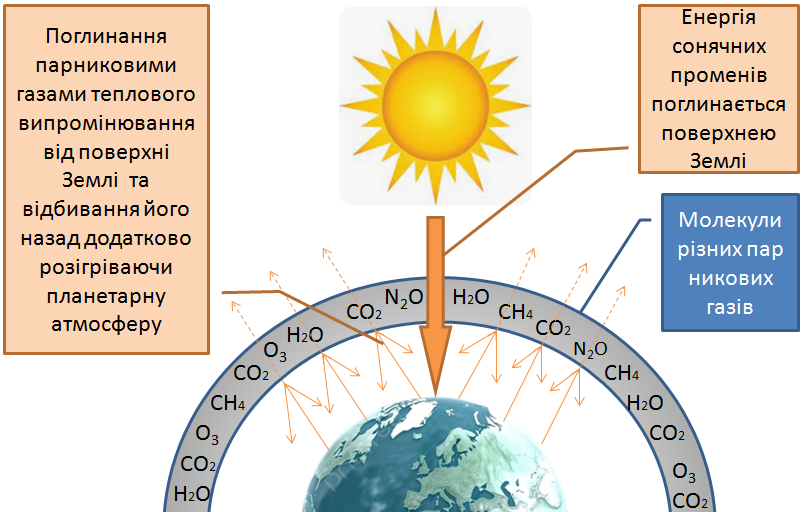


Рис. 1.1 Схема утворення парникового ефекту.

Посилення парникового ефекту в першу чергу пов'язано зі зростанням вмісту в атмосфері техногенного [діоксиду вуглецю](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%BE%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%B2%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D1%86%D1%8E) (CO2) за рахунок спалювання викопних видів органічного палива підприємствами енергетики, металургійними заводами, автомобільними двигунами, тощо. Основною причиною цього стала залежність світової економіки від викопних видів палива (газ, нафта, вугілля) [3].

Згідно технічного резюме загального звіту «Зміна клімату 2022. Пом'якшення наслідків зміни клімату» організації «Міжурядової групи експертів зі зміни клімату» видно, що протягом останніх десятиліть викиди парникових газів постійно зростають, а також найбільший внесок у зміну клімату вносить вуглекислий газ (СО2), наступним газом за впливом є природний газ метан (CH4), далі йде [закис азоту](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D1%83_(I)) (N2O) а потім фторовані гази. На діаграмі рис. 1.2 ми можемо побачити зростання рівня викиду парникових газів за останні десятиліття (діаграма збудована на основі даних технічного резюме). [6]

Рис. 1.2 Діаграма зростання рівня викиду парникових газів

Якщо розглянути сумарну складову парникових газів, то можна побачити, що загальний рівень викидів парникових газів зріс з 38 до 59 Гт впродовж трьох останніх десятиліть, що складає приріст 55 %.

На діаграмі рис. 1.3 ми бачимо, що вуглекислий газ (СО2) займає 76% від загального обсягу парникових газів та є найбільшою їх складовою, що підтверджує його найбільший вплив на посилення парникового ефекту (діаграма збудована на основі даних технічного резюме). [6]

Рис. 1.3 Діаграма процентної складової типів газу у загальному

обсязі парникового шару станом на 2019 рік

Згідно бази даних викидів для глобальних атмосферних досліджень (EDGAR), за викидами вуглекислого газу, які утворилися в результаті використання викопних копалин, Німеччина посіла 7 місце в світі станом на 2021 р, при цьому загалом було згенеровано та викинуто в атмосферу 665,9 млн. тон СО2. Натомість Україна посіла 31 місце, та викиди СО2 склали 185,5млн. тон СО2. [4].

РОЗДІЛ II

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

* 1. Утворення вуглекислого газу при традиційному способі виплавки сталі

Технологічна схема виплавки сталі з використанням процесу виплавки чавуна у доменній печі з подальшою виплавкою сталі у кисневому конвертері є найпоширенішою у світі. При хімічних процесах, що протікають у доменній печі та конвертері відбувається значне утворення вуглекислого газу (СО2) при виплавкі сталі. Дана схема представлена на рис. 2.1 нище.

