

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет _____ інженерії _____
(повне найменування факультету)

Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

освітнього ступеня _____ бакалавр _____

(бакалавр, магістр)

спеціальності _____ 101 – Екологія _____

(шифр і назва спеціальності)

спеціалізація _____

на тему: Розробка заходів зі зниження викидів сажі в виробництві ацетилену

Виконав: здобувач вищої освіти групи _____ ПЕО-17Д _____

Литвін Б.Д.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник _____ Суворін О.В. _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедру _____ Суворін О.В. _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____ Кравченко І.В. _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Севєродонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля**

Факультет _____ інженерії _____
Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
Освітній ступінь _____ бакалавр _____
(бакалавр, магістр)
Спеціальність _____ 101 – Екологія _____
(шифр і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ _____ ” _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Литвіну Богдану Дмитровичу

1. Тема проекту (роботи) :

Розробка заходів
зі зниження викидів сажі
в виробництві ацетилену

Керівник проекту (роботи) Суворін Олександр Вікторович, д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом по університету від 18.03.2021 р. № 53/15.25.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти проекту (роботи) - 14 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): літературні, патентні та регламентні дані.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Структура і закономірності існування природних екосистем. 2. Оцінка впливу базового об'єкта на навколишнє середовище. 3. Нормування якості навколишнього середовища. 4. Аналітичний огляд. 5. Вибір та обґрунтування природоохоронного заходу. 6. Розробка природоохоронного заходу. 7. Моніторинг забруднення атмосферного повітря. 8. Еколого-економічні розрахунки. 9. Висновки. Анотація. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Технологічна схема (1 лист).
2. Креслення основного апарату (1 лист).
3. Еколого-економічні розрахунки (1 лист).

6. Дата видачі завдання - 18 березня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	25.04.2021	
2	Структура і закономірності існування природних екосистем	02.05.2021	
3	Оцінка впливу базового об'єкта на навколишнє середовище	10.05.2021	
4	Нормування якості навколишнього середовища	17.05.2021	
5	Аналітичний огляд	24.05.2021	
6	Вибір та обґрунтування природоохоронного заходу	31.05.2021	
7	Розробка природоохоронного заходу	04.06.2021	
8	Моніторинг забруднення атмосферного повітря	06.06.2021	
9	Еколого-економічні розрахунки	08.05.2021	
10	Висновки	09.06.2021	
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА			
1	Природно-заповідний фонд Луганської області	10.06.2021	
2	Мережа Емеральд Луганської області	12.06.2021	
3	Карта-схема Луганського природного заповідника	14.06.2021	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Литвін Б.Д.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Суворін О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				<u>Текстові документи</u>		
A4		1	ПД.09.01.ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Графічні документи</u>		
A4		2	ПД.09.02.СХ	Технологічна схема	1	
A4		3	ПД.09.03.ВЗ	Креслення основного апарату	1	
A4		4	ПД.09.04.ЕЕР	Еколого-економічні розрахунки	1	

				<i>ПД.09.01.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Литвин</i>			<i>Лит.</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Перев.</i>		<i>Суворін О.В.</i>				<i>Аркушів</i>
<i>Консульт.</i>					<i>Відомість</i>	<i>СНУ ім. В.Даля гр. ПЕО-17д</i>
<i>Н. Контр.</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Суворін О.В.</i>				

Реферат

Дипломний проект з теми «Розробка заходів зі зниження викидів сажі в виробництві ацетилену» складається з пояснювальної записки, що містить 107 сторінок, 13 таблиць, 1 рисунок, використано 22 найменування літературних джерел. Графічна частина – 3 листи.

ОКИСНЕННЯ, САЖА, ПРОДУКТИ ОКИСНЕННЯ, РОЗПЛАВ, КИСЕНЬ ПОВІТРЯ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, ВИТРАТА ОКИСНИКА, ЗНЕСКОДЖЕННЯ, САЖЕУТВОРЕННЯ

В дипломному проекті розглянуті компоненти навколишнього середовища та зроблена оцінка впливу на них відходів виробництва ацетилену. При аналізі впливу діяльності виробництва на навколишнє середовище виявлено, що високий негативний вплив роблять викиди від спалювання сажі на стан атмосфери. Тому метою завдання є вдосконалення технології знешкодження сажі у виробництві ацетилену.

Запропоновано замінити спалювання відходів виробництва в циклонних агрегатах на окиснення в рідкому високотемпературному теплоносії. Це рішення дозволить значно інтенсифікувати процес тепло- і масообміну, що підвищує ефективність технології окислення та скоротити викиди в атмосферу .

В результаті запропонованого рішення плата за забруднення навколишнього середовища знизиться на 143,9 тис. грн./рік.

Зміст

Вступ	7
1 Структура і закономірності існування природних екосистем	8
2 Оцінка впливу базового об'єкта на навколишнє середовище	13
3 Нормування якості навколишнього середовища	40
4 Аналітичний огляд	47
5 Вибір та обґрунтування природоохоронного заходу	61
6 Розробка природоохоронного заходу	63
7 Моніторинг забруднення атмосферного повітря	88
8 Еколого-економічні розрахунки	96
Висновки	104
Анотації	105
Література	106

Вступ

На основі переробки простих вуглеводнів нафти і природного газу сучасна хімічна промисловість здатна виробляти полімерні матеріали, азотні добрива, хімічні засоби захисту рослин, миючі засоби і інші хімікати, кількісним випуском яких визначається рівень індустріалізації будь-якої промислово розвиненої держави [1]. Одним з основних видів сировини в хімічній промисловості органічного синтезу є ацетилен. Висока реакційна здатність дозволяє використовувати його для синтезу різних речовин, при переробці яких можна отримувати, наприклад, полівінілхлорид, перхлорвінілову смолу, синтетичний хлоропреновий каучук, хімічні волокна і плівки, різні хлорорганічні розчинники, і інші продукти. У зв'язку з великою потребою в продуктах, що одержують на основі ацетилену, його виробництво як з вуглеводневої сировини, так і класичним способом – через карбід кальцію, отримало великий розвиток [2].

Останнім часом особливо широкого поширення набули методи виробництва ацетилену з вуглеводневої сировини, головним чином з природного газу. Як побічні утворюються сажа, синтез-газ, полімерні з'єднання. Процес окислювального піролізу метану є затребуваним і в даний час. У зв'язку з цим актуальним на сьогодні є завдання переробки і утилізації побічних продуктів, зокрема сажі, яка є токсичною.

Одним з основних напрямів вдосконалення переробки сажі є її окислення в шарі рідкого високотемпературного теплоносія, який забезпечує можливість інтенсифікації теплообміну при безпосередньому контакті рідкого теплоносія з сировиною, простоту регулювання температурного режиму в широкому діапазоні, а також в деяких випадках може виконувати функції каталізатора.

Справжня робота присвячена розробці ефективного процесу переробки сажі відділення сажеочищення ацетилену в шарі теплоносія, що необхідне для вирішення екологічних проблем виробництва.

1. Структура і закономірності існування природних екосистем

Термін «екологія» вперше вжив Геккель в 1866 році. Він походить від грецького слова: oikos (житло, місцезнаходження, притулок) і logos (наука). Так Геккель назвав науку, яка вивчає організацію та функціонування надорганізованих систем різних рівнів: видів, популяцій, біоценозів, екосистем і біосфери [1].

Американський учений Ю. Одум розглядав екологію не як вузьку біологічну дисципліну, а як міждисциплінарну науку. Екологія - біологічна наука, так як вивчає умови існування живих організмів, і екологія кінчається там, де закінчується форма існування живої матерії. Крім того, за Одумом екологія - гуманітарна наука, так як вивчає роль і місце людини в біосфері. Разом з тим екологія - точна наука, так як вивчає живі об'єкти та їх спільноти.

З сучасних позицій екологія:

1. одна з біонаук, яка вивчає живі системи у зв'язку з середовищем проживання;
2. це комплексна наука, що синтезує дані природничих та суспільних наук про природу і взаємодію суспільства із середовищем проживання;
3. це особливий загальнонауковий підхід до дослідження проблем взаємовідносин організмів, біосистем і природи.

Предметом вивчення екології є діяльне вивчення за допомогою кількісних методів основ структури та функціонування природних і штучних систем. Щодо предметів вивчення екологія поділяється на екологію мікроорганізмів, грибів, рослин, тварин, людини, екологію сільського господарства, прикладну, інженерну та загальну екологію.

Об'єктом вивчення екології в першу чергу є екосистема. У ній знаходяться окремі особини, спільноти особин, або їх угруповання [2].

У одноклітинних рослин і тварин особини представлені однією клітиною, в якій протікають всі життєво необхідні процеси. У багатоклітинних - забезпечена єдність генотипу всіх клітин. Багато багатоклітинних рослин розмножуються

вегетативним способом, у процесі розпаду організму виходять самостійні індивідууми.

Крім живих об'єктів, екологія вивчає неживі об'єкти, які знаходяться в тісному зв'язку з живими організмами - атмосферне повітря, вода, ґрунт, цілий ряд хімічних елементів і перелік усього абіотичного, який називається екотопом.

Навколишнє середовище - та частина природи, яка оточує живі організми і, з якою вони безпосередньо взаємодіють [1]. Складові частини і властивості середовища різноманітні, мінливі, і будь-яка жива істота постійно пристосовується до них, регулюючи свою життєдіяльність відповідно до змін середовища проживання.

Екологічні фактори - елементи зовнішнього середовища, які визначають умови існування організмів [3]. Екологічні фактори можна поділити на три великі групи:

1. Абіотичні фактори - температура, світло, вологість повітря, вітер, сольовий склад води, тиск атмосферного повітря, рельєф місцевості та інші. Це все властивості неживої природи, які прямо чи опосередковано впливають на живий організм.

2. Біогенні чинники - прямий або непрямий вплив живих істот один на одного, це зв'язок рослин один з одним, тварин і рослин, мікроорганізмів з рослинами і тваринним світом. Взаємні зв'язки організмів - основа існування біоценозів і популяції.

3. Антропогенні фактори - елементи навколишнього середовища, пов'язані з діяльністю людського суспільства, яка призводить до зміни природи.

Екосистема - основна одиниця біосфери, яка є об'єктом вивчення екології. Цей термін ввів англійський біолог Тенслі в 1935 році [1]. Екосистема - це просторова система, яка охоплює історично сформований комплекс живих організмів, пов'язаних між собою трофічними зв'язками, і неживих компонентів середовища їх існування, які задіюють у процесі обміну речовин і енергії.

У кожній екосистемі здійснюється кругообіг речовин та обмінні енергетичні процеси [2]. Кожна екосистема складається з біоценозу і біотопу. Біоценоз історично сформувався сукупністю рослин, тваринного світу і мікроорганізмів, які населяли біотоп. Кожен біоценоз складається з фітоценозу (сукупності рослин), зооценозу (сукупність тварин), мікробіоценозу (сукупність мікроорганізмів). Біотоп - ділянка поверхні землі з більш-менш однотипними умовами існування.

У кожній екосистемі є 2 основних компоненти: організми та фактори неживої природи [2]. Таку сукупність організмів називають біотою екосистеми. Шляхи взаємодії різних категорій організмів - це її біотична структура. Біотична частина екосистеми обов'язково включає два основних компоненти:

- автотрофний компонент, для якого характерні фіксація світлової енергії, використання простих неорганічних речовин, побудова складних речовин;
- гетеротрофний компонент, якому притаманні утилізація, перебудова і розкладання складних органічних речовин. Дуже часто організми, що представляють собою ці два компоненти, розділені в просторі; вони розташовуються у вигляді ярусів, один над іншим.

Неживі (фізичні та хімічні) фактори навколишнього середовища називають абіотичними.

Незважаючи на велику різноманітність екосистем - від пустель до тундри, всім їм, на думку екологів, властива приблизно однакова біотична структура. Іншими словами всі вони містять одні й ті ж категорії організмів, які подібно взаємодіють у всіх екосистемах. Це такі категорії, як продуценти, консументи і редуценти.

Одна з причин, яка викликає різноманітність екосистем (біоценозів) у природі - це своєрідність абіотичних умов кожного регіону. Тобто, незважаючи на різноманітність екосистем, всі вони мають спільні риси. У кожній з них можна виділити фотосинтезуючі рослини - продуценти, різні типи консументів і редуцентів.

В природі не існує такого виду, який би не був пов'язаний з іншим. Харчуючись за рахунок інших речовин, організми отримують енергію. Внаслідок чого, в природі з'являються трофічні ланцюга - ряди взаємопов'язаних видів, в яких кожний попередній є об'єктом харчування для подальшого. Трофічні ланцюги бувають різних типів. Тип ланцюга залежить від початкової ланки. Початковим ланкою у трофічних ланцюгах можуть бути рослини, мертві рослини, залишки і послід тварин.

Наприклад: рослини - зайці - лисиці - воли, коров'ячий послід - личинки мух - комахоїдні птахи - хижаки, рослинний перегній - дощові черв'яки - кроти.

Трофічний ланцюг можна уявити у вигляді піраміди чисел, фундамент якої складають численні види рослин, наступні рівні утворюють травоядні і м'ясоїдні тварини, чисельність яких стрімко зменшується у напрямку до вершини, на якій знаходяться нечисленні великі хижаки.

Існує три основних типи пірамід [1,2]:

1. піраміда чисел - показує чисельність окремих організмів;
2. піраміда біомаси - характеризує загальну масу сухої речовини, калорійність або іншу міру загальної кількості живої речовини;
3. піраміди енергії - відповідають величині потоку енергії або продуктивності на наступних трофічних рівнях.

У піраміді чисел і біомаси основа може бути менше ніж один або кілька верхніх поверхів. Так буває, коли середні розміри продуцентів менше, ніж розміри консументів. Екологічна піраміда енергії, навпаки, завжди звужується догори [3].

Газовий склад атмосферного повітря.

Газовий склад повітря, яким ми дихаємо, виглядає так: 78% становить азот, 21% - кисень і 1% припадає на інші гази. Але в атмосфері великих промислових міст це співвідношення часто порушено. Значну частку становлять шкідливі домішки, зумовлені викидами підприємств та автотранспорту. Автотранспорт привносить в атмосферу багато домішки: вуглеводні невідомого складу, бенз (а) пірен, вуглекислий газ, сполуки сірки та азоту, свинець, чадний газ [5].

До складу атмосферного повітря, яким дихає кожен з нас, входять кілька газів, основними з яких є: азот (78.09%), кисень (20.95%), водень (0.01%) двоокис вуглецю (вуглекислий газ) (0.03%) та інертні гази (0.93%). Крім того, в повітрі завжди знаходиться якась у водяної пари, кол-во яких завжди змінюється зі зміною температури: чим вища температура, тим зміст пара більше і навпаки. Внаслідок коливання запланованої водяної пари в повітрі процентний вміст у ньому газів також непостійно. Всі гази, що входять до складу повітря, безбарвні і не мають запаху. Вага повітря змінюється в залежності не тільки від температури, але і від вмісту в ньому водяної пари. При однаковій температурі вага сухого повітря більше, ніж вологого, тому що водяні пари значно легше парів повітря.

У таблиці 1.1 наведено газовий склад атмосфери в об'ємному та масовому відношенні, а також час життя основних компонентів:

Таблиця 1.1 – Газовий склад атмосфери в об'ємному та масовому відношенні

Компонент	% Об'ємні	% Масові
N ₂	78,09	75,50
O ₂	20,95	23,15
Ar	0,933	1,292
CO ₂	0,03	0,046
Ne	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
He	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$
CH ₄	$1,52 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-5}$
Kr	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
H ₂	$5 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$
N ₂ O	$5 \cdot 10^{-5}$	$8 \cdot 10^{-5}$
Xe	$8,6 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$
O ₃	$3 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-6}$
Rn	$6 \cdot 10^{-18}$	$4,5 \cdot 10^{-17}$

2. Оцінка впливу базового об'єкта на навколишнє середовище

2.1 Характеристика базового об'єкта, характеристика джерел утворення відходів. їх склад і властивості

Територія Сєвєродонецького ПрАТ «Азот» належить до східної степової зони України. Площа м. Сєвєродонецька складає 2770 га.

В регіоні знаходяться високоякісне вугілля, вапняк, крейда, глина та інші природні будівельні матеріали.

Ґрунти – чорнозем, що привозиться з інших місць. Такий ґрунт має високу вологу, високий вміст гумінових кислот, невелику родючість. Забруднення ґрунтів відбувається через атмосферне повітря, очисні споруди ПрАТ «Азот» та інших підприємств. Промисловобутові звалища також наносять шкідливий вплив.

До поверхневих водоймищ відносять річки: Сіверський Донець і Борова, куди скидають шкідливі відходи підприємства та комунальне господарство міста. Тому весь час слідкують за вмістом води.

Підземні води також забруднені шляхом фільтрації з відстійників і очисних споруд, змиву пестицидів і мінеральних добрив.

Рослинність міста також пошкоджена через низький рівень ґрунтових вод та високий вміст діоксиду сірки.

Середньорічна швидкість вітру 3-4 м/с. Зафіксована максимальна швидкість вітру – 28 м/с.

Середньорічна кількість опадів 490-500 мм (максимальна кількість – 550 мм). Відносна вологість повітря складає 71-73 %.

У виробництві ацетилену утворюються газоподібні викиди, стічні води, рідкі та тверді відходи. Перелік відходів вказані в таблицях 2.1, 2.2 і 2.3 [11].

Таблиця 2.1 – Викиди в атмосферу

Апарат, стадія технологічного процесу	Діаметр і висота труби, м	Кількість джерел викидів, шт.	Сумарний об'єм викидів, м ³ /год	Тривалість викиду, година/рік	Характеристика викиду			ГДК в атмосферном повітрі населених місць, ДСП 201	Гранично-допустимі концентрації викидів у повітрі робочої зони, клас безпеки, ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.005
					Температура, °С	Сполука викиду			
						Найменування інгредієнта (не більш, мг/м ³)	Значення показника (гранична концентрація по проекту), г/с		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Димові гази після підігрівників природного газу стадія піролізу (джерело 1/П-1) джерело № 61001	Д=0,5 м Н=13,9 м	4	12600	8520	400, не більш	Оксид вуглецю	0,266	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас безпеки IV
						Оксиди нітрогену в перерахунку на NO ₂	0,375	0,2 мг/м ³	5 мг/м ³ Клас безпеки III
						Сірчистий ангідрид	0,294	0,5 мг/м ³	10 мг/м ³ Клас безпеки III
2 Димові гази після підігрівників кисню, стадія піролізу (джерело 2/П-1) джерело № 61002	Д=0,3 м Н=13,4 м	4	6012	8520	450, не більш	Оксид вуглецю	0,126	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас безпеки IV
						Оксиди нітрогену в перерахунку на діоксид нітрогену	0,239	0,2 мг/м ³	5 мг/м ³ Клас безпеки III
						Сірчистий ангідрид	0,175	0,5 мг/м ³	10 мг/м ³ Клас безпеки III
3 Димові гази після циклонних агрегатів сажі (джерело 3/П-1) джерело № 61003	Д=1,4 м Н=50 м	1	27280	8520	350, не більш	Оксид вуглецю не більш 250 мг/м ³	1,894	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас безпеки IV
						Оксиди нітрогену в перерахунку на діоксид нітрогену не більш 311 мг/м ³	2,356	0,2 мг/м ³	5 мг/м ³ Клас безпеки III
						Сірчистий ангідрид не більш 120 мг/м ³	0,909	0,5 мг/м ³	10 мг/м ³ Клас безпеки III
						Метан не більш 435 мг/м ³	3,296	50 мг/м ³ (ОБП)	7000 мг/м ³ Клас безпеки IV

Продовження табл. 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4 Колектор сажемісткої води після електрофільтрів) джерело № 61004	Д=0,1 м Н=10 м	1	5,976	8520	28	Ацетилен	–	1,5 мг/м ³	ОБРВ 75 мг/м ³ Клас небезпеки IV
5 Загальнообмінна вентиляція стадії піролізу, повітрявод джерело № 61006	Д=0,5 м Н=6,5 м	3	35676	8760	Навколишнього середовища	Ацетилен	–	1,5 мг/м ³ (ОБРВ)	ОБРВ 75 мг/м ³
						Оксид вуглецю	0,165	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
6 Загальнообмінна вентиляція стадії сажеспалювання, аераційний ліхтар, джерело № 61007	Д=6,0 × 36,0 Н=5,8 м	1	43056	8760	Навколишнього середовища	Ацетилен не більш 500 мг/м ³	–	1,5 мг/м ³ (ОБРВ)	ОБРВ 75 мг/м ³ Клас небезпеки IV
						Оксид вуглецю не більш 20 мг/м ³	0,425	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
						Сажа не більш 4 мг/м ³	–	0,15	4 мг/м ³ Клас небезпеки III
7 Місцевий відсос від сажевідстійників через дефлектори, (джерело 8/П-1) джерело № 61008	Д=0,8 м Н=8,0 м	4	23400	8760	Навколишнього середовища	Ацетилен	–	1,5 мг/м ³ (ОБРВ)	ОБРВ 75 мг/м ³
						Оксид вуглецю	0,337	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
8 Загальнообмінна вентиляція стадія компримування, повітрявод (джерело 9/П-1) джерело № 61009	Д=0,8 м Н=15 м	10	91080	8760	Навколишнього середовища	Ацетилен	–	1,5 мг/м ³ (ОБРВ)	ОБРВ 75 мг/м ³
						Оксид вуглецю	0,506	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
9 Загальнообмінна вентиляція стадія компримування, дефлектори (джерело 13/П-1) джерело № 61013	Д=0,8 м Н=15 м	3	35028	8760	Навколишнього середовища	Ацетилен	–	1,5 мг/м ³ (ОБРВ)	ОБРВ 75 мг/м ³
						Оксид вуглецю	0,491	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV