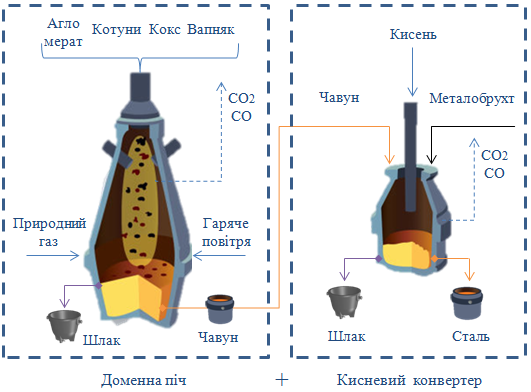


Рис. 2.1 Схема виплавки сталі «Доменна піч + Кисневий конвертер»

За даними «Всесвітньої асоціації сталі», використовуючи представлену схему, загалом, світові виробники виплавили 1,381 мільярдів тонн сталі, що складає 70,8% від усієї виплавленої сталі у 2021 році, яка складає 1,951 мільярдів тонн. Інтенсивність викидів CO2, за розглянутою технологією «Доменна піч + Кисневий конвертер», складає 2,33 тонни на одну тонну виготовленої сталі. [8], [9]

Таким чином, якщо порахувати загальні річні викиди вуглекислого газу розглянутої технології, то будемо мати наступне:

V1 = Q1 × c1 = 1,381 Гт × 2,33 т = 3,218 Гт (2.1)

де V1, Гт – загальні річні викиди вуглекислого газу;

Q1=1,381 Гт – кількість виплавленої сталі за 2021 рік всіма світовими виробниками сталі;

c1=2,33 т – викиди CO2, які утворюються при виготовленні однієї тонни сталі.

При розгляді діаграми зростання рівня викиду парникових газів (рис. 1.2), ми бачимо, що у 2019 році загалом від усіх сфер діяльності людства було викинуто до атмосфери 44.84 Гт вуглекислого газу [6]. Тобто, річні викиди вуглекислого газу  (CO2), що дорівнюють 3,218 Гт від виробництва сталі за розглянутою технологією «Доменна піч + Кисневий конвертер» складають 7,18% від усіх викидів вуглекислого газу.

Із розрахунків приведених вище видно, що найпоширеніша в світі технологія виробництва сталі генерує достатньо суттєвий викид вуглекислого газу (СО2), який посилює парниковий ефект и як слідство негативний вплив на навколишнє середовище, обумовлене глобальним потеплінням.

* 1. Утворення вуглекислого газу при альтернативному способі виплавки сталі

Альтернативною технологією виробництва сталі відносно найпоширенішої, розглянутої у попередньому розділі, є виплавка за допомогою дугових сталеплавильних печей, робота яких заснована на перетворенні електричної енергії на теплову.

Металевий брухт є основною сировиною для дугової сталеплавильної печі. Але кількість металобрухту в світі є обмеженою та не здатна забезпечити необхідний світовий рівень виробництва сталі за допомогою технології з використанням дугової сталеплавильної печі, не зважаючи на те, що викиди вуглекислого газу (СО2) на одну тонну виробленої сталі складають лише 0,66 тонн в порівнянні з 2,33 тонн для виготовлення сталі за технологією «Доменна піч + Кисневий конвертер» (згідно з даними висвітленими «Всесвітньою асоціацію сталі»). [9]

Альтернативною сировиною для виготовлення сталі за допомогою дугових сталеплавильних печей є залізо прямого відновлення.

Нижче на рис. 2.2 показана технологічна схема виплавки сталі з використанням процесу виробництва заліза прямого відновлення у вигляді котунів або брикетів та виплавкою його у дугових сталеплавильних печах для отримання сталі.