Продовження табл. 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 Загальнообмінна вентиляція стадія концентрування, аераційний ліхтар) джерело № 61010	Д=4,6× 2,9 м Н=20,4 м	1	52320	8760	Навколишнього середовища	Ацетилен	–	1,5 мг/м ³ (ОБРВ)	ОБРВ 75 мг/м ³
						Оксид вуглецю	0,429	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
11 Загальнообмінна вентиляція приямка газгольдеру джерело № 61015	Д=0,3 м Н=6 м	1	2960	8760	Навколишнього середовища	Оксид вуглецю	0,016	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
12 Загальнообмінна вентиляція приямка газгольдеру джерело № 61016	Д=0,3 м Н=6 м	1	2088	8760	Навколишнього середовища	Ацетилен	–	1,5 мг/м ³ (ОБРВ)	ОБРВ 75 мг/м ³
13 Загальнообмінна вентиляція приямка газгольдеру джерело № 61017	Д=0,3 м Н=6 м	1	1908	8760	Навколишнього середовища	Ацетилен	–	1,5 мг/м ³ (ОБРВ)	ОБРВ 75 мг/м ³
14 Неорганізований викид зовнішньої установки стадії піролізу, джерело № 61046	Д=15× 30 м Н=12 м	1	–	8760	Навколишнього середовища	Оксид вуглецю	–	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
15 Неорганізований викид зовнішньої установки стадії концентрування, джерело № 61045	Д=6× 11 м Н=11 м	1	–	8760	Навколишнього середовища	Оксид вуглецю	–	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV

Продовження табл. 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16 Неорганізований викид зовнішньої установки стадії піролізу, джерело № 61047	Д=12×30 м Н=18 м	1	–	8760	Навколишнього середовища	Оксид вуглецю	–	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
17 Місцевий відсос від приямка вивантаження зрита джерело № 61029	Д=0,3 м Н=10 м	1	6984	8496	Навколишнього середовища	Оксид вуглецю	0,039	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
						Ацетилен	–	1,5 мг/м ³ (ОБРВ)	ОБРВ 75 мг/м ³
18 Димові гази від чергових пальників факелів для спалювання газів піролізу джерело № 61023/ 23-Ф/П-1	Д=0,03 м Н=23 м	2	300	8520	1947	Оксид вуглецю	–	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
						Оксиди нітрогену в перерахунку на NO ₂	–	0,2 мг/м ³	5 мг/м ³ Клас небезпеки III
						Метан	–	50 мг/м ³ (ОБРВ)	7000 мг/м ³ Клас небезпеки IV
19 Димові гази від чергового пальника факела для спалювання ацетилену джерело № 61070/ 70-Ф/П-1	Д=0,03 м Н=50 м	1	300	8520	1947	Оксид вуглецю	–	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
						Оксиди нітрогену в перерахунку на NO ₂	–	0,2 мг/м ³	5 мг/м ³ Клас небезпеки III
						Метан	–	50 мг/м ³ (ОБРВ)	7000 мг/м ³ Клас небезпеки IV
20 Димові гази від чергового пальника факела для спалювання синтез-газу джерело № 61050/ 50-Ф/П-1	Д=0,03 м Н=50 м	1	300	8520	1947	Оксид вуглецю	–	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
						Оксиди нітрогену в перерахунку на NO ₂	–	0,2 мг/м ³	5 мг/м ³ Клас небезпеки III
						Метан	–	50 мг/м ³ (ОБРВ)	7000 мг/м ³ Клас небезпеки IV

Продовження табл. 2.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21 Викид від стовбура факелу (періодично) джерело № 61023/ 23-Ф/П-1	Д=0,521 м Н=23 м	2	–	–	1947	Оксид вуглецю	–	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
						Оксиди нітрогену в перерахунку на NO ₂	–	0,2 мг/м ³	5 мг/м ³ Клас небезпеки III
						Метан	–	50 мг/м ³ (ОБРВ)	7000 мг/м ³ Клас небезпеки IV
22 Викид від стовбура факелу (періодично) поз.106/0052 джерело № 61050/ 50-Ф/П-1	Д=0,6 м Н=50 м	1	–	–	1600	Оксид вуглецю	–	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
						Оксиди нітрогену в перерахунку на діоксид нітрогену	–	0,2 мг/м ³	5 мг/м ³ Клас небезпеки III
						Метан	–	50 мг/м ³ (ОБРВ)	7000 мг/м ³ Клас небезпеки IV
Викид від стовбура факелу (постійне скидання) джерело № 61070/ 70-Ф/П-1	Д=0,5 м Н=50 м	1	7092	–	2500	Оксид вуглецю	–	5,0 мг/м ³	20 мг/м ³ Клас небезпеки IV
						Оксиди нітрогену в перерахунку на діоксид нітрогену	–	0,2 мг/м ³	5 мг/м ³ Клас небезпеки III
						Метан	–	50 мг/м ³ (ОБРВ)	7000 мг/м ³ Клас небезпеки IV

Таблиця 2.2 – Характеристика стоків

Найменування стоку й шкідливих речовин у ньому, апарат, стадія	Куди скидаються	Кількість		Періодичність	Характеристика стоків			Примітка
		м ³ /год	м ³ /добу		Сполука стоків		Припустим а кількість шкідливих речовин, кг/добу	
					Найменування показника, одиниця виміру	Значення показника		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Стічні води станції перекачування промбрудних стоків №1	Відкачиваються на станцію ФХО №2 цеху НОПС	8,301	199,224	Періодично	ХСК, мгО/дм ³	4000, не більш	797,0	Контролює лаборант ЦДЛ
					рН	5,0, не менш	–	
					Зважені речовини, мг/л	250, не більш	49,806	
					Фарбування	Відсутність відхилень від характерної	–	
					Масляна плівка	Відсутність	–	
2 У тому числі стічні води стадії регенерації, що утворюються при роботі пароструминного агрегату	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №1	0,25	6,0	Постійно	–	–	–	–
2.1 Стічні води стадії концентрування після гідрозатвору	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №1	5,2	124,8	Постійно	–	–	–	–

Продовження табл. 2.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.2 Стічні води стадії концентрування при чищенні, промиванні теплообмінників, апаратів, змиві підлог	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №1	1,0	24,0	Періодично 3 години на добу	–	–	–	–
2.3 Стічні води стадії компримування при чищенні й промиванні теплообмінників, апаратів, змиві підлог	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №1	0,75	18,0	Періодично 3 години на добу	–	–	–	–
2.4 Стічні води вузла форпромивки при чищенні, промиванні теплообмінників, апаратів, змиві підлог	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №1	0,2	4,8	При ремонті	–	–	–	–
2.5 Стічні води після гідрозатвору ОПБ	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №1	0,4	9,6	Постійно	–	–	–	–
2.6 Стічні води зі стадії сажеспалювання	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №1	0,5	12,0	При роботі стадії фільтрації сажевого шламу	–	–	–	–

Продовження табл. 2.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.7 Стічні води ОЦСОК	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №1	0,83	20	Періодично	ХСК, мгО/дм ³	4000, не більш	–	лаборант Контролює ОЦСОК
					рН	12,3, не більш	–	
					Н-метилпірролідон, мг/дм ³	118,7, не більш	2,374	
					метанол, мг/дм ³	29,7, не більш	0,594	
					Зважені речовини, мг/л	250, не більш	5,0	
2.8 Стічні води стадії концентрування після скрубєрного циклу	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №1	0,001	0,024	Періодично одна година в три місяці	–	–	–	–
3 Стічні води із приямку газгольдеру	Зливається в самопливний колектор промбрудної каналізації й надходить на станцію перекачування №4	0,184	4,42	Періодично один раз у добу	Контроль на станції перекачування №4	–	–	–
4 Стічні води із приямку газгольдеру	Зливається в промливневу каналізацію (колодязь № Е 9-5, Е 9-8)	0,277	6,65	При відкачці	рН	6,5 – 8,5	–	–
					Масляна плівка	Відсутність		

Таблиця 2.3 – Тверді й рідкі відходи

Найменування відходів	Де складається; транспорт, тара	Кількість			Періодичність	Характеристика відходів		
		кг/т	кг/добу	т/рік		Сполука		Фізичні показники
						Найменування показників	Значення показників	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тверді відходи								
1 Важка сажа й григт (коксвий дріб'язок) стадії піролізу (у перерахуванні на суху речовину). Клас небезпеки - 2	Складається в прямках григу (корп.1051, 1051а), вивозиться в накопичувач твердих відходів автотранспортом	93,0	4939,7	1753,6	Постійно	Масова частка, % - вуглецю - води - оксиду кремнію - оксиду заліза - решта летучі речовини (нафталін, бензол, ацетилен)	20, не менш 80, не більш 1,2, не більш 0,25, не більш	Крупнодисперсний порошок темного кольору, тверда, сипуча, горюча, насипна щільність від 750 до 800 кг/м ³
2 Залишки, що містять полімери з апаратів при періодичних чищеннях (у перерахуванні на суху речовину). Клас небезпеки - 1	Вивантажуються в герметичні металеві бочки, і вивозиться в накопичувач твердих відходів автотранспортом	1,5	79,7	28,293	Періодично	Масова частка, % - N-МП - натрію - заліза - полімерів	Від 10 до 34 0,05, не більш 0,02, не більш Від 65 до 85	Крупнодисперсний порошок темного або чорного кольору, твердий, сипучий, горючий, насипна щільність від 800 до 850 кг/м ³

Продовження табл. 2.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рідкі відходи								
1 Водна суспензія полімерів стадії концентрування (у перерахуванні на суху речовину). Клас небезпеки - 2	Відправляється на установку термознешкодження стадії сажеспалювання	5,0	265,6	94,28	Періодично	Масова частка, % - N-МП - решта полімери й вода	8,0, не більш	Водна суспензія чорного або темно-коричнювого кольору, рідка, горюча в умовах термознешкодження, щільність від 700 до 850 кг/м ³
2 Водна суспензія дрібнодисперсної сажі стадії піролізу (у перерахуванні на суху речовину). Клас небезпеки - 2	Відправляється на установку термознешкодження стадії сажеспалювання	50,0	2655,8	942,8	Періодично	Масова концентрація сажі, мг/дм ³	35,0, не менш	Водна суспензія чорного кольору, рідка, горюча в умовах термознешкодження, щільність від 800 до 850 кг/м ³
3 Відпрацьоване компресорне масло КП-8-С. Клас небезпеки - 2	Передається на санкціоновані місця зберігання нафтопродуктів ЦСХ	0,382	20,3	7,206	Періодично	Масова частка, % - золи - механічних домішок - води	0,06, не більш 0,16, не більш 5,8, не більш	Рідка речовина, щільність при 20 ⁰ С – 885 кг/м ³ , температура спалаху – більш 200 ⁰ С, температура застиву – менш мінус 15 ⁰ С

На стадії синтезу ацетилену мають місце газові, рідкі та тверді відходи.

Викиди газів в атмосферу розділяються на:

а) постійні і періодичні викиди газів, обумовлені веденням нормального технологічного процесу;

б) періодичні викиди газів, обумовлені порушенням технологічного режиму (аварійні викиди);

в) періодичні викиди газів в період пуску і зупинки виробництва.

Гази повинні викидатися через вихлопні труби на висоті, що забезпечує розсіювання шкідливостей в приземному шарі атмосфери до концентрацій, не перевищуючих гранично допустимих. Всі періодичні скидання газів на виробництві при пусках і виходах на нормальний режим, а також при зупинках на ремонт прямують на спалювання на факел, що входить до складу виробництва, з остаточним продуванням системи азотом.

У виробництві мають місце як постійні, так і періодичні стоки, що містять шкідливі речовини. Всі стоки прямують в насосну хімічно забруднених стічних вод. У разі аварійної зупинки і зупинки відділення для спорожнення устаткування, передбачена установка аварійної дренажної ємності для запобігання залповим викидам в навколишнє середовище.

2.2 Вплив забруднень базового об'єкта на атмосферу, літосферу, гідросферу

2.2.1 Забруднення атмосфери викидами промислових підприємств

Забруднювачі атмосфери, так само як і інших об'єктів природи, поділяють на механічні, фізичні і біологічні. До механічних відносять речовини у твердому, рідкому і газоподібному стані.

До фізичних забруднень відносять:

- теплові, що виникають в результаті підвищення температури атмосфери (надходження в атмосферу нагрітих газів);

- світлові, що відбуваються при погіршенні природної освітленості місцевості під впливом штучних джерел світла;
- шумові, що є наслідком виникнення антропогенних шумів;
- електромагнітні, викликані зміною електромагнітних властивостей середовища (від ліній електропередач, радіо, телебачення, роботи деяких видів промислових установок);
- радіоактивні, пов'язані з підвищенням рівня надходження радіоактивних речовин в атмосферу.

Якість повітря погіршується також із-за присутності в ньому носіїв неприємних запахів.

Біологічні забруднення в основному є наслідком розмноження мікроорганізмів і антропогенної діяльності. Джерела антропогенного забруднення атмосфери - теплоенергетика, промисловість, транспорт, діяльність збройних сил (у тому числі і в мирний час).

Викиди в залежності від складу шкідливих речовин відповідно до ГОСТ 17.2.1.01-76 поділяються за їх агрегатним станом на чотири класи: I - газоподібні та пароподібні; 2 - рідкі; 3 - тверді; 4 - змішані. За хімічним складом вони поділяються на групи, а залежно від розміру частинок - на підгрупи. Наприклад, тверді викиди поділяються на чотири підгрупи з розмірами частинок, мкм: менше 1; 1...10; 10...50 і більше 50.

До поширених шкідливих речовин відносяться аерозолі різного походження - пил, туман, дим; сполуки вуглецю (оксид, діоксид та ін); сполуки сірки (сірководень, діоксид сірки та ін); сполуки азоту (аміак, оксиди азоту та ін); галоїди (хлор, фтор, бром та їх сполуки); фосфор та його сполуки (фосфористий водень та ін); миш'як та його сполуки (мышьяковистий водень та ін); ціаністі сполуки (ціаністий водень, солі ціаністої кислоти та ін); важкі і рідкісні метали (свинець, ртуть, марганець, цинк, кобальт, хром, ванадій і ін); вуглеводні ароматичного ряду (бензол, толуол, ксилол); вуглеводні жирного ряду (бензини та ін); спирти жирного ряду (метиловий, етиловий і ін); прості ефіри та ін.

В атмосферу Землі щорічно надходить 150 млн т різних аерозолів; 220 млн т діоксиду сірки; 450 млн т оксиду вуглецю; 75 млн т оксидів азоту. В рік на кожного жителя Землі припадає в середньому 300 кг викидів в атмосферу.

Після попадання в атмосферу забруднення не залишаються в незмінному вигляді; у процесі переміщення в просторі, турбулентної дифузії відбуваються їх фізичні зміни. В результаті хімічних реакцій утворюються нові сполуки. Найбільш поширений в атмосфері хімічний процес окислення речовин киснем повітря: діоксид сірки окислюється в триоксид, оксид азоту - в діоксид, альдегіди - органічні кислоти, ненасичені вуглеводні - в багато інші речовини.

Навіть невеликий вміст діоксиду азоту в атмосфері може привести до утворення великих кількостей атмосферного кисню і озону, тому він відіграє важливу роль у формуванні смогу. Зміг характеризує такий стан атмосфери, коли знижується видимість і різко зростає рівень забруднень. Він негативно позначається на самопочутті і здоров'я людей.

Ряд хімічних реакцій в атмосфері призводить до утворення кислот, що пов'язано з підвищенням кислотності дощів. Основним джерелом утворення кислотних дощів в атмосфері є діоксид сірки, що викидається в результаті антропогенної діяльності у великих кількостях. При окисленні він перетворюється в сірчану кислоту і гидросульфати, оксиди азоту в азотну кислоту. Найбільша кількість діоксиду сірки викидають енергетичні підприємства, а оксиди азоту в основному надходять в атмосферу з вихлопними газами при роботі двигунів внутрішнього згорання.

Основними джерелами забруднення зовнішньої повітряної середовища є:

- промислові підприємства, в першу чергу хімічні, нафтохімічні і металургійні заводи;
- теплогенеруючі установки (теплові електростанції, опалювальні і виробничі котельні);
- транспорт, насамперед автомобільний.

На викиди енергетичних об'єктів припадає близько 60, транспорт 20...25, промисловість 15...20%.

Промислове виробництво та інші види господарської діяльності людей супроводжуються виділенням у повітря приміщень та в атмосферне повітря різних речовин, що забруднюють повітряне середовище. Шкідливі речовини надходять у повітря приміщень також у результаті життєдіяльності людей і тварин. Джерела забруднення повітряного басейну поділяються на джерела виділення та джерела викидів шкідливих речовин в атмосферу. Джерелом виділення шкідливих речовин називається технологічний агрегат (установка, пристрій, апарат тощо), виділяє в процесі експлуатації шкідливі речовини; джерелом викидів - пристрій (труба, аераційний ліхтар, вентиляційна шахта тощо), за допомогою якого здійснюється викид шкідливих речовин в атмосферу.

Промислові виробництва і технологічне обладнання, що є джерелами забруднення атмосфери, поділяються на чотири групи:

- мають умовно чисті викиди, в яких концентрація шкідливих речовин не перевищує гігієнічних норм;
- мають шкідливі викиди;
- містять нетоксичні речовини;
- мають викиди, що містять канцерогенні, токсичні чи отруйні речовини.

Джерела забруднення атмосфери бувають точкові (труба, автомобіль тощо), лінійні (газопроводи) і поверхневі. Потрапляти в атмосферу шкідливі речовини можуть на різних стадіях виробництва (видобуток, транспортування, дроблення, подрібнення, помел тощо), різним чином: із-за негерметичності обладнання, при вантажно-розвантажувальних роботах, з відкритих складів.

2.2.2 Забрудненням гідросфери скидами стічних вод промислових підприємств

Забруднення поверхневих вод області обумовлено скидами стічних вод підприємств промисловості, комунально-побутової сфери та поверхневого стоку з селітебних територій. Крім того, забруднюючий вплив здійснюють води шахтного водовідливу. Обсяги скиду стічних вод від промислових підприємств досяг позначки 249,0 млн. м³, підприємств водопровідно-каналізаційного господарства 101,0 млн. м³, шахтного водовідливу 215 млн. м³. При цьому кількість забруднюючих речовин, що потрапляють до водних об'єктів становить близько 615 тис. т/рік.

Забруднення підземних вод області обумовлено фільтрацією з відстійників та накопичувачів промислових та побутових стоків промислових підприємств, підпором води водосховищ, затопленням гірничих виробок закритих шахт, експлуатацією водозаборів підземних вод централізованого водопостачання. Площа забруднення підземних вод Лисичано-Рубіжанського регіону, найбільш характерного регіону Луганської області, становить біля 50 км².

По території Луганської області протікає 88 малих річок, довжиною 2158,2 км, вісім з них паспортизовані.

Усі малі річки є типово рівнинними водотоками, протікають у широких терасаированих долинах. В цілому режим річок характеризується нерівномірним розподілом стоку впродовж року – короткочасним весняним паводком і тривалим низьким рівнем в літньо-осінній період.

Природний режим річок значно змінився внаслідок наявності 72 водосховищ та 360 ставків та іншого антропогенного впливу.

Основним фактором негативного впливу на стан малих річок є господарська діяльність людини, а саме: забруднення стічними, шахтними, дренажними водами, стічними водами, які відводяться з забудованої території і сільгоспугідь, утвореними внаслідок випадання атмосферних опадів.

Найбільш значний антропогенний тягар несуть річки правобережжя р. С. Донець та річки басейну р. Міус. Із загального обсягу зворотних вод, які були скинуті у природні водні об'єкти у 2005 році – 381,4 млн. м³, у малі річки скинуто

225,5 млн.м³ зворотних вод (59%), з них 176,1 млн. м³ (78 %), віднесено до категорії забруднених. Найбільший обсяг забруднених зворотних вод скидається промисловими підприємствами (головним чином шахтами) та підприємствами водопровідно-каналізаційного господарства. Основні причини цього – недостатні потужності та технічна застарілість багатьох очисних споруд, скид до мережі міської каналізації виробничих стічних вод з високими концентраціями важких металів, нафтопродуктів, тощо.

До основних екологічних проблем області відноситься захист від забруднення підземних вод, в тому числі водозаборів централізованого постачання.

Проблемою збереження підземних вод від забруднень, є незахищеність їх від потрапляння забруднюючих речовин з поверхні землі. Високий ступень техногенного навантаження на геологічне середовище негативно впливає на якість питних підземних вод.

Головними джерелами забруднення підземних вод є промислові і селітебні агломерації, де сформувалися значні осередки забруднення за рахунок витоків із промислових каналізацій, відсутності надійної гідроізоляції скидних каналів і накопичувачів підприємств Рубіжано-Лисичанського і Луганського промислових районів, відбору підземних вод водозаборами, скидання забруднених промислових і господарсько - побутових стоків у поверхневі водні об'єкти.

Площа забруднення підземних вод в Лисичано-Рубіжанському регіоні в 1991-93 рр. складала біля 150 км². У зв'язку із значним скороченням виробництва на протязі тривалого часу, а також виконанням природоохоронних заходів по захисту підземних вод від забруднення у останні роки, поступово відбувалося зменшення загальної площі та інтенсивності забруднення підземних вод. На теперішній час загальна площа забруднення підземних вод Лисичано-Рубіжанського регіону складає: мінеральними солями – 31,5 км², фенолами – 29,4 км², амонієм – 20,3 км².

2.2.3 Забруднення літосфери викидами промислових підприємств

Ґрунтовий покрив Землі є найважливіший компонент біосфери Землі. Саме ґрунтова оболонка визначає багато процесів, що відбуваються в біосфері. Найважливіше значення ґрунтів складається в акумулюванні органічної речовини, різних хімічних елементів, а також енергії [13]. Ґрунтовий покрив виконує функції біологічного поглинача, руйнівника і нейтралізатора різних забруднень. Якщо ця ланка біосфери буде зруйновано, то сформоване функціонування біосфери безповоротно порушиться. Саме тому надзвичайно важливе вивчення глобального біохімічного значення ґрунтового покриву, його сучасного стану й зміни під впливом антропогенної діяльності

За даними статистичного спостереження використання чорних металовідходів у 2005р. становило 53,1%, кольорових 41,1%. На власне металургійне виробництво витрачено 99,6% брухту чорних металів та 86,3% кольорових металів, на інші виробничо-технічні цілі – відповідно 0,3% та 0,1%, решту металобрухту використано на ремонтно-експлуатаційні потреби.