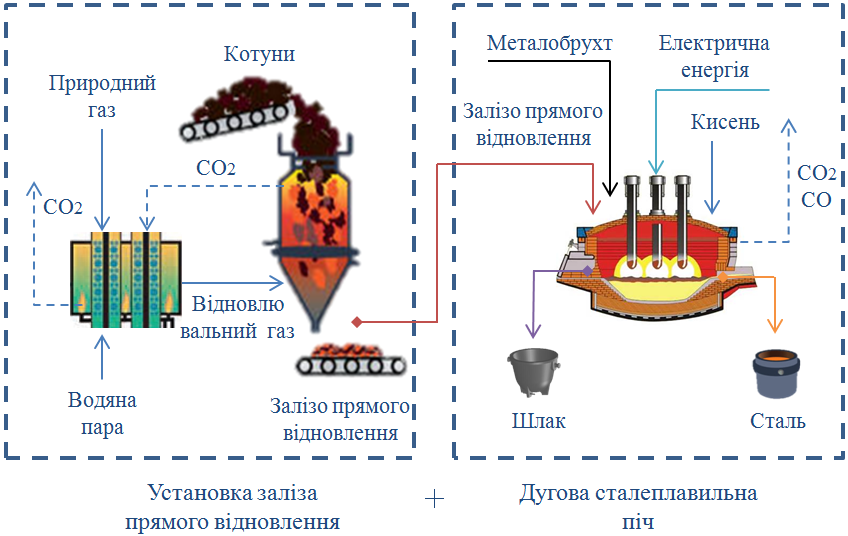


Рис. 2.2 Схема виплавки сталі «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч»

За даними «Всесвітньої асоціації сталі», використовуючи дугову сталеплавильну піч, загалом, світові виробники виплавили 0,564 мільярда тонн сталі, що складає 28,9% від усієї виплавленої сталі у 2021 році, яка складає 1,951 мільярдів тонн. Інтенсивність викидів CO2, за розглянутою технологією «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч», складає 1.39 тонн на одну тонну виготовленої сталі. [8], [9]

Таким чином, якщо порахувати загальні річні викиди вуглекислого газу розглянутої технології, то будемо мати наступну формулу:

V2 = Q2 × c2 = 0,564 Гт × 1,39 т = 0,784 Гт (2.2)

де V2, Гт – загальні річні викиди вуглекислого газу;

Q2=0,564 Гт – кількість виплавленої сталі за 2021 рік всіма світовими виробниками сталі;

c2=1,39 т – викиди CO2, які утворюються при виготовленні однієї тони сталі.

При розгляді діаграми зростання рівня викиду парникових газів (рис. 1.2), ми бачимо, що у 2019 році загалом від усіх сфер діяльності людства було викинуто до атмосфери 44.84 Гт вуглекислого газу [6]. Тобто, річні викиди вуглекислого газу, що дорівнюють 0,784 Гт від виробництва сталі за розглянутою технологією «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» складають 1,75% від усіх викидів вуглекислого газу.

Із розрахунків, приведених вище, видно, що розглянута технологія виробництва сталі генерує менший викид вуглекислого газу (СО2), хоча у розрахунку видно також, що кількість виробленої сталі за розглянутою технологією теж менша ніж за технологією «Доменна піч + Кисневий конвертер».

* 1. Аналіз викидів вуглекислого газу при різних способах виплавки сталі

Зараз у світі використовується обидві розглянуті технології виплавки сталі, але відсоток виробництва різний, як було зазначено раніше, згідно даних приведених «Всесвітньою асоціацією сталі», а саме 70,8% сталі було вироблено за допомогою традиційної технології та 28,9% за допомогою альтернативної [8].

Порівняємо кількість викидів вуглекислого газу, які генеруються сумарно при виплавкі сталі за допомогою традиційної і альтернативної технології та при виплавкі сталі за допомогою тільки альтернативної технології. Для цього припустимо, що потреба світового виробництво сталі на рік буде на рівні виробництва за 2021 рік (як зазначає «Всесвітня асоціація сталі). Тоді з урахуванням цього кількість виплавленої сталі складатиме 1,951 мільярдів тонн на рік, а викиди вуглекислого газу за рік для традиційної та альтернативної технології вже пораховані у попередніх розділах.

2.3.1. Розрахуємо загальні річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі по традиційній та альтернативній технології, які використовуються на теперішній час за формулою:

V3 = V1 + V2 = 3,218 Гт + 0,784 Гт = 4,002 Гт

де V1=3,218 Гт – загальні річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі по традиційній технології «Доменна піч + Кисневий конвертер», розраховані по формулі 2.1;

V2=0,784 Гт – загальні річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі по альтернативній технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч», розраховані по формулі 2.2.