Значно збільшилось використання шлаків сталеплавильного виробництва і склало 1,6 млн.т. Використання шлаків доменного виробництва порівнюючи з минулим 2004р. зросло майже вдвічі та склало 911,2 млн.т. Використання золошлакових відходів теплових електростанцій та місцевих котелень склало 5,1 млн.т.

Незважаючи на те, що використання відходів у якості вторинних ресурсів поступово зростає, питання раціонального використання ресурсів та відходів виробництва, впровадження високоефективних та безвідходних технологій, які б забезпечували зменшення утворення та збільшення використання відходів, переробку та їх утилізацію, залишається актуальним у цих галузях виробництва.

Димові гази вносять у ґрунт сірчисту і сірчану кислоти, які з'єднуючись з основними елементами ґрунту, утворюють сульфати, в результаті чого скорочується запас поживних елементів і збільшується кислотність ґрунтових

розчинів. Підвищені концентрації в ґрунтах у вигляді вільної кислоти і газу, а також зниження рН призводить до виснаження і поразці ґрунтових організмів, погіршення фізичних властивостей ґрунту.

З атмосфери шкідливі речовини осідають на земну поверхню, потрапляють у ґрунт, рослини, живі організми можуть накопичуватися там до високих, небезпечних для життя концентрацій. У ґрунті забруднюючі речовини знаходяться в газовій фазі, в розчині атмосферних опадів, в складі твердих частинок. В результаті ґрунтоутворювальних процесів вони перерозподіляються по ґрунтовому профілю, накопичуються у верхніх або нижчележачих горизонтах, вилуговуються і виносяться ґрунтовими водами.

Ґрунт є як би накопичувачем, резервуаром всіх хімічних речовин, а далі ці речовини мігрують в рослинний покрив, у воду, у повітря. Якби викиди хімічних речовин в біосферу припинилися, то, через деякий час біосфера сама б очистилася від них. Але, на жаль, цей процес зайняв би величезну кількість часу. Інґредієнти, що викидаються, накопичуються, це сприяє поступовій зміні хімічного складу ґрунтів, порушення єдності геохімічного середовища та живих організмів. З ґрунтів хімічні речовини, наприклад з продуктами харчування можуть потрапити в організми людей, тварин і викликати важкі хвороби і смертельні наслідки.

Звичайно ж, заводи приймають заходи для охорони і очищення ґрунтів. Найпростіший спосіб - висадка нових дерев та інших рослин.

2.3 Токсикологічна характеристика основних забруднюючих речовин, пов'язаних з діяльністю базового об'єкта

Токсичні властивості сировини, напівпродуктів, готового продукту й відходів виробництва ацетилену наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Токсичні властивості сировини, напівпродуктів, готового продукту й відходів виробництва

Найменування продукту	Сумарна річна витрата	Одиниця виміру	Характеристика токсичності речовини відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.005, ГДК 4617 (доп.1-7)			
			ГДК, мг/м ³	агрегатний стан	клас небезпеки	особливості дії на організм
1	2	3	4	5	6	7
1 Природний газ, у т.ч.: - метан	76 472 700	м ³ /рік	7000	п	IV	Має наркотичну дію при більших дозах
2 Продувні гази виробництва метанолу: або синтез-газ	8 866 400	м ³ /рік	20 (за CO)	п	IV	Має загальноотрутну дію по оксиду вуглецю
3 Кисень технологічний газоподібний під тиском	38 790 500	м ³ /рік	-	п	-	-
4 Синтез-газ	101 963 600	м ³ /рік	20 (за CO)	п	IV	Має загальноотрутну дію по оксиду вуглецю
5 N-метил- α -пірролідон	75,3644	т/рік	100	а	III	Виявляє дратівну дію на слизуваті оболонки й шкіру.
6 Сода кальцинована технічна	2,2166	т/рік	2	а	III	При влученні на вологу шкіру й слизуваті оболонки

Продовження табл. 2.4.

1	2	3	4	5	6	7
7 Ацетилен піролізний, у т.ч.: - ацетилен	11 083	т/рік	75 (ОБРВ)	п	IV	На організм діє наркотично, викликаючи сп'яніння, балакучість, розладнення координації руху. При високих концентраціях може викликати важке отруєння із втратою свідомості, слабкий нерівномірний пульс. Ознаки отруєння: сильне порушення, нерухомість зіниць
8 Відпрацьований розчин моноетаноламіна	110,83	м ³ /рік		а	III	–
9. Фракція важка в т.ч. - Сажевий пил - Важка сажа й grit (коковий дріб'язок)	1030,719	т/рік	4 4	тв. а	II II	– –
10. Компресорне масло КП-8	4,234	т/рік	300	р	IV	–
11. Скидні гази відділення вінілацетату	2633,132	т/рік	75 (за ацетиленом)	п	IV	–

Продовження табл. 2.4.

1	2	3	4	5	6	7
12. Фракція важка (залишки утримуючі полімери, з апаратів при періодичному чищенні устаткування)	16,625	т/рік		тв.	I	Впливають на слизуваті оболонки й шкіру
13. Викиди від підігрівників природного газу, у т.ч.:	70 899,159	т/рік				
- оксид вуглецю			20	п	IV	О
- оксид азоту			5	п	III	О
- ангідрид сірчистий			10	п	III	–
14. Викиди від підігрівників кисню, у т.ч.:	33 827,547	т/рік				
- оксид вуглецю			20	п	IV	О
- оксид азоту			5	п	III	О
- ангідрид сірчистий			10	п	III	–
15. Викиди з димової труби циклонних агрегатів, у т.ч.:	135 669,647	т/рік				
- оксид вуглецю			20	п	IV	О
- оксид нітрогену			5	п	III	О
- ангідрид сірчистий			10	п	III	–
- вуглеводні в перерахуванні на метан			7000	п	IV	–
16. Викиди із приміщення стадії піролізу, у т.ч.:	1,0052	т/рік				
- ацетилен			75	п	IV	–
- оксид вуглецю			20	п	IV	–
17. Викиди із приміщення стадії водоочищення, від аераційного ліхтаря, у т.ч.:	36,385	т/рік				
- ацетилен			75	п	IV	–
- оксид вуглецю			20	п	IV	–
- сажа			4	п	IV	–

Продовження табл. 2.4.

1	2	3	4	5	6	7
18. Викиди із приміщення стадії компресії, у т.ч.: - оксид вуглецю - ацетилен	10,7948	т/рік	20 75	п п	IV IV	– –
19. Викид з виробничого приміщення стадії концентрування, у т.ч.: - оксид вуглецю - ацетилен	3,7128	т/рік	20 75	п п	IV IV	– –
20. Викид після устаткування прямика газгольдеру: - оксид вуглецю	0,148	т/рік	20	п	IV	0
21. Викид після встаткування прямика газгольдеру: - ацетилен	0,0628	т/рік	75	п	IV	0
22. Неорганізовані викиди від зовнішньої етажерки встаткування стадії концентрування, у т.ч.: - оксид вуглецю	24,571	т/рік	20	п	IV	0
23. Неорганізовані викиди від зовнішньої етажерки встаткування печей спалювання, у т.ч.: - оксид вуглецю	1,972	т/рік	20	п	IV	0
24. Неорганізовані викиди від зовнішньої етажерки встаткування стадії піролізу, у т.ч. - оксид вуглецю	6,151	т/рік	20	п	IV	0

Характеристики токсичності та засоби індивідуального захисту від основних забрудників наведені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Характеристики токсичності [18]

Сполука	Клас шкідливості	Характер дії на організм людини	Гранично допустима концентрація				Засоби індивідуального захисту
			Робочої зони	Населеного пункту		ГДК	
				В повітрі, мг/м ³	В воді, мг/л		
1	2	3	4	5	6	7	8
Бензол	2	У великих концентраціях – втрата пам'яті та смерть впродовж 1-2 хвилин	5	1,5	0,8	5,0	Протигаз марки А
N-метил-2-піролі-	4	Майже безбарвна рідина з характерним запахом; на шкіру та слизові оболонки діє подразнююче	100				Фільтруючий протигаз марки „А”
Азот	-	При атмосферному тиску надає задушливу дію	-	-	-	-	Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
Діоксид вуглецю	4	Володіє наркотичною і задушливою дією. При великих концентраціях спостерігається головний біль, шум у вухах, прискорене серцебиття, збільшення кров'яного тиску, запаморочення, непритомність	30000				Ізолюючі, шлангові протигази ПШ1 або ПШ2
Водень	-	Фізіологічно інертний газ, при високих концентраціях викликає задуху	-	-	-	-	Фільтруючі протигази марки М, шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
Оксид вуглецю	4	Надає отруйливу дію. Перешкоджає з'єднанню кисню з гемоглобіном крові	20	3	10	-	Фільтруючий протигаз марки «М». Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2

Продовження табл. 2.5.

1	2	3	4	5	6	7	8
Кисень	-	Вдихання повітря з великим вмістом кисню може викликати порушення діяльності легенів, серця і центральної нервової системи. Пониження концентрації кисню в повітрі до 16% приводить до порушення нормальної діяльності організму людини. При зменшенні кисню до 10% і нижче наступають судоми з можливим смертельним результатом					Шлангові протигази ПШ1, ПШ-2
Ацетилен	4	Володіє слабкою наркотичною дією	500				Фільтруючий протигаз марки «М». Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2
Вуглець	3	Пил накопичується в легенях, викликає їх захворювання	3,5	10	4	-	Респіратори Ф-62Ш, У-2К, РУ-60, ПРШ-2. Захисний одяг
Нафталін	4	Подразнює слизисту оболонку і шкіру. Тривале вдихання викликає захв. нервової системи, очей і нирок	20	0,003	0,003		Респіратор (ШБ-1) «Пелюстка»
Етилен	3	Володіє наркотичною дією, впливає на центральну нервову систему	3	2	3	0,5	Шлангові протигази ПШ-1, ПШ-2

2.4 Заходи зі зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище

Можна виділити наступні основні напрямки в здійсненні екологічно чистих технологічних процесів, у тому числі нафтохімічних і хімічних.

1) комплексне використання і глибока переробка сировини. Виробництво повинне бути як можна менш ресурсномістким (ресурсозберігаючі технології), здійснюватися з мінімумом витрат сировини і реагентів на одиницю

продукції. Напівфабрикати, що утворюються, повинні передаватися як сировину іншим виробництвам і цілком перероблятися.

2) оптимальне використання енергії і палива. Виробництво повинне здійснюватися при мінімальних витратах енергії і палива на одиницю продукції (енергозберігаючі технології) і, отже, теплові забруднення навколишнього середовища також мінімальні. Енергозбереженню сприяють: укрупнення і енерготехнологічне комбінування процесів; перехід на безперервні технології; удосконалювання процесів поділу; застосування активних і селективних каталізаторів, що дозволяють проводити процеси при знижених температурах і тисках; раціональна організація й оптимізація теплових схем рекуперації енергетичного потенціалу потоків, що відходять; зниження гідравлічного опору в системах і втрат тепла в навколишнє середовище і т.п. Нафтопереробні і нафтохімічні підприємства є великими споживачами палива й енергії. У їхньому енергетичному балансі на долю прямого палива приходиться - 43-45%, теплової енергії - 40-42% і електричної - 13-15%. Корисне використання енергетичних ресурсів не перевищує 40-42% , що приводить до перевитрати палива й утворенню теплових викидів у навколишнє середовище;

3) створення принципово нових маловідхідних технологічних процесів. Цього можна домогтися удосконалюванням каталізаторів, техніки і технології виробництв. Маловідхідні процеси більш ефективні, чим процеси з дорогими очисними спорудженнями. Економічніше одержувати невелику кількість сильно концентрованих відходів, які можна переробляти або ліквідувати за спеціальною технологією, чим великий обсяг сильно розведених відходів, що скидаються в біосферу.

4) створення і впровадження замкнутих систем водокористування, що включають (або зводять до мінімуму) споживання свіжої води і скидання стічних вод у водойми;

5) забезпечення високої експлуатаційної надійності, герметичності і довговічності функціонування устаткування і всіх систем виробництв. Зведення

до мінімуму або виключення імовірності аварій, вибухів, пожеж і викидів отруйних речовин у навколишнє середовище. Розробка автоматизованих систем забезпечення екологічної безпеки виробництв і комплексів;

б) забезпечення високої якості цільових продуктів, використовуваних у народному господарстві. Екологічно чистими повинні бути не тільки самі технологічні процеси, але і товарні продукти, що випускаються в них.

Основним напрямком, що забезпечує чистоту зовнішнього середовища, повинна бути організація технологічних процесів, що включає викиди в атмосферу, відпрацьованих газів, пари.

Повітрообмін у виробничих приміщеннях цеху здійснюється припливною вентиляцією.

Постійним викидом є вентиляційні викиди вуглецю оксиду з масовою концентрацією не більш 20 мг/м^3 із приміщення машинного залу к.851.

Видалення повітря відбувається природним шляхом через аераційні ліхтарі, фрамуги і шахти, розташовані в покрівлі корпусу, і витяжною вентиляцією "ВВ-1" і "ВВ-2".

Періодичні викиди шкідливих речовин відбуваються при планових і непланових зупинках у ремонт газових компресорів. Це газ, що залишився в комунікаціях газових компресорів після їхньої зупинки, відключення від загальних колекторів і скидання тиску з усіх ступенів на всас 1 ступені до тиску $0,0012-0,00400 \text{ МПа}$ (120-400 мм. в. ст.).

3. Нормування якості навколишнього середовища

3.1 Загальні принципи нормування

По чинному екологічному законодавству нормативи якості навколишнього середовища встановлюються у формі нормативів гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин, а також шкідливих мікроорганізмів та інших біологічних речовин, що забруднюють навколишнє середовище, та нормативів гранично допустимих рівнів шкідливих фізичних впливів на неї.

Нормативи якості навколишнього середовища виконують ряд функцій. Вони насамперед встановлюють граничні величини шкідливих хімічних, фізичних та біологічних впливів на природне середовище. До наприклад, гранично допустима концентрація двоокису азоту (NO_2) (максимальна разова та середньодобова) в атмосферному повітрі не повинна перевищувати 0,085 мг/куб.м; свинцю і його сполук - 0,0007 мг/куб.м; сірчистого ангідриду - 0,5 (максимальна разова) і 0,05 (середньодобова) мг/куб.м; соляної кислоти - 0,2 мг/куб.м.

Такі нормативи служать також для оцінки стану атмосферного повітря, вод, ґрунтів за хімічним, фізичним і біологічним характеристикам. Встановлені у відповідності з вимогами законодавства нормативи якості навколишнього середовища є одним з юридичних критеріїв для визначення її сприятливого стану. На практиці це важливо мати на увазі у разі потреби, наприклад, захисту права громадян на сприятливе навколишнє середовище. Стан вод, ґрунтів, атмосферного повітря, відповідне нормативам якості, тобто сприятливий, свідчить або про відсутність антропогенного навантаження на природу, або про високої ефективності дії механізму охорони навколишнього середовища і навпаки.

Нормативи якості навколишнього середовища враховуються також при оцінці впливу планованої господарської діяльності, реалізація якої буде пов'язана з негативним впливом на природу, при розвитку міст та інших населених пунктів. Дотримання цих нормативів та інших екологічних вимог, коли розробляються

природоохоронні заходи при проектуванні підприємств та інших об'єктів, може розглядатися як критерій екологічної обґрунтованості відповідних проектних рішень.

Розглянуті нормативи якості утворюють основу для регулювання охорони навколишнього середовища від хімічних, фізичних і біологічних впливів на природне середовище окремими джерелами - підприємствами, транспортними засобами тощо

При встановленні цих нормативів та з економічної та екологічної точок зору важливо виходити з їх наукової обґрунтованості. Дотримання завищених навіть на мізерні частки нормативів обертається для держави величезними фінансовими і матеріальними витратами. У той же час заниження їх пов'язане з ризиком заподіяння шкоди здоров'ю людей і навколишньому середовищу.

Тому в законодавстві визначені юридичні критерії, з урахуванням і на основі яких встановлюються нормативи якості навколишнього середовища. Під критеріями у даному разі розуміються ті суспільні інтереси, які враховуються при розробці нормативів. Вони виражені, наприклад, у ст. 26 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», згідно з якою нормативи гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин встановлюються в інтересах охорони здоров'я людини, збереження генетичного фонду, охорони рослинного і тваринного світу. Це означає, що нормативи ГДК відповідних шкідливих речовин повинні бути визначені на рівні, що виключає заподіяння шкоди здоров'ю людини, рослинному і тваринному світу. Державні природоохоронні органи, відповідальні за розробку і затвердження цих нормативів, повинні виконувати дане правило.

3.2 Нормування якості атмосфери

Повітряна оболонка - атмосфера, що оточує нашу планету, є тим середовищем, без якої життя не можлива. Нормальний хімічний склад

атмосферного повітря наступний: азот - 78,08%; кисень - 20,95%; вуглекислий газ - 0,03%, аргон, гелій, неон, криптон, ксенон, радон, озон, водень - 0,94% . Забруднюючі речовини - це всі тверді, рідкі або газоподібні речовини, що змінюють природний склад атмосфери і несприятливо впливають на живі організми.

Гігієнічна наука визначила умови, за яких промислові викиди в атмосферу не можуть заподіяти шкоди здоров'ю людини. Концентрація шкідливих речовин в атмосфері, яка при щоденному впливі протягом необмеженого часу не може викликати у людини будь-яких ненормальних змін або захворювань, що виявляються сучасними засобами дослідження, називається гранично допустимою концентрацією шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів, скорочено ГДК. Її прийнято виражати в міліграмах на один кубічний метр.

Екологічне нормування один з найважливіших заходів з охорони навколишнього середовища. Дозволяє вирішувати питання допустимого навантаження на екосистеми, встановити межі впливу людини на середовище існування в процесі виробництва.

Критеріями якості повітря, використовуваними при розрахунку, є ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. Якщо на підприємстві в одному регіоні величини ГДВ з об'єктивних причин не можуть бути досягнуті, то можна поетапно знижувати викиди до величин ГДК шляхом тимчасово узгодженого викиду (ТУВ).

При розробці заходів щодо скорочення викидів в процесі проектування, будівництва, реконструкції промислового підприємства не рекомендується передбачати викиди забруднюючих речовин через велике число низьких труб, вентиляційних шахт, дефлекторів, аераційних ліхтарів.

Викиди повинні централізуватися в менше число труб, висота яких не повинна бути більше, ніж прилеглі будівлі в 2,5 рази в радіусі 4 - 5 висот. Збільшення висоти труб для розсіювання речовин до ГДК у приземному шарі

атмосфери допускається лише після використання всіх доступних технічних засобів щодо скорочення викидів на сучасному рівні.

При використанні труб з висотою понад 250 м на енергетичних установках і більше 200 м на інших підприємствах потрібне узгодження з органами оргкомгідромета. За наявності техніко-економічного обґрунтування необхідності такої споруди ГДВ і ТУВ встановлюються для кожного джерела окремо. Для неорганізованих викидів, в т.ч. і вентиляційних, з одного виробничого приміщення або на відкритому повітрі невеликих установок приймається сумарне, для сукупності джерел, значення ГДВ або ТУВ. Поряд з встановленими ГДВ і ТУВ для одиночних джерел, в результаті підсумовування встановлюється їх значення для підприємства, промислових об'єктів і комплексів в цілому. У зв'язку з цим враховуються фонові концентрації, тобто концентрації, фактично створювані іншими джерелами даного та інших підприємств району.

Основним критерієм встановлення ГДВ є ГДК речовин в атмосферному повітрі. При цьому необхідно дотримуватися співвідношення (3.1):

$$C/ПДК \leq 1 \quad (3.1)$$

Де, С - розрахункова концентрація домішки в приземному шарі атмосфери від усієї сукупності джерел.

При наявності в атмосфері і домішок, для яких встановлено необхідність обліку суміщеної їх дії в якості критерію при встановленому ГДВ використовуються вимоги виконання співвідношення (3.2):

$$(C_1/ПДК_1) + (C_2/ПДК_2) + \dots + (C_i/ПДК_i) \leq 1 \quad (3.2)$$

На територіях санітарних зон і курортів, у місцях санаторіїв і будинків відпочинку, в зонах відпочинку міст 1 замінюється на 0,8.

Екологічні критерії якості атмосферного повітря при встановленому ГДВ застосовуються після їх затвердження і в тих випадках, коли вони є більш жорсткими, ніж ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. [13]

3.3 Нормування антропогенного навантаження

3.3.1 Принципи розрахунку ГДВ

Нормування викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище виконується шляхом встановлення гранично допустимих викидів цих речовин в атмосферу (ГДВ) [8].

Величина ГДВ для викиду нагрітої газоповітряної суміші з одиночного джерела із круглим устям або групи таких близько розташованих однакових джерел у випадку, коли фонові концентрації розглянутої домішки встановлена незалежно від швидкості й напрямку вітру, і постійної на території міста, розраховується за формулою:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - Сф) * Н^2 * \sqrt[3]{V_1 * \Delta T}}{A * F * m * n * \eta}, \quad (3.3)$$

де ГДК – гранично допустима концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць, мг/м³;

С_ф – фонові концентрації домішки, визначена розрахунковим шляхом і незалежна від швидкості і напрямку вітру мг/м³;

А - коефіцієнт, що залежить від температури стратифікації атмосфери і визначальних умов горизонтального і вертикального розсіювання атмосферних домішок. На території України А = 160;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання забруднюючих речовин в атмосфері. Для газоподібних речовин і дрібнодисперсних аерозолів, швидкість упорядкованого осідання яких не більше 3-5 м/с, F=1. Для більше дрібнодисперсних пилу і золи при середньому експлуатаційному коефіцієнті очищення не менш 90%, F =2. При експлуатаційному коефіцієнті очищення від 75% до 90%, F = 2,5, а менш 75% або при його відсутності, F=3.

Н - висота джерела викиду, м;

ΔТ - різниця між температурою газу й температурою повітря;

η - коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу на розсіювання домішок;

V_1 – об'єм газоповітряної суміші ($\text{м}^3/\text{с}$), визначається за формулою [8]:

$$V_1 = \frac{\pi * D^2}{4} * \omega_0 \quad (3.4)$$

де D - діаметр устя джерела викидів, м;

ω_0 – середня швидкість виходу суміші із джерела, м/с.

Величини m та f розраховуються за формулами [8]:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 * \sqrt{f} + 0,34 * \sqrt[3]{f}} \quad (3.5)$$

$$\text{та } f = 10^3 * \frac{\omega_0^2 * D}{H^2 * \Delta T} \quad (3.6)$$

При $V_m < 0,3$, $n = 3$, при $V_m > 2$, $n = 1$, а при $0,3 < V_m \leq 2$ n визначається за формулою [8]:

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) * (4,36 - V_m)} \quad (3.7)$$

Максимальну приземну концентрацію забруднюючої речовини розраховують за формулою [8]:

$$C_m = \frac{A * \Gamma_{ДВ} * F * m * n}{H^2 * \sqrt[3]{V_1} * \Delta T} \quad (3.8)$$

3.3.2 Розрахунок ГДВ

Вихідні дані: $A=160$; $F=3$; $H=33$; $\eta=1$; $n=1$; $\Delta T=320-25=295^\circ\text{C}$; $\omega_0=3,04$ м/с.

Діоксид азоту (NO_2):

$$V = \frac{3,14 * 1,27^2}{4} * 3,04 = 3,85 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{1,21} + 0,34\sqrt[3]{1,21}} = 0,876$$

$$f = 10^3 * \frac{3,04^2 * 1,27}{33 * 295} = 1,21$$

$$\Gamma_{ДВ} = \frac{(0,085 - 0) * 33^2 * \sqrt[3]{3,85 * 295}}{160 * 3 * 0,876 * 1 * 1} = 0,876 \text{ г/с}$$

$$C_m = \frac{160 * 0,876 * 3 * 0,876 * 1}{33^2 \sqrt[3]{3,85 * 295}} = 0,0324 \text{ мг/м}^3$$

$$C_m < \text{ГДК}$$

Оксид вуглецю CO:

$$\text{ГДВ} = \frac{(5,0 - 0) * 33^2 * \sqrt[3]{3,85 * 295}}{160 * 3 * 0,876 * 1 * 1} = 135,1 \text{ г/с}$$

$$C_m = \frac{160 * 135,1 * 3 * 0,876 * 1}{33^2 \sqrt[3]{3,85 * 295}} = 5 \text{ мг/м}^3$$

$$C_m = \text{ГДК}$$

Висновок: максимальна приземна концентрація шкідливих речовин не перевищує у всіх випадках гранично допустиму концентрацію. Установа не потребує додаткових засобів очищення.

Сажа:

розрахуємо ГДВ_{саж}.

$$\text{ГДК}_{\text{мр,саж}} = 0,15 \text{ мг/м}^3.$$

$$\text{ГДВ}_{\text{саж}} = \frac{(0,15 - 0,01) * 33^2 * \sqrt[3]{3,85 * 295}}{160 * 3 * 0,876 * 1 * 1} = 0,78 \text{ г/с}$$

Фактичний викид сажі $m_{\text{саж}}$ складає:

$$m_{\text{саж}} = \frac{200 * 5,3}{1000} = 1,06 \text{ г/с}$$

Висновок: так, як фактичний викид вердих домішок більше гранично допустимого, необхідно замінити технологію спалювання сажі – на діючому виробництві, пропонується – окислення в розплаві високотемпературного теплоносія.

4 Аналітичний огляд

В даний час всі промислово розвинені країни отримують ацетилен і з карбїду кальцію, і з нафтової сировини і природного газу, причому частка ацетилену з вуглеводневої сировини помітно росте. Виробництво різних продуктів, для синтезу яких використовується ацетилен, також з року в рік зростає. Збільшується споживання ацетилену для виробництва вінілацетату, а також на синтез тетрахлоретана, дегідрохлоруванням якого отримують трихлоретилен.

Широке застосування знаходить ацетилен у виробництві різних галоїдпохідних, в першу чергу вінілфторида і вінілбромида, які потім полімеризують для отримання цінних полімерів. Зокрема, одним з перспективних полімерів є полівінілфторид. Є і багато інших областей використання ацетилену, про які неможливо сказати в короткому введенні [3].

На сьогоднішній день ацетилен, як сировина, для органічного синтезу потіснений етиленом, одержуваним з нафти. Проте запаси нафти виснажуються швидше, ніж природний газ. Тому ацетилен знову займе лідируючу позицію як сировина для хімічної промисловості і не тільки. Майбутнє виробництва ацетилену в першу чергу пов'язане з вдосконаленням і розвитком методів його переробки і з отриманням нових синтетичних продуктів. А також в пошуку нових шляхів синтезу дешевої і доступної сировини.

Ацетилен $\text{CH}\equiv\text{CH}$ був відкритий в 1836 р. англійським хіміком Деві при дослідженні складу світільного газу, але став доступний тільки в кінці XIX ст., після того, як в 1892 р. був вперше отриманий в промислових умовах карбїд кальцію, що став потім сировиною для виробництва ацетилену [2]. Аж до 30-х років XX ст. єдиний промисловий процес отримання ацетилену був заснований на реакції карбїду кальцію з водою.

В період широкого розповсюдження ацетилену для різних уживань були розроблені нові процеси виробництва ацетилену, які розвивалися паралельно з

виробництвом ацетилену з карбіду [3]. Використання природного газу і продуктів переробки нафти стало новим могутнім стимулом для отримання ацетилену і подальшого розвитку на його основі крупної промисловості органічного синтезу [2].

Ацетилен в промисловості отримують декількома способами, використовуючи два види сировини: карбід кальцію, отриманий з гашеного вапна, а також різноманітна вуглеводнева сировина. В даний час зі всіх відомих методів отримання ацетилену з вуглеводневої сировини промислове використання знайшли: гомогенний піроліз рідкої вуглеводневої сировини і окислювальний піроліз природного газу.

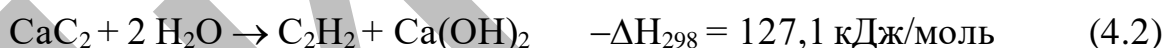
4.1 Одержання ацетилену з карбіду кальцію

Карбід кальцію одержують із оксиду кальцію й коксу в електродугових печах.

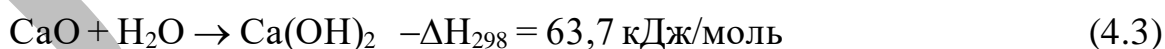


Реакція сильно ендотермічна і вимагає великих витрат електроенергії, що складає істотний елемент в собівартості виробленого ацетилену.

При розкладанні карбіду кальцію, що утворився, водою по екзотермічній реакції виходить ацетилен [1]:



Тепло, що виділяється при розкладанні технічного карбіду кальцію, є сумою кількостей тепла, що виділяється при взаємодії з водою карбіду кальцію і негашеного вапна, що міститься в технічному карбіді. Реакція вапна з водою протікає по рівнянню:



Теоретично для розкладання 1 кг хімічно чистого карбіду кальцію потрібно витратити 0,562 кг води; при цьому утворюється 1,156 кг гашеного вапна і 0,406 кг ацетилену. Таким чином, теоретичний вихід сухого ацетилену з хімічно чистого карбіду кальцію складає 372,3 л/кг. Фактичний вихід ацетилену з технічного

карбіду кальцію унаслідок наявності в останньому домішок і розкладання його вологою повітря коливається від 230 до 310 л/кг.

Перевага карбідного методу полягає в отриманні ацетилену високої концентрації, очищення якого від невеликої кількості домішок не зустрічає утруднень. Концентрація ацетилену після очищення досягає 99,9 % [2].

Основними недоліками карбідного методу є велика витрата електроенергії на отримання карбіду кальцію, багатостадійність перетворення сировини ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} \rightarrow \text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2$) і значні капіталовкладення у виробництво [1]. Окрім цього, виробництво карбіду кальцію, не дивлячись на постійне вдосконалення технологічного процесу, залишається громіздким і важким за умовами праці. Серйозним обмеженням для розвитку цього процесу залишаються труднощі в забезпеченні вапняком, технологічним вимогам, що задовольняють за якістю, а також високоякісним коксом. Багато крупних родовищ вапняку, придатного для переробки, не можуть використовуватися, оскільки перевезення вапняку на дальні відстані не вигідне. Всі вказані обставини часто служать серйозним аргументом на користь вибору інших методів виробництва ацетилену [2].

4.2 Одержання ацетилену піролізом вуглеводнів

Піроліз полягає в розкладанні і різних перетвореннях вихідних вуглеводнів при температурах вище 1000°C за час $0,0005 - 0,02$ с. Протягом цього часу потрібно здійснити нагрів сировини, саму реакцію і охолодження продуктів, що утворилися, до 200°C .



Високотемпературний піроліз вуглеводнів до ацетилену можна розглядати як ряд послідовних реакцій, первинні продукти яких не пов'язані безпосередньо з кінцевими рівноважними продуктами.

Розрізняють наступні технологічні схеми піролізу залежно від способу подачі тепла в зону реакції: регенеративний піроліз, піроліз в трубчастих печах,

гомогенний піроліз в потоці газоподібного теплоносія, піроліз з заглибленим горінням [2].

Піроліз у регенеративних печах

Процес протікає на стаціонарній або рухомій вогнетривкій насадці. Насадка періодично або постійно нагрівається паливним газом до 1800 – 2000°C. Після протікання ендотермічних реакцій піролізу насадка охолоджується до 800–900°C, потім її тепло використовується для підігріву вуглеводнів, повітря і паливного газу.

Прикладом регенеративного піролізу є піроліз по методу Вульфа. Процес проводять при високій температурі (1100 – 1300°C) і низькому загальному тиску (0,04–0,05 МПа). Для зниження парціального тиску вихідну сировину розбавляють водяною парою або зворотними газами; можна також проводити процес у вакуумі.

Однією з особливостей методу є одночасне утворення ацетилену і етилену з будь-якої вуглеводневої сировини, окрім метану. Співвідношення ацетилену і етилену в газі піролізу залежить від режиму роботи печі. Етилен можна виділяти у вигляді готового продукту або повертати в цикл. У останньому випадку вихід ацетилену збільшується приблизно в 2 рази.

При проведенні піролізу пропана при тиску 0,05–0,12 МПа і ваговому співвідношенні пар : сировина $\approx 1 : 3$ максимальний вихід ацетилену склав близько 30% (вага.) при 1150°C. Склад газів піролізу приведений нижче (у % об.):

Ацетилен	10,0	Вінілацетилен	0,16
Етилен	3,8	Діацетилен	0,04
Метан	15,0	Водень	55,98
Етан	0,1	Кисень	0,7
Пропан	0,2	Оксид вуглецю	6,9
Бензол	0,14	Діоксид вуглецю	1,6
Метілацетилен	0,2	Азот	5,2

Основним апаратом процесу Вульфа є регенеративна піч, така, що є горизонтальним апаратом прямокутного перетину, що складається з двох камер-регенераторів, розділених топкою. З обох кінців печі є пристрої для підведення і виведення газу. Для нагріву печі і проведення реакції використовується тепло, що виділяється при згоранні паливного газу, що подається в центральну частину топки. Кожна камера-регенератор має вогнетривку насадку, яка поглинає тепло в період нагріву і віддає його протягом робочого циклу крекінгу. Насадка і прилеглі до неї шари футерування виготовлені з 99%-ного окислу алюмінію.

У регенеративних печах Вульфа можна піддати піролізу не тільки індивідуальні вуглеводні (пропан, бутан), але і різні нафтові дистилати. Наприклад, при піролізі газойля (межі википання 220–312°C) у присутності водяної пари при тиску 0,049 МПа максимальний сумарний вихід ненасичених вуглеводнів складає ~ 45%, а максимальний вихід ацетилену рівний 22% при 1100°C.

Установки регенеративного піролізу складні в експлуатації, оскільки для підвищення виходу цільових продуктів потрібні вакуум, відносно високі температури і жаростійкі матеріали (окисел алюмінію) [2].

Піроліз в рухомому шарі твердого теплоносія

Фірмою Phillips (США) розроблена дослідно-промислова установка для піролізу вуглеводневої сировини в рухомому шарі твердого теплоносія.

Гранульований теплоносій (розмір зерен 3–5 мм) нагрівається топковими газами до 1100 – 1200°C і поступає в реакційну камеру, куди подаються етан, пропан або важчі вуглеводні. Насадка-теплоносій в процесі піролізу охолоджується, віддаючи тепло реакційним газам, і забруднюється сажею, яка в наступній зоні випаюється. Чиста насадка передається елеватором або пневматично в нагрівальну камеру і потім знов поступає в реакційну камеру.

Для забезпечення інтенсивної теплопередачі підтримується висока різниця температур між гранулами теплоносія і газом шляхом підвищення кратності циркуляції теплоносія. У зв'язку з цим навіть при низькій температурі початкової

газоподібної сировини на вході в реакційну камеру (90°C) температура гранул, що виходять з неї, достатньо висока (500°C). Попереднє нагрівання сировини перед подачею в реакційну зону небажано, оскільки при цьому підвищується температура теплоносія і ускладнюється робота пневмотранспорту.

При піролізі етан-пропанової фракції, що містить 63,1% (об.) етану, 4,6% (об.) пропана, 32,2% (об.) метану загальний ступінь конверсії склав 96,8% і отриманий газ мав наступний склад:

Ацетилен	5,4	Вищі ацетиленові	
Етилен	20,1	вуглеводні	0,4
Метан	25,8	Бензол	0,8
Етан	1,1	Толуол	0,2
Пропан	0,1	Оксид вуглецю	1,2
Бутадиєн	0,4	Діоксид вуглецю	0,3
Водень	43,8	Інші	0,1

Вихід цільових продуктів склав 14,5% по ацетилену і 53,4% по етилену (з розрахунку на пропущену сировину). Вихід ацетилену, проте, був дуже малий, тому, а також із-за складності установки і високих вимог до гранульованого теплоносія, процес не знайшов промислового застосування для сумісного отримання ацетилену і етилену [2].

Піроліз в трубчастих печах

Ацетилен отримують в трубчастих печах за тих же основних умов, які потрібні для регенеративних процесів: висока температура, низький парціальний тиск початкового вуглеводня і короткочасний нагрів реакційної суміші. У трубчастих реакторах теплообмін здійснюється через стінку, тому необхідно стежити за рівномірністю обігріву труб і застосовувати метали підвищеної жаростійкості і міцності.

Процес в трубчастих печах має великі переваги в порівнянні з регенеративними установками: можливість створення безперервного процесу і отримання більш концентрованих газів, не розбавлених продуктами згорання.

Основним апаратом є піч з безполумєними панельними пальниками. Труби виготовлені з залізо-хромо-алюмінієвого сплаву, придатного до роботи в умовах температур порядку 1200°C і що володіє задовільними механічними властивостями. Загартовування газів піролізу здійснюється в спеціальному апараті колекторного типу, куди через 8 форсунок подається вода. Процес проводиться з періодичними зупинками для випалення коксу, що поступово накопичується в трубах. В період випалення в трубки подають повітря.

Типовий склад газів і вихід компонентів при піролізі бутану в трубчастій печі (1050°C, сировина : пара = 1 : 2) наведений нижче:

Компонент	Склад, % об.	Вихід, % вага.
Ацетилен	12,80	20,75
Етилен	14,60	25,50
Метан	26,10	26,03
Етан	1,00	1,87
Пропилен	0,50	1,37
Ароматичні вуглеводні	0,25	0,76
Гомологи ацетилену	1,70	8,25
Водень	40,60	5,03
Окис вуглецю	2,15	3,73
Смола й кокс	0,30	1,31

За основними показниками процес в трубчастій печі мало відрізняється від установок регенеративного піролізу. Складність конструювання подібних печей і відсутність достатньо жаростійких матеріалів для виготовлення труб ускладнює подальший розвиток цього способу. Проте слід відмітити, що розвиток хімічної промисловості різних високотемпературних процесів, здійснюваних в апаратах

трубчастого типу, а також поява жаростійких високоміцних матеріалів може привести до подальшого вдосконалення цього методу піролізу [2].

Піроліз з електронагрівом

Такий процес з використанням електронагріву для створення ізотермічної зони був розроблений в США із застосуванням різної вуглеводневої сировини (від метану до дистилатів нафти). Реактор є судина з концентрично розташованими трубками. Власне реакційна трубка з алюмінію поміщена в графітовий елемент опору. Останній забезпечує необхідний електронагрів, для чого використовується напруга 3 кВ. Для здійснення селективного піролізу метану до ацетилену і водню необхідно точно встановити межі реакційної зони. За її початок береться крапка, температура якої приблизно на 250°C нижча за температуру процесу. Різниця між температурою газу в реакційній зоні і температурою стінки реактора складає приблизно 100°C. Таким чином створюються майже ізотермічні умови.

Метан вводиться в реактор при нормальній температурі, а в реакційну зону поступає при температурі вище 1500°C; гази, що виходять, безперервно виводяться з неї при 600–800°C. Час реакції 0,05 с. Ступінь конверсії метану 90% за один прохід. У газі піролізу міститься (у % об.):

Ацетилен	21,1	Вищі ацетиленові	
Етилен	0 – 0,1	вуглеводні	0,1
Метан	4,9	Водень	74,0

Водень, що виходить в цьому процесі після виділення ацетилену, можна безпосередньо використовувати для синтезу аміаку, що істотно покращує техніко-економічні показники методу [2].

Гомогенний піроліз в потоці газу-теплоносія

Це процес сумісного отримання ацетилену і етилену піролізом різної сировини (від пропана до легкого бензину) в потоці високотемпературного газу-теплоносія. Теплоносієм при гомогенному піролізі є топкові гази, що отримують

при згоранні паливного газу в атмосфері повітря або кисню. Теплова напруга в камерах згорання і в реакційній зоні дуже високо, що дозволяє створювати відносно малогабаритні реактори при високій продуктивності по сировині.

При гомогенному піролізі в газовій фазі здійснюється безпосередній контакт сировини, що піролізується, з газом-теплоносієм, тому реактори можна виготовляти з металу з мінімальним використанням вогнетривких матеріалів (футеровані тільки стінки реакційної камери). Охолодження стінок здійснюється водою або паром, що створює завісу. Застосування металу значно спростило конструкцію і зменшило капітальні витрати на основне устаткування. При такому конструктивному рішенні полегшується «загартування» реакційних газів і знижуються виділення сажі і відкладення коксу. На відміну від регенеративних процесів, в реакторі створюється вища температура, завдяки чому вихід ацетилену і етилену при гомогенному піролізі вищий, проте загальний тепловий к.к.д. гомогенних процесів декілька менше [2].

Піроліз сирої нафти із заглибним горінням

Фірма BASF розробила спосіб отримання ацетилену піролізом сирої нафти в полум'ї кисневого пальника. Кисень, підігрітий до 600°C , змішується в пальнику з вихідною нафтою, і отримана суміш випускається в реактор піролізу через сопло Лавалю з великою швидкістю – вище 1000 м/с . При цьому в нижній частині реактора в шарі нафти миттєво виникає полум'я, температура якого рівна 1480°C . При високій температурі полум'я відбувається піроліз нафти з утворенням ацетилену. Розміри факела горіння обмежуються нафтою, що оточує його, температура якої спеціально підтримується $200\text{--}260^{\circ}\text{C}$. Різде зниження температури по периферії факела запобігає розкладанню ацетилену.

Оскільки реакції піролізу здійснюються при високих швидкостях потоку, процес можна вести при підвищеному тиску без істотного зменшення виходу ацетилену. Проведення процесу під тиском виключає подальше компримування газу піролізу, що дуже зручно, оскільки в ньому є велика кількість речовин, що легко полімеризуються, які утрудняють стиснення.

Склад газів піролізу (у % об.) мало залежить від природи сировини і тиску процесу:

	При 0,15 МПа	При 0,87 МПа		При 0,15 МПа	При 0,87 МПа
Ацетилен	8,0	7,0	Гомологи C ₂ H ₂	1,0	0,9
Етилен	6,5	6,6	Водень	23,0	27,0
Метан	4,0	4,0	Оксид вуглецю	42,1	45,0
Пропилен	1,2	1,2	Діоксид вуглецю	9,0	6,0
Вуглеводні C ₄	2,0	1,0	Азот і ін.	3,2	1,3

Для отримання 1000 м³ газу піролізу витрачається 0,5 – 0,8 т нафти і 370 м³ кисню. На ацетилен перетворюється близько 16% (вага.) вихідної сировини.

Однією з основних переваг отримання ацетилену піролізом вуглеводневої сировини є можливість використання для цих цілей самих різних вуглеводнів, що дозволяє будувати установки піролізу в районах з практично будь-якими вуглеводневими ресурсами. В основному вибір сировини визначається продуктивністю установки і заданим співвідношенням ацетилену і етилену [2].

4.3 Одержання ацетилену електрокрекінгом вуглеводнів

Першим таким процесом, здійсненим у великому масштабі, був процес електродуги, розроблений до 1939 р. фірмою Jasco Inc., американським філіалом I.G. Farbenindustrie. Фірма Chemische Werke Huls (Німеччина) на пілотній установці, починаючи з 1940 р. виробляла цим методом більше 600 000 т ацетилену в рік. Газ, що містить метан і пропан, нагрівався дугою майже до 2000°С, а потім з максимально можливою швидкістю охолоджувався водою до 200°С. Газ, що виходить, містив 14% ацетилену. Газ промивали водою під тиском 18 ат, а з

водного розчину, що утворюється, при зниженні тиску виділявся ацетилен, що мав чистоту 97%.