2.3.2. Розрахуємо загальні річні викиди вуглекислого газу при використанні у майбутньому тільки альтернативної технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» виплавки сталі за формулою:

V4 = Q4 × c4 = 1,951 Гт × 1,39 т = 2.712 Гт

де Q4=1,951 Гт – кількість виплавленої сталі всіма світовими виробниками сталі на рік (припущення);

с4=1,39 т – викиди CO2, які утворюються при виготовленні однієї тонни сталі по альтернативній технології виплавки сталі «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» (за інформацією «Всесвітньої асоціації сталі» [9]).

З наведених розрахунків видно, що загальні річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі за допомогою традиційної та альтернативної технології які використовуються на теперішній час складають 4,002 Гт в порівнянні з викидами вуглекислого газу з використанням тільки альтернативної технології, які складуть 2.712 Гт на рік. Тобто, викиди вуглекислого газу на 32,2% менші при застосуванні технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч», та ця технологія є такою, що знижує утворення вуглекислого газу.

* 1. Аналіз та порівняння викидів вуглекислого газу при виплавкі сталі в межах Німеччини.

Згідно даних приведених «Всесвітньою асоціацією сталі» підприємства Німеччині виробили 40,1 мільйона тонн сталі у 2021 році. [8]

Слід зауважити, що альтернативна технологія «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» наразі в Німеччині не застосовується. Використовується тільки традиційний спосіб виплавки сталі та виплавка сталі по схемі «Металобрухт + ДСП». З відкритих джерел ми знаємо, що в Німеччині за традиційною технологію було виготовлено 69.8% сталі, що складає 27.99 мільйона тонн сталі, а використовуючи схему «Металобрухт + ДСП» відповідно 30.2%, що складає 12.11 мільйона тонн сталі. [2], [8]

З нових даних та отриманих раніше ми можемо перейти до розрахунків викидів СО2 при виплавці сталі для обох технологій.

2.4.1. Розрахуємо річні викиди СО2 по технології «Доменна Піч + Кисневий конвертор»:

V5 = Q5 × с5 = 27.99 млн. т × 2,33 т = 65.22 млн. т (2.3)

де V5, млн. т – загальна кількість викидів СО2 по технології «Доменна піч + конвертер»;

Q5=27.99 млн. т – кількість виплавленої сталі за 2021 рік в Німеччині по технології «Доменна піч + конвертер»;

с5=2,33 т – викиди CO2, які утворюються при виготовленні однієї тонни сталі по технології «Доменна піч + кисневий конвертер» (згідно даним «Всесвітньої асоціації сталі» [9]).

2.4.2. Розрахуємо річні викиди СО2 по технології «Металобрухт +Дугова сталеплавильна піч»:

V6 = Q6 × c6 = 12.11 млн. т × 0,66 т = 7.99 млн. т (2.4)

де V6, млн. т – загальна кількість викидів СО2 по технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч»;

Q6=12.11 млн. т – кількість виплавленої сталі за 2021 рік в Німеччині по технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч»;

c6=0,66 т – викиди CO2, які утворюються при виготовленні однієї тонни сталі по технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч» (згідно даним «Всесвітньої асоціації сталі» [9]).

2.4.3. Розрахуємо загальні річні викиди СО2 для обох технологій, які застосовуються на даний момент в Німеччині, а саме для технології «Доменна піч + кисневий конвертер» та технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч»:

V7 = V5 + V6 = 65.22 млн. т + 7.99 млн. т = 73.21 млн. т (2.5)

де V5=65.22 млн. т – річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі по традиційній технології «Доменна піч + Кисневий конвертер», розраховані по формулі 2.3;

V6=7.99 млн. т – річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі по альтернативній технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч», розраховані по формулі 2.4.