При здійсненні електричного розряду в середовищі газоподібних вуглеводнів відбувається місцеве розігрівання газу і розщеплювання його молекул на радикали, рекомбінація яких приводить до утворення ацетилену, його гомологів, сажі, водню і деякої кількості етилену.

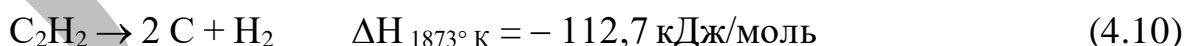
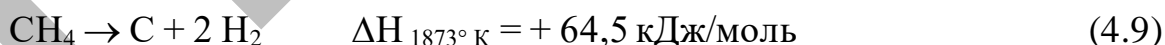
Розкладання метану в тліючому розряді протікає по наступному радикальному механізму:



Ацетилен утворюється при димерізації метинних радикалів $\cdot\text{CH}\cdot$ і в результаті приєднання атомарного вуглецю до метиленових радикалів $\cdot\text{CH}_2\cdot$. Крім того, в газах крекінгу виявлені діацетилен і вищі ацетилени.

Термодинамічні і кінетичні умови утворення ацетилену в електричній дузі в основному такі ж, як при термічних процесах. Накладення електричного поля і зіткнення початкового вуглеводня і кінцевих продуктів реакції з вузьким потоком газу, що знаходиться в стані ізотермічної плазми, ініціює термічний крекінг; при цьому з реактора виходять гази з вищим, ніж при чисто термічних процесах, змістом ацетилену і продуктів його полімеризації і деструкції.

У процес електротрекінгу метану при температурі 1600°C протікає декілька реакцій, що конкурують між собою:



У зоні високого нагріву електричної дуги є достатньо енергії для здійснення всіх цих процесів і, отже, сумарний напрям крекінгу визначається головним чином кінетикою складових його стадій. При встановленні оптимального режиму

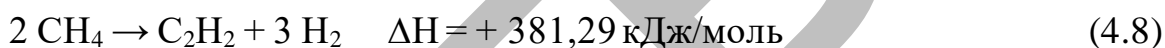
(температура 1500–1600°C, тривалість реакції $0,5 \cdot 10^{-3} \div 1 \cdot 10^{-3}$ с) можна добитися максимального виходу ацетилену і придушення побічних реакцій.

Електрична дуга для розщеплювання вуглеводнів до ацетилену використовується в промисловості досить широко. Ведеться розробка методів піролізу вуглеводнів в струмені водневої плазми і методів електрокрекінгу рідких вуглеводнів.

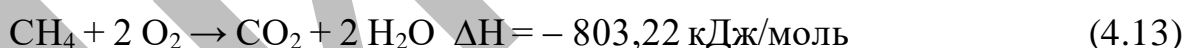
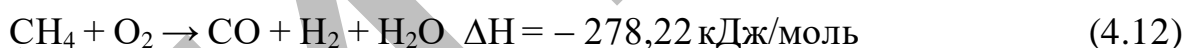
Процес електрокрекінгу характеризується відпрацьованістю технологічної схеми. Концентрація ацетилену в газі, отриманому цим способом, вище, ніж при інших методах. Попередній підігрів вуглеводнів ще більш покращує техніко-економічні показники електрокрекінгу [2].

4.4 Отримання ацетилену окислювальним піролізом вуглеводнів

При окислювальному піролізі тепло, необхідне для проведення ендотермічної реакції утворення ацетилену



виділяється в результаті спалювання частини вихідної сировини в атмосфері кисню:



Спалювання частини вуглеводня для отримання необхідного тепла і сам процес розщеплювання вуглеводня, що залишився, протікають в одному факелі. Це обумовлює ефективну теплопередачу від джерела тепла до компонентів, що нагріваються.

При нестачі кисню і високій температурі згорання метану відбувається в основному по реакції (1.12). Вона протікає дуже швидко, і утворення ацетилену (як повільніший процес) починається лише в зоні, практично позбавленій кисню.

Оскільки процес протікає в автотермічному режимі, для підтримки температури $\approx 1500^\circ\text{C}$, необхідної для розкладання метану, співвідношення

початкових об'ємів CH_4 і O_2 повинне складати $100 : (60 \div 65)$, що знаходиться поза межами вибуховності цих сумішей. Небезпечні концентрації можуть виникнути лише під час змішення, що проводиться при достатньо високій швидкості і турбулентності потоку газу.

Реакційні газы, отримані при окислювальному піролізі, мають складний склад і містять тільки 7–9 % (об.) C_2H_2 . Основними компонентами газів є CO [26–27 % (об.)] і CO_2 [3–4 % (об.)]. Вміст гомологів ацетилену досягає 0,2–0,3 % (об.).

Для виділення і очищення ацетилену використовують його властивість краще, ніж інші компоненти реакційних газів, розчинятися в деяких агентах: у метанолі або ацетоні при охолодженні до мінус 70°C і особливо в діметілформаміді і N-метілпірролідоні при кімнатній температурі [1]. Концентрація ацетилену досягає 98,7 % (об.).

В даний час в промисловості різних країн процес отримання ацетилену окислювальним піролізом має найбільше застосування в порівнянні з іншими методами його отримання з вуглеводневої сировини. Перевага окислювального піролізу – значно менше споживання енергії, чим при карбідному способі, і використання широко поширеного природного газу [2].

Проте при виробництві ацетилену економічно виправданими є ті методи, які дозволяють отримувати найбільш дешевий продукт на основі наявних в даному районі енергетичних і матеріальних ресурсів.

4.5 Патентний огляд

Патент №2160300 Росія (1998 р.)

Спосіб переробки твердих органічних відходів, установка і деструкція для його здійснення

Островский Ю.В., Заборцев Г.М., Шпак А.А., Матюха В.А.; Новосибирский государственный проектно-изыскательский институт ВНИПИЭТ

Винахід відноситься до способів і установок для переробки безполумєним спалюванням твердих органічних відходів в розплаві солей і лугів і може бути використано в хімічній, нафтохімічній, атомній (переробка РАВ) і інших галузях промисловості.

Патент №4665261 США (1987 р.)

Спосіб конверсії вуглеводнів з використанням сольових розплавів

Н. Mazurek; Atlantic Richfield Company (США)

Патентується спосіб конверсії низькомолекулярних вуглеводнів, таких як метан або природний газ, в складніше побудовані вуглеводні за допомогою контакту з сольовими розплавами. Розплав при цьому повинен містити метал, оксид якого відновлюється при контакті з метаном в інтервалі температур від 500 до 1000°С до вищих вуглеводнів і води. Регенерацію сольової суміші ведуть за допомогою контакту з кисневмісним газом. Як сольові суміші можуть використовуватися, наприклад, системи $\text{WO}_4 - \text{Na}_2\text{MoO}_4 - \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{Li}_2\text{CO}_3 - \text{Na}_2\text{CO}_3 - \text{K}_2\text{CO}_3 - \text{MnO}_2$, розплав $\text{NaPr}_6\text{O}_{11}$.

Патент №4943643 США (1990 р.)

Окислення олефінів або алканів з використанням низькоплавких солей азотної кислоти

Pennington В. Timothy, Fullington Michael С.; OLIN CORP

Процес полягає в окисненні олефінів з використанням пари в каталітичному розплаві солей для виробництва оксидів алкенів (олефінів) з вищою молярною селективністю, а також з скороченням кількості побічних альдегід-вмісних продуктів. Процес припускає використання розплавлених солей азотної кислоти, що включають нітрат літію, який нагрівається і працює при невеликих температурах в проміжку від 180 до 250°С, переважно від 200 до 250°С. [4]

5 Вибір та обґрунтування природоохоронного заходу

Охорона навколишнього середовища виступають зараз однією з найбільш актуальних проблем. Практично для всіх країн світу ця проблема має пріоритетне значення. Розвиток промислових сил і прискорення темпів зростання науково-технічного прогресу вимагають залучення в господарський оборот все зростаючого об'єму природних ресурсів, що підсилює інтенсивність обміну речовин між суспільством і природою. Вже зараз дія виробничої діяльності на біосферу в цілому досягла величезних масштабів і має тенденцію зростання.

У багатьох країнах світу екологічна ситуація напружена. Багато виробничих процесів, зокрема отримання ацетилену, загрозовано небезпечно екологічно і не рідко супроводжуються надзвичайними ситуаціями для навколишнього середовища. Має місце розуміння суспільством справжньої серйозності негативної екологічної ситуації, що склалася, що росте.

В процесі виробництва ацетилену термоокислювальним піролізом метану утворюються побічні продукти (важка сажа і коксова дрібниця відділення піролізу, залишки, що містять полімери, водна суспензія дрібнодисперсної сажі відділення піролізу), що забруднюють навколишнє середовище, що приводять до порушення необхідної рівноваги між компонентами природи, погіршенню природних умов життя населення.

В роботі [21] розглядається окислення повітрям твердих вуглецьмістких відходів (сажа) виробництва ацетилену окислювальним піролізом природного газу. Окислення проводиться в рідкому високотемпературному теплоносії (РВТ). Відомо, що при окисленні сажі в газовій фазі у продуктах реакції присутні тверді токсичні речовини. Показано, що при окисленні в розплаві тверді частинки залишаються в рідині і не скидаються в навколишнє середовище.

Представлені експериментальні дані по окисленню повітрям сажі у вільному РВТ і заповненим насадкою. Розміщення насадки в розплаві теплоносія підвищує ступінь окислення сажі.

Переваги технології використання розплавів для організації високо ендо - та екзотермічних реакцій в розплавах забезпечуються високою теплоємністю, теплопровідністю і широким інтервалом робочих температур. Розплави мають в більшості випадків низький тиск парів. Велика їх перевага як реакційного середовища - інтенсифікація процесів тепло- і масообміну. Завдяки можливості забезпечення в усій реакційній зоні оптимальних температурних умов, реакції в розплавах протікають з високими швидкостями і селективністю. Для реакцій із значним екзо або ендоефектом, використання розплавів дозволяє легко організувати відведення надлишкового тепла або навпаки - передачу тепла в зону реакції за допомогою рециркуляції. Щільність розплавів при температурі 1500-1800⁰C порядку 1500-4000 кг/м³ , високий поверхневий натяг і низька в'язкість дають можливість легко розділяти газоподібних і більшість рідких продуктів.

При використанні процесу переробки сажі відділення сажеочищення ацетилену в рідкому високотемпературному теплоносії скорочуються токсичні і канцерогенні викиди в атмосферу, що значно покращує екологічну обстановку. Завдяки використанню теплоносія значно інтенсифікувався процес тепло- і масообміну, що підвищує ефективність технології окислення. Використання хлориду натрію як РВТ дозволяє зробити переробку економічно вигідною.

У цей момент на циклонному агрегаті об'єм якого становить 194 м³ спалюється 200 кг/год сажі (підприємство «Азот» м. Северодонецьк). Для такої кількості сажі при переробці за технологією РВТ знадобиться 12,5 м³ розплаву при $\alpha = 1$ з об'ємом реактора 25 м³.

6 Розробка природоохоронного заходу

6.1 Фізико-хімічні властивості речовин

Ацетилен за нормальних умов – безбарвний газ із слабким ефірним запахом, легше за повітря, малорозчинний у воді. Чистий ацетилен здібний до мимовільного розпаду. На повітрі ацетилен горить полум'ям, що сильно коптить, а в кисні – сліпуче білим з виділенням великої кількості тепла [2].

Фізико-хімічні властивості ацетилену, а також інших вуглеводневих газів, що утворюються в досліджуваному процесі, представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Фізико-хімічні властивості вуглеводневих газів [7]

Фізико-хімічні властивості	Метан	Етан	Етилен	Ацетилен
Хімічна формула	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₂ H ₂
Структурна формула	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \text{H} \\ \quad \backslash \quad / \\ \quad \text{C}=\text{C} \\ \quad / \quad \backslash \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$
Молекулярна вага, г/моль	16	30	28	26
Густина при н.у., кг/м ³	0,717	1,356	1,260	1,171
Температура кипіння, °С	мінус 161,6	мінус 88,6	мінус 103,7	мінус 83,6
Критична температура, °С	мінус 82,1	32,3	9,9	36,0
Критичний тиск, ат	47,3	49,8	52,2	63,7
Ср. теплоємність при постійному тиску в інтервалі 0-1200°С, кДж/м ³ ·град	2,864	4,823	3,751	2,788
Вища теплота згорання, кДж/м ³	39 830	70 370	63 430	58 870
Нижча теплота згорання, кДж/м ³	35 880	64 430	59 500	56 860
Октанове число (моторний метод)	125	125	81	80

У таблиці 6.2 представлений приблизний склад моторного масла.

Таблиця 6.2 – Моторні масла (автоли) [8]

Показники	Масла сірчаноокислотного очищення з бакинських нафт		Масло АС-9,5 селективного очищення з сірчистих нафт		
	АК-10	Індустріальне 50	Компаундірованне	Поглибленого очищення	Сірчано-кислотного очищення
Груповий хімічний склад, % об.					
нафтенно-парафінові	56,5	66	57	60	62
ароматичні	25	22,5	26	27	29,5
важка ароматика	15	10	13	10	6,4
смоли	1,3	1,0	1,6	1,0	0,8

Водень – за нормальних умов газ без кольору, запаху і смаку. Він в 14 разів легше за повітря (найлегша речовина на землі). По важкості зріджування водень – другий газ після гелію. У воді дуже мало розчинний. Поглинається у великих кількостях деякими металами (Pt, Pd) [9].

Хімічна формула

H_2

Молекулярна вага

2,02 г/моль

Густина при н.у.

0,09 г/л

Температура плавлення

мінус 259,19°С

Температура кипіння

мінус 252,87°С

Натрію хлорид – поварена сіль, безбарвні кристали. У природі широко поширений у вигляді кам'яної солі (галіту) [9].

Хімічна формула

$NaCl$

Молекулярна вага

58,5 г/моль

Показник заломлення

1,5443

Густина при н.у.

2,165 г/л

Розчинність у воді

26,43 % при 25°С

Температура плавлення

800,5°С

Температура кипіння

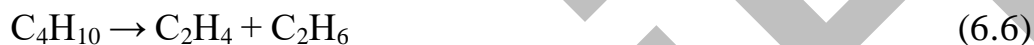
1413; 1467°С

Теплоємність (рідкого)

68,63 Дж/моль·К

6.2 Хімічні реакції досліджуваного процесу

Високотемпературний піроліз вуглеводнів до ацетилену можна розглядати як ряд послідовних реакцій, первинні продукти яких не пов'язані безпосередньо з кінцевими рівноважними продуктами.



Всі ці реакції йдуть із збільшенням об'єму, тому зменшення тиску (шляхом зниження загального тиску або парціального тиску компонентів при додаванні розбавлювачів) сприяє розкладанню вуглеводнів на проміжні продукти і ацетилен.

Окрім реакцій, вказаних вище, при піролізі можуть протікати реакції утворення етану і ароматичних вуглеводнів, наприклад бензолу:



При піролізі велике значення мають реакції крекінгу вихідних вуглеводнів на прості речовини:



Взагалі у ряді парафінових вуглеводнів схильність до крекінгу з виділенням вуглецю підвищується із збільшенням їх молекулярної ваги. Ацетилен, що утворюється в процесі піролізу, є проміжним продуктом реакції і при високій температурі також здібний до розкладання на прості речовини:



Це слід мати на увазі при виборі оптимальних умов піролізу. Тиск на реакцію розкладання ацетилену не робить впливу, оскільки процес йде без зміни об'єму, а підвищення температури перешкоджає цій реакції; тому, чим вище температура піролізу, тим більше ацетилену можна отримати за рахунок зменшення його розкладання [2].

Як сировина для отримання ацетилену практично можуть бути використані будь-які вуглеводні і їх суміші – газоподібні і рідкі. Проте хімічний склад сировини є одним з чинників, що впливають на вихід цільових продуктів піролізу (ацетилену і супутнього йому етилену). Відомо, що кращі результати виходять при піролізі парафінів нормальної будови, причому енергетика процесу знаходиться в прямій залежності від молекулярної ваги вуглеводня (таблиця 6.3).

Таблиця 6.3 – Залежність теплового ефекту реакції від сировини

Реакція	ΔH_{298} , кДж/моль C_2H_2
$2 \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3 \text{H}_2$	376,5
$\text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 2 \text{H}_2$	311,4
$2 \text{C}_3\text{H}_8 \rightarrow 3 \text{C}_2\text{H}_2 + 5 \text{H}_2$	296,0
$\text{C}_4\text{H}_{10} \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_2 + 3 \text{H}_2$	289,8
$2 \text{C}_5\text{H}_{12} \rightarrow 5 \text{C}_2\text{H}_2 + 7 \text{H}_2$	285,3
$\text{C}_6\text{H}_{14} \rightarrow 3 \text{C}_2\text{H}_2 + 4 \text{H}_2$	282,5

Піроліз ізопарафінів і нафтенів характеризується значно меншими виходами цільового продукту; найменше придатною сировиною виявляються ароматичні вуглеводні, при розкладанні яких утворення ацетилену незначне, а коксу і смол дуже велике. Досліджувалася також можливість застосування різних нафтових фракцій, при цьому в окремих випадках утворювався сумарний вихід етилену і ацетилену 40-55% [3].

Кожному виду сировини відповідають певні оптимальні параметри процесу. Природно, що переважніші чисті вуглеводні, проте це вимога в промислових умовах майже нездійсненна. Зростаючі ресурси газів нафтопереробки, що відходять, газового бензину і ін. дозволяють мати достатню кількість сировини, придатної для отримання ацетилену [2].

6.3 Термодинамічна характеристика процесу

Як відомо, показником можливості протікання реакції є зміна вільної енергії (ізобарний термодинамічний потенціал):

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T\Delta S^{\circ} \quad (6.1)$$

де ΔG° – вільна енергія системи при постійному тиску, Дж/моль·град;

ΔH° – зміна ентальпії в результаті протікання реакції при постійному тиску (теплота реакції), Дж/моль;

ΔS° – зміна ентропії, Дж/моль.

Дані розрахунків зміни вільної енергії дозволяють встановити термодинамічну можливість протікання різних реакцій і відносну стабільність вуглеводнів в широкому інтервалі температур [10].

Для визначення можливості протікання реакцій високотемпературного піролізу вуглеводнів до ацетилену розраховані термодинамічні параметри цих реакцій. Розрахунок проводився по методу Тьомкіна-Шварцмана. Результати розрахунку представлені на рисунку 6.1, де показана залежність ізобарно-ізотермічного потенціалу від температури.

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок про те, що піроліз рідких вуглеводнів нормальної будови (C_5 і вище) доцільніше проводити починаючи з $875^{\circ}C$, коли реакція стає термодинамічно можлива. Проте, з іншого боку, можна побачити закономірність, що із збільшенням довжини вуглецевого ланцюга вуглеводня мінімальна температура при якій можливий процес – знижується. З цього виходить, що при отриманні ацетилену з нафтопродуктів і масел, до складу яких входять вищі насичені вуглеводні, оптимальною температурою можна вважати $800^{\circ}C$.

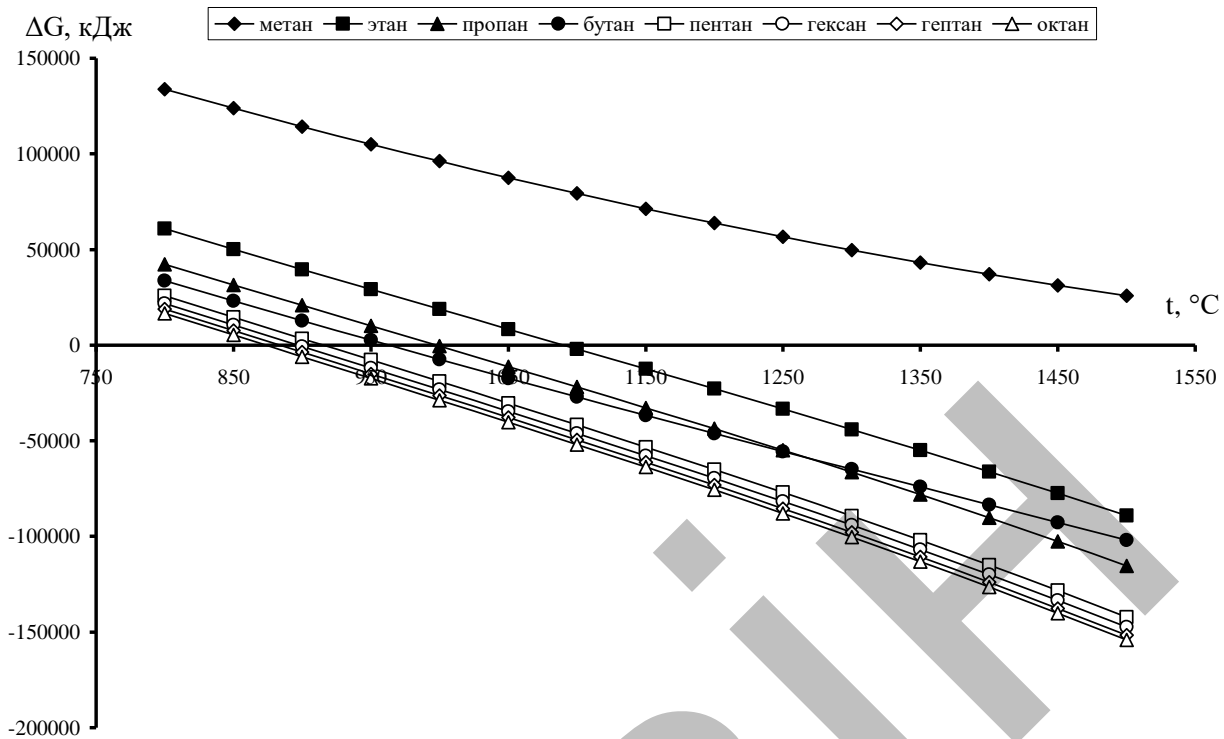


Рисунок 4.1 – Термодинамічний аналіз реакцій типу $C_nH_{2n+2} \rightarrow C_2H_2 + H_2$

Підвищення температури сприяє розкладанню вихідних вуглеводнів до проміжних продуктів, а останніх – до ацетилену. Але чим вище молекулярна вага вуглеводнів, тим нижче оптимальна температура. Аналогічна залежність спостерігається і для тиску: чим більше молекулярна вага піролізуємого вуглеводня, тим несприятливе підвищення тиску.