З урахуванням попередніх розрахунків генеруємих викидів СО2, виконаних для світового виробництва сталі, а також зниження викидів вуглекислого газу на 32,2% при застосуванні технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч», припустимо, що виробництво сталі на рік в Німеччині буде на рівні 2021 року та складатиме 40,1 млн. тонн. Тоді зможемо порахувати викиди СО2 та порівняти їх зменшення при застосуванні тільки альтернативної технології сталі в Німеччині.

2.4.4. Розрахуємо загальні річні викиди вуглекислого газу при використанні у майбутньому в Німеччині тільки альтернативної технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» за формулою:

V8 = Q8 × с8 = 40,1 млн. т × 1,39 т = 55.74 млн. т (2.6)

де Q8=40,1 млн. т – кількість виплавленої сталі в Німеччині на рік (припущення);

с8=1,39 т – викиди CO2, які утворюються при виготовленні однієї тонни сталі по альтернативній технології виплавки сталі «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» (за інформацією «Всесвітньої асоціації сталі» [9]).

2.4.5. Розрахуємо зменшення річних викидів СО2, які утворювалися б при застосуванні тільки альтернативної технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» в Німеччині у майбутньому в порівнянні з технологіями, які використовуються на зараз, а саме «Доменна піч + кисневий конвертер» та «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч»:

V9 = V7 – V8 = 73.21 млн. т – 55.74 млн. т = 17,47 млн. т

де V7=73.21 млн. т – загальні річні викиди СО2 для обох технологій, які застосовуються на даний момент в Німеччині, а саме для технології «Доменна піч + кисневий конвертер» та технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч», розраховані по формулі 2.5;

V8=55.74 млн. т – загальні річні викиди вуглекислого газу при використанні у майбутньому в Німеччині тільки альтернативної технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч», розраховані по формулі 2.6.

З наведених розрахунків видно, що загальні річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі за допомогою тільки альтернативної технології зменшилися на 17,47 млн. тонн, що складає 23.86% в порівнянні з викидами вуглекислого газу, які генеруються на теперішній час в Німеччині. Тобто, застосуванні технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» перспективна у напрямку зниження викидів СО2 та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище як для Німеччини так і для світу.

* 1. Аналіз та порівняння викидів вуглекислого газу при виплавкі сталі в межах України.

Згідно даних приведених «Всесвітньою асоціацією сталі» підприємства України виробили 21,4 мільйона тонн сталі у 2021 році. [8]

Слід зауважити, що альтернативна технологія «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» наразі в Україні не застосовується. Використовується тільки традиційний спосіб виплавки сталі та виплавка сталі по схемі «Металобрухт + ДСП». З відкритих джерел ми знаємо, що в Україні за традиційною технологію було виготовлено 93% сталі, що складає 19,9 мільйона тонн сталі, а використовуючи схему «Металобрухт + ДСП» відповідно 7%, що складає 1,5 мільйона тонн сталі. [1]

З нових даних та отриманих раніше ми можемо перейти до розрахунків викидів СО2 при виплавці сталі для обох технологій.

2.5.1. Розрахуємо річні викиди СО2 по технології «Доменна Піч + Кисневий конвертор»:

V5 = Q5 × с5 = 19,9 млн. т × 2,33 т = 46,37 млн. т (2.7)

де V5, млн. т – загальна кількість викидів СО2 по технології «Доменна піч + конвертер»;

Q5=19,9 млн. т – кількість виплавленої сталі за 2021 рік в Україні по технології «Доменна піч + конвертер»;

с5=2,33 т – викиди CO2, які утворюються при виготовленні однієї тонни сталі по технології «Доменна піч + кисневий конвертер» (згідно даним «Всесвітньої асоціації сталі» [9]).

2.5.2. Розрахуємо річні викиди СО2 по технології «Металобрухт +Дугова сталеплавильна піч»:

V6 = Q6 × c6 = 1,5 млн. т × 0,68 т = 1,02 млн. т (2.8)

де V6, млн. т – загальна кількість викидів СО2 по технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч»;

Q6=1,5млн. т – кількість виплавленої сталі за 2021 рік в Україні по технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч»;

c6=0,68 т – викиди CO2, які утворюються при виготовленні однієї тонни сталі по технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч» (згідно даним «Всесвітньої асоціації сталі» [9]).