Окрім газоподібних вуглеводнів в якості сировини застосовуються рідкі вуглеводневі суміші, наприклад бензин або керосино-лігроїнові фракції нафти. З підвищенням густини сировини збільшується вихід ненасичених вуглеводнів і зростає вихід сажі, смоли і коксу.

Всі вуглеводні термодинамічно здібні до розкладання на прості речовини.



При високих температурах швидкість подібного розкладання з утворенням коксу і водню стає значною. Тому при всіх процесах термічної переробки вуглеводнів завжди необхідно по можливості запобігати розвитку реакції у вказаному напрямі.

Найбільш загальним прийомом в цьому відношенні служить зменшення часу перебування реагуючих речовин в зоні високих температур, оскільки швидкість побічного процесу – розкладання вуглеводнів з утворенням коксу зазвичай буває невелика на початку процесу і сильно зростає надалі [10].

6.4 Кінетика реакцій

6.4.1 Кінетика розкладання початкових вуглеводнів

Вихід ацетилену в процесі піролізу вуглеводнів визначається кінетикою реакцій, що протікають: швидкість утворення ацетилену повинна перевищувати швидкість його розкладання на прості речовини. Тому для отримання високих виходів ацетилену необхідно пригнічувати небажані реакції, наприклад шляхом різкого зниження температури газів, що утворюються.

Розкладання метану є реакцією першого порядку, швидкість якої може бути представлена наступним рівнянням, справедливим до 1500°K:

$$-\frac{dC}{d\tau} = kC_1 \quad \text{или} \quad \ln \frac{C_1}{C_2} = k(\tau_2 - \tau_1) \quad (6.2)$$

де C_1 і C_2 – концентрації метану на вході в зону реакції і на виході з неї, мольні частка;

$(\tau_2 - \tau_1)$ – час реакції, сек.

Залежність константи швидкості цієї реакції від температури описується наступними рівняннями:

$$\lg k = 11,864 - \frac{17\,352}{T} \quad \lg k = 11,230 - \frac{15\,700}{T} \quad (6.3)$$

Останнє рівняння виведене на основі аналізу численних даних і справедливо для розкладання метану у великому інтервалі температур, тиску і концентрацій.

В результаті крекінгу етану при 650–700°C і часу реакції більше 0,25 сек в основному виходять водень, метан і етилен. Ацетилен утворюється в малих кількостях. Починаючи з 1000°C ацетилен стає основним компонентом.

Рівняння швидкості розкладання етану може бути представлено у вигляді:

$$-\frac{dC_{C_2H_6}}{dt} = kC_{C_2H_6} \quad (6.4)$$

Термічне розкладання етилену в інтервалі до 750°C і при низькому тиску (до 25 мм рт.ст.) протікає по реакції першого порядку, а при вищому тиску – по реакції другого порядку. До 600°C ацетилен не присутній в продуктах реакції, а починаючи з 800°C є вже основним продуктом розкладання етилену. Із збільшенням температури підвищується швидкість розкладання етилену і ступінь його конверсії до ацетилену. При температурі вище 1000°C час контакту вимірюється мілісекундами і спостерігається інтенсивне сажоутворення. Зменшення тиску і розбавлювачі уповільнюють швидкість розкладання і полімеризації етилену і підвищують вихід ацетилену [2].

Знайдено, що при 1250–1750°K розкладання етилену до ацетилену є реакцією першого порядку з константою швидкості $2,57 \cdot 10^8 e^{-\frac{40\,000}{RT}}$ сек⁻¹ [3].

Піроліз пропана протікає по реакції першого порядку

$$-\frac{dC_{C_3H_8}}{dt} = kC_{C_3H_8} \quad (6.5)$$

і значення константи швидкості, розраховані по рівнянню

$$\lg k = 13,46 - \frac{63\,300}{2,3RT} \quad (6.6)$$

відповідають експериментальним даним, визначеним для температури вище 700°C.

Розкладання пропана йде в двох основних напрямках:



Представляється вірогідним, що пропилен, що утворюється, в умовах реакції розкладається на етилен і метан. Помітний вплив на склад продуктів надає температура: при 600–700°C виходять етилен і пропилен в співвідношенні приблизно 1:1; вище 1000°C досягається великий вихід ацетилену в результаті розкладання етилену і пропилену. Ацетилен при піролізі пропана виходить в результаті розщеплювання первинного продукту реакції – етилену і, можливо, пропилену.

Зміна тиску від 1 до 7 ат мало впливає на склад кінцевих продуктів піролізу парафінів, але при тиску нижче атмосферного склад продуктів починає залежати від початкового парціального тиску парафінів. Тому при піролізі метану, етану і пропану умови для отримання високих виходів ацетилену однакові: низький парціальний тиск вуглеводня, висока температура і невеликий час перебування в зоні високих температур [2].

За даними А.И. Дінцеса і А.В. Фроста, для нормальних парафінових вуглеводнів з ланцюгом більшої довжини, як і для парафінових вуглеводнів C₂–C₅, крекінг є процесом, що самогальмується. Ними виведено наступне рівняння для константи швидкості крекінгу:

$$k = \frac{1}{\tau} \left(\ln \frac{1}{1-x} - \beta x \right) \quad (6.7)$$

де x – кількість вуглеводня, що розпався;

β – константа, що характеризує гальмування реакції крекінгу.

Гальмування крекінгу вуглеводнів продуктами крекінгу C₂–C₅ підтверджене роботам всіх дослідників. Але пізнішими дослідженнями, в яких обробку результатів крекінгу проводили по методу Г.М. Панченкова, встановлена відсутність самогальмування крекінгу вищих парафінових вуглеводнів.

Е. Берк запропонував для константи швидкості крекінгу парафінових вуглеводнів наступну формулу:

$$k = (n-2) v e^{-\frac{65\,000}{RT}} \quad (6.8)$$

де n – число вуглецевих атомів;

$v = \text{const}$, швидкість.

Ця формула точно співпадає з отриманою теоретично для вуглеводнів C_6 і вище [11].

6.4.2 Кінетика утворення і розкладання ацетилену

Утворення ацетилену при піролізі метану починається при температурі вище 1200°C , причому час реакції складає декілька десятків мілісекунд. Проте для досягнення великих ступенів перетворення потрібні вища температура (біля 1700°C) і менший час реакції (порядку десятих і сотих доль мілісекунд): температурам $1700-1800^\circ\text{C}$ і часу реакції $0,1-0,5$ мсек відповідає ступінь перетворення $60-80\%$. Вихід ацетилену зростає із збільшенням температури і зменшенням часу реакції. Є певний оптимум часу реакції, який відповідає максимальному виходу ацетилену для даної температури. З відхиленням від цього оптимуму вихід ацетилену зменшується.

Утворення ацетилену при піролізі метану є реакцією першого порядку. Якщо початкова концентрація метану складає C_0 , то концентрація його в момент τ рівна C :

$$C = C_0 e^{-(k_1+k_2)\tau} \quad \text{и} \quad -\frac{dC}{d\tau} = C(k_1 + k_2) \quad (6.9)$$

де k_1 – константа швидкості утворення ацетилену;

k_2 – константа швидкості розкладання метану на прості речовини.

Кількість метану, що перетворився на ацетилен, рівна:

$$C' = \frac{1}{2}(C_0 - C) \frac{k_1}{k_1 + k_2} = \frac{C_0 k_1}{2(k_1 + k_2)} [1 - e^{-(k_1+k_2)\tau}] \quad (6.10)$$

Фактично, кількість ацетилену менша отриманої з метану унаслідок часткового розпаду ацетилену:

$$C'' = C' e^{-k_3\tau} \quad (6.11)$$

Звідси:

$$C'' = \frac{C_0 k_1}{2(k_1 + k_2)} [1 - e^{-(k_1 + k_2)\tau}] e^{-k_3 \tau} \quad (6.12)$$

де k_3 – константа швидкості розкладання ацетилену.

Максимальна концентрація ацетилену $C_{\text{макс}}$ при оптимальному часі реакції рівна:

$$C_{\text{макс}} = \frac{1}{k_1 + k_2} \ln \frac{k_1 + k_2 + k_3}{k_3} \quad (6.13)$$

Величина корисного крекінгу, тобто ступінь перетворення метану до ацетилену рівний:

$$\eta = \frac{2C''}{C_0 - C} = \frac{k_1}{k_1 + k_2} e^{-k_3 \tau} \quad (6.14)$$

і при $\tau \rightarrow 0$ прагне до 100%.

Кінетика утворення ацетилену з інших нижчих парафінів і олефінів в основному підкоряється тим же законам, але з поправкою на вплив температури при збільшенні молекулярної ваги вуглеводнів.

При температурах нижче 600°C ацетилен переважно полімеризується з утворенням рідких і твердих речовин. Полімеризація ацетилену є гомогенною реакцією другого порядку. При підвищенні температури вище 600°C одночасно з полімеризацією відбувається розкладання ацетилену на прості речовини:



Розкладання ацетилену в широкому інтервалі температур і тиску є реакцією другого порядку. Константу швидкості цієї реакції можна підрахувати по рівнянню:

$$\lg k = 4,64 - \frac{6540}{T} \quad (6.15)$$

На початкових стадіях реакції в основному утворюються полімери, а також бензол, етилен і метан. При високих ступенях розкладання кількість полімерів і бензолу різко зменшується і значно збільшується кількість метану.

При 1200–1500°C швидкість розкладання ацетилену значно менше швидкості його утворення, що є основним кінетичним чинником, що дозволяє отримувати ацетилен. При температурах вище 2000°C розкладання ацетилену на вуглець і водень сповільнюється, оскільки в цих умовах досягається термодинамічна рівновага. Співвідношення швидкостей утворення і розкладання ацетилену можна регулювати зміною загального тиску; із зменшенням тиску це співвідношення збільшується (утворення ацетилену прискорюється, а розкладання його сповільнюється).

У процесах отримання ацетилену здійснюється «загартовування» продуктів реакції – різке охолодження їх великою кількістю води, що спеціально подається. У зв'язку з цим певний інтерес представляє взаємодія ацетилену з водяною парою



яку може знижувати кількість ацетилену, що утворився. Ця реакція має перший порядок і її константа швидкості виражається рівнянням:

$$\lg k = 7,0 - \frac{37\,700}{RT} \quad (6.16)$$

Швидкість взаємодії ацетилену з водяною парою відносно невисока, а при різкому падінні температури при «загартовуванні» ця реакція може зовсім припинитися [2].

6.5 Опис технологічної схеми

В даному розділі представлений варіант принципової схеми окисного піролізу природного газу до ацетилену, впровадженої на ПрАТ «СО АЗОТ», із стадією окиснення сажі в реакторі з розплавом теплоносія.

Відділення піролізу складається з агрегатів, що працюють на загальний колектор.

Кисень з колектора під тиском 0,1 МПа надходить в підігрівач кисню поз. П1 в кількості від 1400 до 2900 м³/год. Підігрів проводиться димовими газами

спалювання природного газу. Тиск кисню на вході в підігрівач має бути не більше 0,1 МПа, а на виході – не більше 0,05 МПа.

Природний газ подається в відділення піролізу з установки сіркоочистки з магістральних трубопроводів, проходить сепаратор метану поз. С1, де звільняється від наявної вологи. Після сепаратора природний газ розподіляється по агрегатам піролізу і надходить в змійовик підігрівача поз. П2. Кількість природного газу, що надходить в змійовик підігрівача має бути від 2300 до 4300 м³/год.

Перед входом в підігрівач природний газ очищується в фільтрі поз. Ф1 від механічних домішок.

Підігрівач природного газу по конструкції такий же, як і підігрівач кисню і відрізняється тільки розмірами. Температурний режим аналогічний підігрівачу кисню.

Підігрів природного газу повинен проводитися обережно, щоб виключити можливість крекінгу вуглеводнів, тобто температура стінки змійовика в підігрівачі повинна бути, можливо, нижче. З цих причин швидкість природного газу в змійовиках повинна бути, можливо, вище.

Попередньо підігріті кисень і природний газ направляються в реактор поз. РТ1 і змішуються в камері змішання, яка забезпечує часткове вирівнювання швидкості і концентрації потоків, а основне вирівнювання концентраційних потоків відбувається далі в дифузорі. Пройшовши дифузор, газова суміш рівномірно розподіляється на пальниковій плиті. У зоні реакції піролізу температура 1450-1500°С. В результаті реакції, що відбувається в полум'ї, при оптимальному співвідношенні між киснем і природним газом і при досить високому попередньому підігріві в ацетилен перетворюється близько 30% вихідного метану; близько 10% метану не реагує і близько 60% метану йде на підтримку теплового режиму процесу і перетворюється в СО₂, СО, Н₂ і воду, окрім того, утворюються сажа та інші побічні продукти реакції (етилен, метилацетилен,

пропандієн, діацетилен, вінілацетилен, бутадієн-1,3, циклопентадієн, триацетелен і ін.).

Ацетиленовий реактор складається з двох частин. У нижній частині, де є вводи кисню і природного газу, розташований змішувач, конструкція якого забезпечує оптимальну ступінь змішування компонентів, виключаючи можливість утворення вибухонебезпечних сумішей: отримана в змішувачі гомогенна газова суміш надходить в реакційну зону в найкоротший час, який має бути меншим періоду індукції. Час змішування дорівнює 10^{-3} ; дифузор для отримання бажаного змішання і рівномірного розподілу суміші розташований на пальниковій плиті.

У верхній частині також знаходиться запальна трубка для розпалювання полум'я стабілізуючого кисню і пристрій для видалення відкладень коксу, що осів на поверхні горілчаного блоку і стінках реакційної зони.

Пальниковий блок виконаний з металу і охолоджується циркулюючим конденсатом. Пальниковий блок має 91 отвір діаметром 26 мм, за якими в зони реакції надходить підготовлена метанокиснева суміш. Для усунення можливості проскоку полум'я з реакційної зони в дифузор, швидкість газу в отворах блоку підтримується більше швидкості поширення полум'я для даних умов. Пальниковий блок служить також для стабілізації полум'я в реакційній зоні. З цією метою, через отвори малого діаметра, спеціально для цього виконані в блоці, подається стабілізуючий кисень окремо для центральної та периферійної частини горілчаного блоку.

Зона реакції обмежується пальниковою плитою, бічними стінками охолоджуваного горілчаного блоку і зоною гарту.

Для того, щоб зберегти від розкладання отриманий ацетилен, газ на виході із зони реакції піддається інтенсивному охолодженню в псевдозрідженому шарі корунду. Корунд - кульки діаметром 0,3-0,5 мм знімають тепло з газів піролізу, передаючи його змійовиковому теплообміннику, занурений в впсевдозріджений шар. Газ піролізу охолоджується до температури 400°C.

Загальна кількість стабілізуючого кисню повинна бути не більше 60 м³/год, так як полум'я стабілізуючого кисню при великій витраті може відірватися і суміш в недопаленому вигляді піде далі.

Пальникова плита і зона реакції охолоджується циркулюючим конденсатом. Температура охолоджуючого конденсату на виході з горілчаного блоку не повинна перевищувати 75°C.

Температура газів піролізу, що відходять, не повинна перевищувати 400°C.

Тиск газів піролізу на виході з реактора не повинен перевищувати 0,018 МПа.

Після реактора гази піролізу очищаються від сажі в рукавному циклонному фільтрі, поз. Ф2. Фільтр складається з чотирьох секцій, з нижньої частини яких вивантажується вловлена сажа. В процесі роботи фільтру рукава однієї з секцій піддаються струшуванню, а в інших секціях відбувається уловлювання сажі. Перепад тиску по фільтру не повинен перевищувати 0,03 МПа.

Далі гази піролізу надходять в скруббер-холодильник поз СХ1, де охолоджуються уприскуванням холодної оборотної води циклу «Б» в середню частину і хімочищеної води в верхню частину, через форсунки, до температури не більше 60°C. Для рівномірного розподілу води є ґратчасті полиці з кутового заліза. Витрата оборотної води на охолодження газів піролізу становить не більше 70 м³/год. Витрата хімочищеної води повинна бути 16 м³/год. Витрата води в холодильник регулюється так, щоб газ на виході був максимально холодним, а температура води на виході з холодильника можливо більш високою. Температура води на виході з колектора повинна бути не більше 90°C. Перепад тиску по скруббер-холодильнику повинен бути не більше 0,025 МПа.

Для запобігання підвищенню тиску в реакторі вище 18 кПа передбачена розривна мембрана, а також запобіжний гідрозатвор, поз. Б1. Для продувки гідрозатвору подається азот в кількості 20-25 м³/год. Продувний азот через факел ФА1 викидається в атмосферу.

Гази піролізу, охолоджені в скруббер-холодильнику під тиском 0,017 МПа, направляються в електрофільтри позиція ЕФ1, що працюють паралельно, для остаточного очищення від сажі. У електрофільтрі гази піролізу, пройшовши дифузор і дві газорозподільні решітки надходять в прямоточну камеру електрофільтру, всередині якої встановлені осаджувальні і корніруючі електроди для створення електричного поля. Осаджувальні електроди пластинчасті, виготовлені з листа вуглецевої сталі, коронууючий – з ніхромового або нержавіючого дроту.

Живлення електродів електрофільтру здійснюється струмом високої напруги від підвищувально-випрямного агрегату АРС-250. За рахунок високої напруги, створюваної в електрофільтрі, відбувається іонізація часток сажі. Вони набувають негативний заряд і осідають на коронууючих електродах. Для видалення з електродів сажі і зволоження газу, необхідного для нормального режиму саме очистки, в кришці корпусу електрофільтру встановлено 16 спеціальних форсунок, через які безперервно подається тільки розпорошена хімочищена вода, витрата якої становить не менше 2,0 м³/год. Сажа, змита з поверхні електродів, осідає на дні електрофільтру і видаляється шляхом рівномірного зрошення днища водою циклу «Б» в кількості не більше 32 м³/год. Сажеміщуюча вода з днища електрофільтра надходить в загальний колектор сажеміської води і прямує до відділення очищення води на сажевідстійники.

Очищені від сажі гази піролізу з електрофільтрів надходять до загального «проміжного» колектору, по якому направляються в холодильник газів піролізу, а також для відмивання газів піролізу від кислих компонентів і доуловлювання частинок сажі. Охолодження здійснюється зрошенням газів піролізу хімочищеною водою. Витрата хімочищеної води підтримується в залежності від температури газів піролізу на виході з холодильника, яка повинна бути не більше 36°С.

Вода з днищ холодильників за загальним колектором надсилається в колектор сажеміщуючої води на очистку.

Охолоджені гази піролізу направляються на виділення ацетилену в відділення концентрування. Виділення ацетилену здійснюється абсорбцією за допомогою низькотемпературного розчинника N-метилпіролідону.

При порушенні технологічного режиму спрацьовує система сигналізації і блокувань.

В даній роботі пропонується замість наявного на виробництві спалювання сажі використати технологію її окиснення в реакторі з розлавом теплоносія.

При її реалізації сажа виділена з фільтру поз. Ф2 та із стадії сажеочистки збирається в ємності поз. Є1. Звідки шнековим дозатором поз. Д в заданій кількості подається в змішувач (на схемі не показаний). В змішувач також подається повітря в кількості необхідній для окиснення сажі з коефіцієнтом надлишку 1,2. Саже-повітряна суміш подається в реактор поз. РТ2 з розплавом на визначену глибину теплоносія через фурми. В шарі теплоносія перебігає процес окиснення сажі. Тверді домішки залишаються в шарі теплоносія, газ окислення відводиться безпосередньо з поверхні теплоносія і прямує в холодильник поз. ХК2, де охолоджується водою. Далі димові гази за необхідності направляються на стадію каталітичної очистки за технологією аерозольного каталізу поз. РТ3, для зниження концентрації токсикантів нижче значення ГДК. Пройшовши каталітичну очистку димові гази охолоджуються в теплообміннику поз. ХК3 і скидаються в атмосферу.

6.6 Розрахунок матеріального балансу

Одни з основних побічних прдуктів виробництва ацетилену є сажа, що утворюється при окислювальному піролізі природного газу. Норма її утворення 50 кг на 1 тону продукту. При потужності виробництва ацетилену 30000 т/рік кількість побічно отриманої сажі складе:

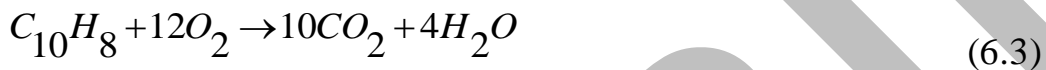
$$m_{сажі} = 50 \cdot 32160 = 1608000 \text{ кг/рік}$$

При ефективному фондi робочого часу 8040 год, годинна кількість зневодненої сажі складе:

$$m_{сажі} = \frac{1608000}{8040} = 200 \text{ кг/год}$$

Зневоднена сажа має наступний склад в % мас.: вуглецю – 81,335; діоксиду кремнію – 3,425; оксиду феруму (III) – 0,715; летких сполук – 14,41. Леткі компоненти складають (% мас.): бензол (C₆H₆) – 30, нафталін (C₁₀H₈) – 33 та ацетилен (C₂H₂) – 37.