2.5.3. Розрахуємо загальні річні викиди СО2 для обох технологій, які застосовуються на даний момент в Україні, а саме для технології «Доменна піч + кисневий конвертер» та технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч»:

V7 = V5 + V6 = 46,37 млн. т + 1,02 млн. т = 47,39 млн. т (2.9)

де V5=46,37 млн. т – річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі по традиційній технології «Доменна піч + Кисневий конвертер», розраховані по формулі 2.7;

V6=1,02 млн. т – річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі по альтернативній технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч», розраховані по формулі 2.8.

З урахуванням попередніх розрахунків генеруємих викидів СО2, виконаних для світового виробництва сталі, а також зниження викидів вуглекислого газу на 32,2% при застосуванні технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч», припустимо, що виробництво сталі на рік в Україні буде на рівні 2021 року та складатиме 21,4 млн. тонн. Тоді зможемо порахувати викиди СО2 та порівняти їх зменшення при застосуванні тільки альтернативної технології сталі в Україні.

2.5.4. Розрахуємо загальні річні викиди вуглекислого газу при використанні у майбутньому в Україні тільки альтернативної технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» за формулою:

V8 = Q8 × с8 = 21,4 млн. т × 1,39 т = 29,75 млн. т (2.10)

де Q8=21,4 млн. т – кількість виплавленої сталі в Україні на рік (припущення);

с8=1,39 т – викиди CO2, які утворюються при виготовленні однієї тонни сталі по альтернативній технології виплавки сталі «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» (за інформацією «Всесвітньої асоціації сталі» [9]).

2.5.5. Розрахуємо зменшення річних викидів СО2, які утворювалися б при застосуванні тільки альтернативної технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» в Україні у майбутньому в порівнянні з технологіями, які використовуються на зараз, а саме «Доменна піч + кисневий конвертер» та «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч»:

V9 = V7 – V8 = 47,39 млн. т – 29,75 млн. т = 17,64 млн. т

де V7=47,39 млн. т – загальні річні викиди СО2 для обох технологій, які застосовуються на даний момент в Україні, а саме для технології «Доменна піч + кисневий конвертер» та технології «Металобрухт + Дугова сталеплавильна піч», розраховані по формулі 2.9;

V8=29,75 млн. т – загальні річні викиди вуглекислого газу при використанні у майбутньому в Україні тільки альтернативної технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч», розраховані по формулі 2.10.

З наведених розрахунків видно, що загальні річні викиди вуглекислого газу при виплавкі сталі за допомогою тільки альтернативної технології зменшилися на 17,64 млн. тонн, що складає 37,23% в порівнянні з викидами вуглекислого газу, які генеруються на теперішній час в Україні. Тобто, застосуванні технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» перспективна у напрямку зниження викидів СО2 та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище як для України так і для світу.

* 1. Аналіз перспективи зменшення викидів СО2 відносно усіх загальних викидів згенерованих людством

Проаналізувавши відкриті джерела щодо сфери виплавки сталі, наявні дані викидів СО2, які утворюються при різних способах виплавки сталі та виконавши розрахунки у попередніх розділах можемо стверджувати, що зниження викидів вуглекислого газу на 32,2% притаманне для сфери виплавки якісної сталі по альтернативній технології, враховуючи світове виробництво.

При виплавкі сталі за допомогою традиційної і альтернативної технології, які використовуються на теперішній час, викиди вуглекислого газу складають 4,002 Гт і це дорівнює 8.9% усіх викидів СО2, що утворює людство. При переході тільки на альтернативну технологію виплавки сталі, у майбутньому викиди вуглекислого газу складуть 2.712 Гт на рік, що дорівнює 6.0% усіх викидів СО2 які утворює людство. Описані дані відображені у порівняльній таблиці нище.

Таблиця

Порівняння викидів вуглекислого газу

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Одиниця вимірювання | Загальні викиди СО2 які утворює людство | Викиди СО2 при виплавкі сталі по традиційній та альтернативній  технології | Викиди СО2 при переході на виплавку сталі по альтернативній технології | Зниження викидів СО2 |
| Гт | 44,84 | 4,002 | 2,712 | 1,290 |
| % | 100 | 8,9 | 6,0 | 2,9 |

З порівняльної таблиці видно, що зниження викидів вуглекислого газу складатиме 2.9% від загальних викидів СО2 , які утворює людство, при переході світовими виробниками на виплавку сталі за допомогою тільки альтернативної технології. Тобто, схема виплавки сталі «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» зменшує викиди СО2 на 1.290 Гт в рік.

Перехід на схему виплавки сталі «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» дозволяє відмовитись від використання доменної печі та коксового виробництва, які генерують значну частину викидів СО2, тим самим зменшити викиди вуглекислого газу.

Але більшість викидів СО2,при зазначеній схемі виробництва,утворюється через використання електроенергії дуговою сталеплавильною піччю, яка зараз значною мірою генерується на теплових електростанціях при спалюванні викопного палива, того самого природного газу та вугілля.

У перспективі розвитку та поширення відновлюваних джерел електричної енергії до яких відносять сонячні, вітрові та гідроелектростанції, дугова сталеплавильна піч буде використовувати електроенергію, що була згенерована без викидів СО2.

Тому комбінований підхід застосування технології виплавки сталі «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» в поєднанні з використанням електричної енергії, здобутої за допомогою відновлюваних джерел, буде мати суттєвий вплив на зниження генерації вуглекислого газу при виплавкі сталі. Разом з цим, зменшення викиду СО2 приведе до зниження впливу парникового ефекту на глобальне потепління та допоможе уникнути негативних його наслідків для нашої планети.

ВИСНОВКИ

За допомогою матеріалів та досліджень міжнародних організацій таких, як «Європейський центр середньострокових прогнозів погоди» та «Міжурядова група експертів зі зміни клімату» було досліджено наявний вплив парникового ефекту на зміну клімату та виявлені природні явища що відбувалися в останній період в наслідок глобального потепління.

Розглянуто та проаналізовано технології виплавки сталі які використовуються на теперішній час та виконана кількісна оцінка складової викидів вуглекислого газу по традиційній та альтернативній технології виробництва сталі.

Виконано порівняння кількості викидів вуглекислого газу, яка генеруються при виплавкі сталі за допомогою традиційної і альтернативної технології та при виплавкі сталі за допомогою тільки альтернативної технології в межах Німеччини, України та світу. Визначена різниця у відсотках.

Проаналізовані перспективи зменшення викидів СО2 відносно усіх загальних викидів згенерованих людством при переході світових виробників сталі на схему виплавки сталі за допомогою тільки альтернативної технології «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч».

Надано пропозиції щодо зменшення викидів СО2 шляхом заміни традиційного способу виплавки сталі на комбінований - «Залізо прямого відновлення + Дугова сталеплавильна піч» в поєднанні з використанням електричної енергії, здобутої за допомогою відновлюваних джерел.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрій Глущенко. Чому в Україні не розвинена електрометалургія. URL: <https://gmk.center/ua/opinion/chomu-v-ukraini-nerozvinena-elektrometalurgiya/>
2. Виробництво сталі в Німеччині. URL: https://www.stahl-online.de/startseite/stahl-in-deutschland/zahlen-und-fakten/
3. Парниковий ефект. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82>
4. EDGAR - Emissions Database for Global Atmospheric Research. URL: <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2022>
5. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. European State of  the Climate 2022. Summary. Page 3. URL: <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/european-state-climate-2022-summary>
6. Intergovernmental  Panel  on  Climate  Change. Technical  Summary. Climate Change 2022.  Mitigation of Climate Change.  page 57˗59. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_TechnicalSummary.pdf>
7. Michael E. Mann. Global warming. URL: <https://www.britannica.com/science/global-warming>
8. World crude steel production 1950 to 2021. Crude steel production by process, 2021. URL: <https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2022/>
9. 2021-2022 CO2 emissions and energy intensity.  URL: <https://worldsteel.org/steel-topics/sustainability/sustainability-indicators/>