Основні реакції, які перебігають при окисненні сажі – побічного продукту в виробництві ацетилену, наступні:



Кількість компонентів, що поступає із сажею на окислення наступна:

$$m_{сажі} = 200 \text{ кг/год} \quad \text{з них:}$$

$$m_{вуглецю} = 200 \cdot 0,81335 = 162,67 \text{ кг/год},$$

$$m_{SiO_2} = 200 \cdot 3,425 / 100 = 6,85 \text{ кг/год},$$

$$m_{Fe_2O_3} = 200 \cdot 0,715 / 100 = 1,43 \text{ кг/год},$$

$$m_{летких} = 200 \cdot 14,41 / 100 = 28,82 \text{ кг/год} \quad \text{з них:}$$

$$m_{C_6H_6} = 28,82 \cdot 30 / 100 = 8,65 \text{ кг/год},$$

$$m_{C_{10}H_8} = 28,82 \cdot 33 / 100 = 9,5 \text{ кг/год},$$

$$m_{C_2H_2} = 28,82 \cdot 37 / 100 = 10,67 \text{ кг/год}.$$

За реакцією 6.1:

$$m_C = 162,67 \text{ кг}; \nu_C = \frac{162,67}{12} = 13,56 \text{ кмоль.}$$

$$\nu_{CO_2} = \nu_C = 13,56 \text{ кмоль}; V_{CO_2} = 22,4 \cdot 13,56 = 303,74 \text{ м}^3;$$

$$m_{CO_2} = 13,56 \cdot 44 = 596,64 \text{ кг.}$$

$$\nu_{O_2} = \nu_C = 13,56 \text{ кмоль};$$

$$V_{O_2} = 13,56 \cdot 22,4 = 303,7 \text{ м}^3;$$

$$m_{O_2} = 32 \cdot 13,56 = 433,92 \text{ кг.}$$

За реакцією 6.2:

$$m_{C_6H_6} = 8,65 \text{ кг}; \nu_{C_6H_6} = \frac{8,65}{78} = 0,11 \text{ кмоль.}$$

$$\nu_{O_2} = 7,5 \cdot \nu_{C_6H_6} = 7,5 \cdot 0,11 = 0,83 \text{ кмоль}; V_{O_2} = 0,83 \cdot 22,4 = 18,6 \text{ м}^3;$$

$$m_{O_2} = 32 \cdot 0,83 = 26,56 \text{ кг.}$$

$$\nu_{CO_2} = 6 \cdot \nu_{C_6H_6} = 6 \cdot 0,11 = 0,66 \text{ кмоль}; V_{CO_2} = 22,4 \cdot 0,66 = 14,78 \text{ м}^3;$$

$$m_{CO_2} = 44 \cdot 0,66 = 29 \text{ кг.}$$

$$\nu_{H_2O} = 3 \cdot \nu_{C_6H_6} = 3 \cdot 0,11 = 0,33 \text{ кмоль}; m_{H_2O} = 18 \cdot 0,33 = 5,94 \text{ кг.}$$

За реакцією 6.3:

$$m_{C_{10}H_8} = 9,5 \text{ кг}; \nu_{C_{10}H_8} = \frac{9,5}{128} = 0,074 \text{ кмоль.}$$

$$\nu_{O_2} = 12 \cdot \nu_{C_{10}H_8} = 12 \cdot 0,074 = 0,89 \text{ кмоль}; V_{O_2} = 22,4 \cdot 0,89 = 19,95 \text{ м}^3;$$

$$m_{O_2} = 32 \cdot 0,89 = 28,48 \text{ кг.}$$

$$v_{CO_2} = 10 \cdot v_{C_{10}H_8} = 10 \cdot 0,074 = 0,74 \text{ кмоль}; \quad V_{CO_2} = 22,4 \cdot 0,74 = 16,58 \text{ м}^3;$$

$$m_{CO_2} = 44 \cdot 0,74 = 32,56 \text{ кг}.$$

$$v_{H_2O} = 4 \cdot v_{C_{10}H_8} = 4 \cdot 0,074 = 0,3 \text{ кмоль}; \quad m_{H_2O} = 18 \cdot 0,3 = 5,33 \text{ кг}.$$

За реакцією 6.4:

$$m_{C_2H_2} = 10,67 \text{ кг}; \quad v_{C_2H_2} = \frac{10,67}{26} = 0,41 \text{ кмоль}.$$

$$v_{O_2} = 2,5 \cdot v_{C_2H_2} = 2,5 \cdot 0,41 = 1,025 \text{ кмоль}; \quad V_{O_2} = 22,4 \cdot 1,025 = 22,96 \text{ м}^3;$$

$$m_{O_2} = 32 \cdot 1,025 = 32,8 \text{ кг}.$$

$$v_{CO_2} = 2 \cdot v_{C_2H_2} = 2 \cdot 0,41 = 0,82 \text{ кмоль}; \quad V_{CO_2} = 22,4 \cdot 0,82 = 18,37 \text{ м}^3;$$

$$m_{CO_2} = 44 \cdot 0,82 = 36,1 \text{ кг}.$$

$$v_{H_2O} = v_{C_2H_2} = 0,41 \text{ кмоль}; \quad m_{H_2O} = 18 \cdot 0,41 = 7,38 \text{ кг}.$$

Загальна кількість стехіометрично необхідного кисню за реакціями (6.1) – (6.4) складе:

$$V_{теорO_2} = 303,7 + 18,6 + 19,95 + 22,96 = 365,21 \text{ м}^3$$

Згідно експериментальних даних коефіцієнт надлишку повітря складає 1,2, тому кількість кисню складе:

$$V_{фактO_2} = 365,21 \cdot 1,2 = 438,25 \text{ м}^3$$

Не прореагує кисню:

$$V_{непрO_2} = 438,25 - 365,21 = 73,04 \text{ м}^3$$

Для здійснення повного окислення вуглецю необхідна кількість повітря:

$$V_{нов.} = \frac{438,25}{0,21} = 2086,9 м^3.$$

З такою кількістю повітря поступає азоту:

$$V_{N_2} = 2086,9 \cdot 0,79 = 1648,65 м^3.$$

Кількість діоксиду вуглецю отриманого за реакціями (6.1) – (6.4) складе:

$$V_{CO_2} = 303,74 + 14,78 + 16,58 + 18,37 = 353,47 м^3;$$

Кількість водяної пари отриманої за реакціями (6.2) – (6.4) складе:

$$m_{H_2O} = 5,94 + 5,33 + 7,38 = 18,65 кг.$$

Розраховані величини заносимо в таблицю матеріального балансу.

Таблиця 6.4 – Матеріальний баланс процесу окислення сажі

Потік	Прихід				Витрата				
	кг/год	% мас.	кмоль/год	м ³ /год	Потік	кг/год	% мас.	кмоль/год	м ³ /год
1. Сажа в т.ч.:	200,00	100,00	14,27		1. Димові гази в т.ч.	2878,12	100,00	93,68	2098,37
C	162,67	81,34	13,56		діоксид вуглецю (CO ₂)	694,32	24,12	15,78	353,47
Fe ₂ O ₃	1,43	0,72	0,0066		кисень (O ₂)	104,34	3,63	3,26	73,04
SiO ₂	6,85	3,43	0,114		азот (N ₂)	2060,81	71,60	73,60	1648,65
Леткі компоненти	28,82		0,596		пара (H ₂ O)	18,65	0,65	1,04	23,21
бензол (C ₆ H ₆)	8,65	4,33	0,111		2. Твердий залишок в т.ч.:	8,28	100,00	0,12	
нафталін (C ₁₀ H ₈)	9,50	4,75	0,074		Fe ₂ O ₃	1,43	17,27	0,0066	
ацетилен (C ₂ H ₂)	10,67	5,34	0,410		SiO ₂	6,85	82,73	0,114	
2. Повітря в т.ч.	2686,88	100,00	93,17	2086,90					
кисень (O ₂)	626,07	23,30	19,56	438,25					
азот (N ₂)	2060,81	76,70	73,60	1648,65					
Всього	2886,88					2886,40			

6.7 Вибір і розрахунок основного обладнання

Основним технологічним апаратом є реактор окиснення сажі киснем повітря в розплаві рідкого високотемпературного теплоносія, в якості якого запропоновано застосовувати розплав натрію хлориду.

При розробці конструкції (футеровки, теплоізоляції, пристроїв введення реагентів і ін.) реактора необхідно використовувати розрахунки пічей, застосовуваних у металургії.

Реактор для окиснення сажі відділення сажеочистки ацетилену виконаний з високолегованої жароміцної сталі 08X20H14C2. Можлива безперервна циркуляція теплоносія між реактором і регенератором (за необхідністю) або періодична видача розплаву.

Розрахунок реактору окиснення сажі в розплаві

Для розрахунків було прийнято, що реактор окиснення сажі працює в барботажному режимі. Швидкість руху газів у вільному перерізі реактора знаходиться в діапазоні 1,0 – 2,0 м/с [18]. Для розрахунків була прийнята швидкість руху газу 1,5 м/с.

Площа робочої зони знаходиться за формулою:

$$S = \frac{V_r}{w}, \text{ м}^2 \quad (6.6)$$

де V_r – витрата газу за р.у., м³/с;

w – швидкість руху газів у вільному перетині реактора, м/с.

Витрата газу за робочих умов розраховується за формулою:

$$V_{p.u.} = \frac{V_{n.u.}}{3600} \times \frac{t + 273}{298} \times \frac{P_1}{P_2}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6.7)$$

де $V_{n.u.}$ – витрата газу за н.у., м³/год.

Витрата димових газів за р.у.:

$$V_{др} = \frac{2098,37}{3600} \times \frac{980 + 273}{298} \times \frac{1}{1} = 2,45 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площа робочої зони:

$$S = \frac{2,45}{1,5} = 1,63 \text{ м}^2.$$

Для розрахунків була прийнята висота шару шлаку 0,8 м, висота газового простору 0,8 м (загальна висота 1,6 м).

Необхідний об'єм розплаву в реакційній зоні:

$$V_p = 1,63 \times 0,8 = 1,3 \text{ м}^3.$$

Перевіряємо селичину часу контакту:

$$\tau = \frac{V_p}{V_{дг}} = \frac{1,3}{2,45} = 0,49 \text{сек}$$

Визначаємо діаметр апарату:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,63}{3,14}} = 1,44 \text{ м.}$$

6.8 Аналітичний контроль роботи природоохоронного об'єкту

Оксид азоту: відбір проб на плівковий сорбент

Методика призначена для визначення концентрації оксиду азоту в атмосферному повітрі населених пунктів у діапазоні концентрацій від 0,016 до 0,94 мг/м³ при відборі проби повітря об'ємом 5 дм³. Використовується для виміру разових і середньодобових концентрацій.

Норми точності вимірів. За експертними оцінками при визначенні концентрації оксиду азоту в атмосферному повітрі в діапазоні концентрацій 0,016-0,94 мг/м³ сумарна погрішність не перевищує $\pm 25\%$.

Метод виміру. Метод заснований на окислюванні оксиду азоту з наступним уловлюванням утвореного двоокису азоту плівковим хемосорбентом і фотометричному визначенні по азокрасителю, який утворюється у результаті взаємодії нітрит-іона із сульфаніловою кислотою й 1-нафтіламіном.

Відбір проб. Для визначення разової концентрації оксиду азоту досліджуване повітря аспирують через систему, що складається зі скляної колонки, заповненої сорбентом для поглинання NO₂, стабілізатором вологості,

окислювачем, і сорбційної трубки, підготовленої до відбору, з витратою 0,25 дм³/хв протягом 20 хв. При відборі колонка й сорбційна трубка повинні бути укріплені у вертикальному положенні. Відібрані проби в герметичній упаковці можуть зберігатися протягом 20 діб.

Виконання вимірів. Сорбційну трубку поміщають у пробірку й заливають 6 см³ води. Шляхом декількох прокачувань води через сорбент (за допомогою гумової груші) переводять пробу в розчин, видувають залишки розчину й виймають трубку із пробірки. Для аналізу 5 см³ розчину переносять в іншу пробірку. До цього розчину додають 0,5 см³ складеного реактиву й струшують. Через 20 хв визначають оптичну щільність розчину. Щораз одночасно аналогічно пробі аналізують нульову пробу - сорбційну трубку з партії підготовлених до відбору трубок. Масу двоокису азоту в пробі знаходять за допомогою градуйованої характеристики по різниці оптичних щільностей розчинів проби й нульового.

Визначення оксиду вуглецю (Гх-метод).

Методика призначена для визначення масової концентрації оксиду вуглецю в атмосферному повітрі населених пунктів у діапазоні 0,2-30,0 мг/м³ при об'ємі проби повітря 100 см³. Використовується для визначення разових концентрацій при відсутності автоматичних аналізаторів.

Норми точності вимірів. За результатами метрологічного дослідження, при визначенні разової концентрації оксиду вуглецю в діапазоні 0,2-30 мг/м³ сумарна погрішність при довірчій імовірності 0,95 не перевищує ±5%.

Метод виміру. Метод заснован на хроматографічному розподілу оксиду вуглецю й супутніх компонентів на колонку з молекулярними ситами, конверсії оксиду вуглецю в метан у присутності ніхромового каталізатора й водню й детектированню метану полум'яно-іонізаційним детектором без попереднього концентрування.

Відбір проб. Проби повітря відбирають у скляні медичні шприци або газові піпетки, через які протягають десятикратний об'єм аналізованого повітря. При використанні гумових камер аналізоване повітря накачують у них за допомогою

гумової груші або насоса. Проби повітря з концентраціями оксиду вуглецю до 5,0 мг/м³ можна зберігати в скляних пробовідбірних посудинах протягом 15 доб.

Виконання вимірів. Проби повітря вводять у хроматограф за допомогою крана-дозатора через дозуючу петлю. Для цього з газових піпеток пробу повітря витісняють у дозуючу петлю насиченим розчином хлористого натрію. Зі скляних медичних шприців місткістю 100 см³ (або з гумових камер) відбирають близько 20 см³ аналізованого повітря медичним шприцом, проколюючи гумову трубку, що (разом із заглушкою) закриває вихідний отвір, і продувають їм дозуючу петлю.

Умови хроматографічного аналізу: температура термостата колонки 80°C; температура термостата випарника (метанатора) 235 °C; витрата газу-носія (гелію або азоту) 35 см³/хв.; витрата водню 35 см³/хв.; витрата повітря 270 см³/хв.

При цих умовах час утримання оксиду вуглецю становить 1 хв 40 с. Для визначення концентрації оксиду вуглецю використовують метод паралельного порівняння параметрів піка, що розраховується, з параметрами піка, отриманого в результаті введення суміші з відомою концентрацією оксиду вуглецю (порівняння зі стандартом). Для цього перед аналізом і після аналізу проб повітря вводять у хроматограф стандартну суміш оксиду вуглецю аналогічно пробам. Концентрація оксиду вуглецю в стандартній суміші повинна бути близька до аналізованого. Вимірюють висоти піків оксиду вуглецю стандартної суміші й проби.

Обчислення результату вимірів. Концентрацію оксиду вуглецю в аналізованому повітрі (ρ , мг/м³) розраховують за формулою:

$$\rho = \frac{\rho_{ст} \cdot H_2}{H_1},$$

де $\rho_{ст}$ – концентрація оксиду вуглецю в стандартній атестованій суміші, введеної в хроматограф, мг/м³;

H_1 і H_2 - висоти піків оксиду вуглецю відповідно в стандартній суміші й пробі, мм.

7 Моніторинг забруднення атмосферного повітря

7.1 Організація системи спостережень за забрудненням повітряного басейну

Необхідність організації системи спостережень за забрудненням повітряного басейну в містах і інших промислово розвинених населених пунктах зумовлена тим, що на локальному і регіональному рівнях ступінь забруднення атмосфери може перевищувати санітарно-гігієнічні нормативи.

Характер тимчасової і просторової мінливості концентрації шкідливих домішок зумовлений рядом обставин, знання яких потрібне для забезпечення необхідної чистоти атмосферного повітря (АП). Основою для виявлення цих закономірностей і факторів служать спостереження за станом забруднення повітряного басейну. Від можливостей і якості спостережень, що проводяться, залежить ефективність всіх повітряохоронних заходів.

Спостереження за забрудненням атмосфери (ЗА) здійснюються в країнах СНД з початку 60-х років. Спочатку санітарно-епідеміологічною службою Мінздраву СРСР, а з 1964 р. Гідрометслужбою. Спостереження за ЗА почали проводити в Ленінграді, Мінську, Кишиневі з 1961 р., в Москві з 1963 р. На території України спостереження за ЗА почали проводити з 1961 р.; в Донецьку з 1964 р., в Запоріжжі з 1965 р., у Києві з 1966 р. У 1966 р. спостереження проводилися вже у 45 містах. У 2003 р. в Україні характеристики якості АП визначаються в 54 містах на 168 стаціонарних постах. Основний об'єм спостережень припадає на пил, CO, SO₂, NO₂.

Для отримання об'єктивної інформації про рівень забруднення атмосфери (РЗА) на базі гідрометеорологічної мережі спостережень, підрозділів Мінздраву СРСР і інших відомств в 1972 р. під керівництвом головного управління гідрометслужби (ГУГМС, далі Держкомгідромету) була створена загальнодержавна служба спостережень і контролю за станом атмосфери (ЗДССКА) в рамках ЗДССК, що займалася моніторингом забруднення природного середовища загалом.

Передача Держкомгідромету головних функцій в організації мережі станцій спостережень за ЗА зумовлена тим, що мережа моніторингу ЗА і гідрометеорологічна мережа формуються за однотипними принципами. Це: регулярність, єдність програм і методів спостережень, репрезентативність місць спостережень. Крім того, в рамках ЗДССКА характеристики ЗА визначаються одночасно з необхідними для їх інтерпретації метеорологічними показниками.

Наукові, методологічні основи організації мережі спостережень виконувала на території колишнього СРСР ГГО, де розроблені необхідні методичні вимоги щодо організації і функціонування ЗДССКА. В Україні подібні функції виконує УкрНІГМІ і підрозділи Міністерства охорони навколишнього природного середовища.

Основна мета моніторингу ЗА полягає у забезпеченні зацікавлених державних і суспільних органів, підприємств, установ і інших організацій систематичною інформацією про рівень ЗА і прогнози їх змін під впливом господарської діяльності і метеорологічних умов.

Стандартна мережа моніторингу повинна забезпечити надходження режимної інформації про ЗА, на основі якої можна вирішувати такі задачі: 1) оцінити рівень забруднення атмосфери (РЗА); 2) вивчити вплив забруднення повітряного басейну на захворюваність населення; 3) оцінити збиток, що наноситься сільському господарству, лісам, тваринництву, будівлям і спорудам; 4) спланувати розміщення промислових підприємств, визначати санітарно-захисні зони (СЗЗ); 5) уточнювати і перевіряти розрахункові методи розсіювання домішок від джерел; 6) оцінити фонове забруднення атмосфери [9].

Для успішного рішення всіх цих задач необхідно грамотно оцінити період і кількість спостережень, оптимальну кількість постів, методи вимірювань, програму роботи стандартної мережі моніторингу.

7.2 Категорії, розміщення і кількість постів спостережень за забрудненням атмосфери

Існуюча мережа спостережень за ЗА включає пости ручного відбору проб повітря для аналізу і автоматизовані системи спостережень і контролю навколишнього середовища АНКОС-АГ.

Постом спостереження є вибране місце (точка місцевості), на якому розміщують павільйон або автомобіль, обладнаний відповідними приладами.

Встановлюються пости спостережень трьох категорій: стаціонарні, маршрутні, пересувні (підфакельні).

Стаціонарний пост призначений для забезпечення безперервної реєстрації вмісту ЗР або регулярного відбору проб повітря для подальшого аналізу. З числа стаціонарних виділяють опорні стаціонарні пости, які призначені для виявлення довготривалих змін вмісту основних (пил, CO, SO₂, NO₂) і найбільш поширених специфічних ЗР. До основних в Україні рекомендовано віднести також формальдегід, бенз(а)пірен та Рв.

Маршрутний пост призначений для регулярного відбору проб повітря, коли неможливо (недоцільно) встановити стаціонарний пост або необхідно більш детально вивчити стан ЗА в окремих районах, наприклад, в нових житлових районах. Це також регулярні спостереження, але за допомогою спеціально обладнаних машин, які переміщуються визначеним маршрутом. Порядок об'їзду маршрутних постів (заздалегідь вибраних точок на місцевості) повинен бути один і той же, щоб відбір проб в кожній точці призначався одними і тими ж строками діб.

Автомобілі з апаратурою випускаються серійно. Продуктивність їх біля 5000 проб на рік (8-10 проб щодня в 4-5 точках) [10].

Пересувний (підфакельний) пост призначений для відбору проб під димовим (газовим) факелом з метою виявлення зони впливу даного джерела промислових викидів. Відбір проб здійснюється також за допомогою спеціально обладнаної автомашини. Підфакельні пости являють собою точки, розташовані на

фіксованих відстанях від джерела. Вони переміщуються відповідно до напрямку факела джерела викидів, що обстежується.

Репрезентативність спостережень за станом ЗА в місті залежить від правильності розташування поста на території, що обстежується.

При виборі місця розміщення посту потрібно встановити, яку інформацію чекають отримати: РЗА, характерний для даного району міста, або концентрацію домішок в конкретній точці, що перебуває під впливом викидів окремого промислового підприємства, великої автомагістралі.

У першому випадку пост повинен бути розташований на ділянці, яка не підлягає впливу окремо розташованих джерел викидів (завдяки перемішуванню міського повітря РЗА буде визначатися всіма джерелами викидів).

У другому випадку пост розміщується в зоні максимальних концентрацій домішки, яку надає джерело, яке нас цікавить.

Кожний пост розміщується на відкритому майданчику, що провітрюється з усіх боків з неприхованим покриттям: на асфальті, твердому ґрунті, газоні. Якщо пост розміщено на вузькій вулиці, під деревами, поблизу високих будівель, низького джерела, то він буде характеризувати РЗА в даному місці і або буде його занижувати (поглинання кронами дерев), або завищувати (внаслідок відсутності перемішування).

Необхідність організації контролю ЗА в зоні антропогенного впливу визначається попередніми експериментами і теоретичними дослідженнями. Обстеження території проводять, як правило, пересувними лабораторіями протягом 1-2 років. Метод називається рекогносцирувальним і широко використовується як у нас, так і закордоном. На карту-схему міста наноситься координатна сітка з кроком 0,1, 0,5 або 1,0 км, потім у вузлах сітки відбирають проби повітря і аналізують. З другого боку за допомогою математичних моделей розраховуються поля концентрацій з урахуванням метеорологічних факторів, характерних для регіону, що вивчається, а також з урахуванням характерних джерел забруднення. Подібним чином визначаються зони впливу промислових

комплексів і порівнюють модельні значення з вимірними. Якщо виявилось, що існує імовірність зростання концентрації домішки вище встановлених норм, то в цьому районі необхідно встановити спостереження. При цьому за генеральним планом розвитку міста враховуються перспективи розміщення великих джерел викидів і житлових районів. Так, встановлюється необхідність створення системи моніторингу в тому або іншому районі і розробляється програма її роботи. При цьому потрібно враховувати повторюваність напрямку вітру над територією міста. При певних напрямках викиди від підприємств можуть створювати загальний факел, порівняний з факелом великого джерела. Якщо повторюваність таких напрямків досить велика, то зона максимального рівня забруднення буде в 2 - 4 км від основної групи підприємств з високими джерелами і, звичайно, в 0,5-2 км від підприємств з низькими джерелами. Також зона найбільших максимальних разових і середньодобових концентрацій відзначається поблизу магістралі інтенсивного руху транспорту (вплив цей простежується на відстані 50 - 100 м) [9].

Таким чином, стаціонарні і маршрутні пости розміщуються в місцях, вибраних на основі попереднього дослідження ЗА міста промисловими викидами, автотранспортом, побутовими і іншими джерелами і вивчення метеорологічних умов розсіювання домішок шляхом епізодичних спостережень, розрахунків полів максимальних концентрацій домішок.

Пости необхідно встановлювати в житлових, адміністративних районах; в районах з різним типом забудови; там, де відмічаються найбільші середні рівні, що перевищують встановлені порогові значення - ГДК; також в парках і інших зонах відпочинку.

Розміщення стаціонарних постів узгоджується з місцевими органами Гідрометслужби і підрозділів Міністерства охорони здоров'я України.

Відкриття, закриття і перенесення здійснюються за „Настановою гідрометеорологічним станціям і постаам”.

Характер просторового розподілу шкідливих домішок в атмосфері промислового міста дуже складний. Тому багато які вчені вважають, що для контролю ЗА в місті необхідна велика кількість постів. Чим більше постів і якнайчастіше на них проводяться спостереження, тим повніше характеризуються тимчасові і просторові зміни стану ЗА.

Проблема необхідної і достатньої кількості постів спостережень в місті широко обговорюється в літературі. Стандартна мережа пунктів повинна відповідати таким вимогам:

- 1) необхідна мережа, яка дозволила б отримати просторово-часові закономірності розподілу домішки в атмосфері;
- 2) мережа вимагає певних матеріальних і трудових затрат;
- 3) збільшення числа постів призводить до різкого збільшення обсягу інформації, яка повністю не може бути використана.

Для визначення необхідної кількості постів використовуються статистичні методи: кореляційний, спектральний, метод інтерполяції з урахуванням помилки інтерполяції. Деякі вчені на основі змінюваності в рівнях середніх концентрацій і середніх квадратичних відхилень на 20 постах пропонують пости в місті розміщувати рівномірно і мати в розпорядженні 1 пост на 4 км² [10].

Результати досліджень [11] довели, що навіть при великій кількості постів і малих відстанях між ними (“фотографія поля ЗА”) значення концентрації домішок виходять зі значною похибкою через реальну помилку вимірювань, яка може бути більше за виміряне значення концентрації. На даному етапі більш важливо підвищити точність вимірювань, аніж збільшити кількість постів.

Число стаціонарних постів непрямо визначається в залежності від чисельності населення в місті, площі населеного пункту, рельєфу місцевості і міри індустріалізації, розосередженості місць відпочинку.

Виходячи з чисельності населення, кількість постів визначається за табл. 7.1. Кількість постів може бути збільшена в умовах складного рельєфу місцевості,

при наявності великої кількості джерел викидів (ДВ), а також якщо є унікальні парки, історичні споруди і т.д.

Таблиця 7.1 – Кількість контрольно-замірних постів в залежності від чисельності населення

Чисельність населення, тис. чол.	50	50-100	100-200	200-500	500-1000	> 1 млн.
Кількість постів	1	2	3	3-5	5-10	10-20 стаціонарних та маршрутних

При організації мережі ЗДССКА було рекомендовано встановлювати стаціонарні пости в містах з розрахунку 1 пост на 10-20 км² у рівнинній місцевості і 1 пост - на 5-10 км² в пересіченій.

Таким чином, найбільш правильним є економічний підхід: встановлення оптимальної кількості пунктів спостережень, що забезпечують мінімальні витрати при заданій похибці спостережень.

7.3 Програми і терміни спостережень

Регулярні спостереження на стаціонарних постах проводяться за однією з чотирьох програм спостережень: повній, неповній, скороченій, добовій.

Повна програма: отримання інформації про разові і середньодобові концентрації щодня шляхом безперервної реєстрації за допомогою автоматичних пристроїв або дискретно через рівні інтервали часу не менш 4 разів при обов'язковому відборі в 1, 7, 13, 19 годин за місцевим декретним часом.

Неповна програма: отримання інформації про разові концентрації щоденно в 7, 13, 19 годин місцевого декретного часу.

Скорочена програма: отримання інформації тільки про разові концентрації щодня в 7 і 13 годин місцевого декретного часу; допускається проведення спостережень за скороченою програмою при температурі менше за 45°C і в місцях,

де середньомісячні концентрації нижчі за $1/20$ ГДК_{мр} або нижньої межі діапазону вимірювань концентрації домішки за допомогою метода, що використовується.

Добова програма: отримання інформації про середньодобову концентрацію. Спостереження проводяться шляхом безперервного добового відбору проб і не можна отримати разові концентрації.

Всі програми дозволяють отримати концентрації середньомісячні, середньорічні і середні за більш тривалий термін.

Одночасно з відбором проб повітря визначають такі метеорологічні параметри: напрям і швидкість вітру, температура повітря, стан погоди і підстилаючої поверхні. Для стаціонарних постів допускається зміщення всіх термінів спостережень на 1 годину в один бік. Допускається не проводити спостереження у неділю і святкові дні [11].

Спостереження на маршрутних постах проводяться по повній, неповній і скороченій програмі. Для цих постів допускається зміщення всіх термінів спостережень на 1 годину в обидва боки від стандартних термінів.

Терміни відбору проб повітря при підфакельних спостереженнях повинні забезпечити виявлення найбільших концентрацій домішок, пов'язаних з особливостями режиму викидів і метеорологічних умов розсіювання домішок і вони можуть відрізнитися від термінів на стаціонарних і маршрутних постах.

У період несприятливих метеорологічних умов (НМУ), що супроводжуються високим ЗА, проводять спостереження через кожні 3 години. Проби відбирають в місцях з найбільшою щільністю населення (на стаціонарних і маршрутних) або під факелом основних джерел забруднення.

8 Еколого-економічні розрахунки

8.1 Проектовані організаційно-технічні заходи

При спалюванні сажі в атмосферу скидаються тверді домішки діоксиду кремнію та оксиду феруму. Також при факельному спаленні в газових викидах присутній монооксид вуглецю.

При утилізації сажі в кількості 200 кг/год з продуктами окислення виділяється до атмосфери: Fe_2O_3 – 1,43 кг/год, SiO_2 – 6,85 кг/год.

Річний викид цих домішок складе:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,43 \cdot 8040 = 11497,2 \text{ кг/рік};$$

$$\text{SiO}_2 - 6,85 \cdot 8040 = 55074 \text{ кг/рік}.$$

При впровадженні технології окислення в розплаві теплоносія ці тверді домішки будуть залишатися в розплаві. Приймаємо концентрацію цих домішок в скидному газі на рівні 0,1% від їх викиду при газофазному спалюванні.

8.2 Узагальнена оцінка відверненого еколого-економічного збитку від зменшення промислових викидів в навколишнє середовище

Проводимо оцінку відверненого еколого-економічного збитку від зменшення викидів в навколишнє природне середовище при окисленні сажі в розплаві натрію хлориду замість технології спалювання.

Вихідні дані:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1. Район розташування підприємства | – південніше 50° п.ш. |
| Площа підприємства | – $46,1 \cdot 10^6 \text{ м}^2$. |
| 2. Кількість опадів у рік | – менше 400 мм. |
| 3. Середньорічний модуль швидкості вітру | – 2,4 м/сек. |
| 4. Середньорічна температура повітря | +10 °С |
| 5. Роза вітрів | – відносно близька до кругової. |
| 6. Середньорічні дані по напрямку вітру: | |

- 10% південно східне – убік населеного пункту,
- 30% південне – убік зрошувальних орних земель,
- 40% південно-західне – убік дачних ділянок,
- 20% північно-західне – убік лісів 2-ої категорії.

7. Підприємство розташоване в межах міста.

8. Щільність населення – 20 осіб/га.

9. Кількість джерел викидів – 1.

10. Висота джерела викиду – 170 м.

11. Середньорічна температура в усті приведенного джерела викидів – 79,1 °С, отже $\Delta T = 79,1 - 10 = 69,1$ °С

Річний фонд робочого часу складає $T_p = 8040$ год на рік.

Результати розрахунку, перелік речовин, що викидаються виробництвом до і після впровадження заходів представлено в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 - Склад газових викидів до і після впровадження заходів

Склад газових викидів	спалювання		окислення в розплаві	
	кг/рік	% мас.	кг/рік	% мас.
Fe ₂ O ₃	11497,2	6,5	11,5	0,03
SiO ₂	55074	31,1	55,1	0,1
CO	27911,7	15,7	9315,4	25,3
NO _x	82844,6	46,7	27365,3	74,5
Усього	177327,5	100,0	36747,3	100,0

8.2 Визначення еколого-економічного збитку до виконання природоохоронного заходу

Відвернений еколого-економічний збиток визначається за формулою:

$$Y_a = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot \Delta M, \quad (8.1)$$

де Y_a – відвернений економічний збиток від промислових викидів в атмосферу;

γ – константа, що показує розмір шкоди, яка завдається при надходженні в природне середовище 1 т умовної забруднюючої речовини, грн./ум.т; $\gamma = 2,4$ грн./ум.т;

σ – безрозмірна величина, показник відносної небезпеки забруднення атмосфери промисловими викидами в межах окремих територій, що називають зонами активного забруднення (ЗАЗ);

f – коефіцієнт розсіювання домішок в атмосфері, який залежить від фракційного складу;

ΔM – зниження приведеної маси домішок, що викидаються джерелом в атмосферне повітря.

Зона активного забруднення ЗАЗ неоднорідна (населений пункт, зрошувальні орні землі, дачні ділянки, ліси II-ї групи), тому необхідно розрахувати показник σ для кожної частини ЗАЗ.

Визначимо загальну площу ЗАЗ:

$$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi \cdot (r_{\text{ЗАЗ}}^{\text{зовн}})^2 - \pi \cdot (r_{\text{ЗАЗ}}^{\text{внутр}})^2, \quad (8.2)$$

Радіуси зовнішньої і внутрішньої межі ЗАЗ:

$$r_{\text{ЗАЗ}}^{\text{зовн}} = 20\varphi h, \quad (8.3)$$

$$r_{\text{ЗАЗ}}^{\text{внутр}} = 2\varphi h, \quad (8.4)$$

Розрахуємо φ за формулою:

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75^\circ \text{C}} = 1 + \frac{69,1}{75} = 1,92$$

$$r_{\text{ЗАЗ}}^{\text{зовн}} = 20 \cdot 1,92 \cdot 170 = 6528 \text{ м}$$

$$r_{\text{ЗАЗ}}^{\text{внутр}} = 2 \cdot 1,92 \cdot 170 = 652,8$$

$$S_{\text{ЗАЗ}} = \pi \cdot (6528)^2 - \pi \cdot (652,8)^2 = \pi \cdot (42614784 - 426147,84) = 132,47 \cdot 10^6 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{II}} = 46,1 \cdot 10^6 \text{ м}^2.$$

На підставі середньорічних даних по напрямку вітру знаходимо площі забруднення населеного пункту, лісів II-ої категорії, зрошувальних орних земель та дачних ділянок:

$$S_{\text{н.п.}} = (132,47 - 46,1) \cdot 10^6 \cdot 0,1 = 8,637 \cdot 10^6;$$

$$S_{\text{л.}} = (132,47 - 46,1) \cdot 10^6 \cdot 0,2 = 17,274 \cdot 10^6;$$

$$S_{\text{о.з.}} = (132,47 - 46,1) \cdot 10^6 \cdot 0,3 = 25,911 \cdot 10^6;$$

$$S_d = (132,47 - 46,1) \cdot 10^6 \cdot 0,4 = 34,548 \cdot 10^6.$$

Визначаємо значення відносного показника небезпеки за формулою:

$$\sigma_{3A3} = \frac{S_{\Pi}}{S_{3A3}} \cdot \sigma_{\Pi} + \frac{S_{\text{н.п}}}{S_{3A3}} \cdot \sigma_{\text{н.п}} + \frac{S_{3.3}}{S_{3A3}} \cdot \sigma_{3.3} + \frac{S_{\text{д.д}}}{S_{3A3}} \cdot \sigma_{\text{д.д}} + \frac{S_{\text{л}}}{S_{3A3}} \cdot \sigma_{\text{л}} \quad (8.5)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{3A3} &= \frac{46,1 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 4 + \frac{8,637 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 0,1 \cdot 20 + \frac{25,911 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 0,25 + \frac{34,548 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 8 + \\ &+ \frac{17,274 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 0,1 = 0,348 + 0,0652 + 0,1956 + 0,2608 + 0,1304 = 1 \end{aligned}$$

Безрозмірний коефіцієнт f , що враховує характер розсіювання домішок в атмосфері знаходимо по формулі, приймаючи до уваги, що шкідливі викиди, що розглядаються, складаються в основному з газоподібних і дрібнодисперсних домішок з дуже малою швидкістю осідання (менш 1 м/сек.):

$$f = \frac{100(\text{м})}{100(\text{м}) + yh} \cdot \frac{4(\text{м/с})}{1(\text{м/сек}) + U}, \quad (8.6)$$

$$f = \frac{100}{100 + 1,92 \cdot 170} \cdot \frac{4}{1 + 2,4} = 0,2345 \cdot 1,1765 = 0,28$$

Зниження приведеної маси річного викиду забруднень від джерела знаходимо за формулою:

$$\Delta M = M_1 - M_2, \quad (8.7)$$

Значення M_1 і M_2 визначають за формулами:

$$M_1 = \sum_{i=1}^n Ai \cdot m_i^1, \quad (8.8)$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^n Ai \cdot m_i^2, \quad (8.9)$$

де i – вид домішки, що викидається, ($=1,2\dots n$)

n – число домішок, що викидаються джерелом забруднення

Ai – показник відносної агресивності домішки кожного виду, ум.т/рік

m_i^1 і m_i^2 – маса домішки кожного виду, що викидається продуктом

забруднення в атмосферне повітря, відповідно до i після запровадження в дію природоохоронного об'єкта (установки), т/рік.

Показник відносної агресивності визначаємо за формулою:

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \delta_i \cdot \lambda_i \cdot \beta_i, \quad (8.10)$$

$$a_i = \sqrt{\frac{60 \text{ мг/м}^3}{\text{ПДК}_{\text{ср.сут.і}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.і}}}}, \quad (8.11)$$

– для пилу неорганічного (Fe_2O_3):

$$a_{\text{пн}} = \sqrt{0,1 \cdot 6} = 10 \quad \alpha_{\text{пн}} = 2; \quad \delta_{\text{пн}} = 1,2; \quad \lambda_{\text{пн}} = 1; \quad \beta_{\text{пн}} = 1$$

$$A_{\text{пн}} = 10 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 24$$

– для діоксиду кремнію (SiO_2):

$$a_{\text{пн}} = \sqrt{0,05 \cdot 1} = 34,6 \quad \alpha_{\text{пн}} = 2; \quad \delta_{\text{пн}} = 1,2; \quad \lambda_{\text{пн}} = 1; \quad \beta_{\text{пн}} = 1$$

$$A_{\text{пн}} = 34,6 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 83,04$$

- для оксиду вуглецю:

$$a_{\text{со}} = \sqrt{3 \cdot 20} = 1 \quad \alpha_{\text{со}} = 1; \quad \delta_{\text{со}} = 1; \quad \lambda_{\text{со}} = 1 \quad \beta_{\text{со}} = 1$$

$$A_{\text{со}} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1;$$

- для оксидів нітрогену:

$$a_{\text{но}} = \sqrt{0,06 \cdot 5} = 14,14 \quad \alpha_{\text{но}} = 1; \quad \delta_{\text{но}} = 1,5; \quad \lambda_{\text{но}} = 1 \quad \beta_{\text{но}} = 1$$

$$A_{\text{но}} = 14,14 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 21,21.$$

Отримані значення підставляємо в формулу для розрахунку приведених мас річних викидів:

$$M_1 = 24 \cdot 11497,2 + 83,04 \cdot 55074 + 1 \cdot 27911,7 + 21,21 \cdot 82844,6 = 6634323,4 \text{ кг або } 6634,3 \text{ т};$$

$$M_2 = 24 \cdot 11,5 + 83,04 \cdot 55,1 + 1 \cdot 9315,4 + 21,21 \cdot 27365,3 = 594584,9 \text{ кг або } 594,6 \text{ т};$$

$$\Delta M = 6634323,4 - 594584,9 = 6039738,5 \text{ кг або } 6039,74 \text{ т}.$$

Еколого-економічний збиток становить

$$\text{- по базовому варіанту: } Y_{\text{агаз}} = 2,4 \cdot 1 \cdot 0,28 \cdot 6634,3 = 4458,25 \text{ грн./рік.};$$

- по проектуваному варіанту: $Y_{a_{\text{проект}}} = 2,4 \cdot 1 \cdot 0,28 \cdot 594,6 = 399,57$ грн./рік.

Відвернений еколого-економічний збиток:

$$\Delta Y_a = Y_{a_{\text{баз.}}} - Y_{a_{\text{проект}}} = 4458,25 - 399,57 = 4058,68 \text{ грн./рік, або}$$

$$\Delta Y_a = 2,4 \cdot 1 \cdot 0,28 \cdot 6039,74 = 4058,71 \text{ грн./рік.}$$

8.3 Визначення еколого-економічних результатів, отриманих при розробці проектуваних заходів

Зниження розміру сплати зборів за забруднення за рахунок зменшення забруднення навколишнього середовища для атмосферного повітря визначається за формулою:

$$\Delta D_z = \sum_{i=1}^n (\Delta M_i \cdot H_{\delta i}) = \sum_{i=1}^n (M_{1i} \cdot H_{\delta i}) - \sum_{i=1}^n (M_{2i} \cdot H_{\delta i}), \quad (8.12)$$

де ΔM_i - зміна обсягу викиду i -тої забруднюючої речовини в тонах до і після впровадження заходів;

$H_{\delta i}$ - норматив збору за тону i -тої забруднюючої речовини, у гривнях (грн./т);

Згідно з Податковим кодексом України ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення з 01.01.2018 р. мають такий розмір (п. 243.1 ст. 243 Податкового кодексу): для твердих речовин – 92,37 грн./т, для азоту оксидів – 2451,84 грн./т, для вуглецю окису – 92,37 грн./т. Отже розмір сплати зборів за забруднення до і після впровадження природоохороного заходу складе:

$$D_{z_1} = (11,4972 + 55,074) \cdot 92,37 + 27,91 \cdot 92,37 + 82,84 \cdot 2451,84 = 211849,1 \text{ грн./рік,}$$

$$D_{z_2} = (0,0115 + 0,0551) \cdot 92,37 + 9,32 \cdot 92,37 + 27,36 \cdot 2451,84 = 67961,95 \text{ грн./рік,}$$

$$\Delta D_z = 211849,1 - 67961,95 = 143887,1 \text{ грн./рік.}$$

Еколого-економічний результат визначається за формулою:

$$P = \Delta Y_a + \Delta D, \quad (8.13)$$

$$P = 4058,71 + 143887,1 = 147945,8 \text{ грн.}$$

8.4 Розрахунок капітальних витрат

Вартість пропонованого реактору окиснення в розплаві:

$$Ц_{об} = 320,0 \text{ тис. грн.}$$

Капітальні витрати на введення в експлуатацію обладнання (балансова вартість) становить:

$$K = Ц_{об} + V_M, \quad (8.14)$$

де K – капітальні витрати, тис. грн;

V_M – витрати на монтаж реактору, тис. грн.;

Витрати на монтаж приймаємо на рівні 18% від вартості обладнання:

$$V_M = 320 \cdot 0,18 = 57,6 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо капітальні витрати на введення в експлуатацію обладнання за формулою (8.14):

$$K = 320,0 + 57,6 = 377,6 \text{ тис. грн.}$$

Експлуатаційні витрати приймаємо на рівні діючого виробництва, тому як вартість сировини, що використовується в проєктованому виробництві не перевищує витрат на природний газ, який використовується при спалюванні сажі.

8.5 Визначення еколого-економічної ефективності проєкту

Еколого-економічний ефект E визначається шляхом зіставлення витрат B з досягнутими результатами P :

$$E = P - K \cdot 0,15 - V_{експл}, \quad (8.15)$$

де 0,15 – нормативний коефіцієнт окупності капітальних вкладень за рік.

$$E = 147945,8 - 377600 \cdot 0,15 = 91305,8 \text{ грн.}$$

Розрахунок показників еколого-економічної оцінки проєкту зведено в табл.

8.2.

Таблиця 8.2 – Показники еколого-економічної оцінки проєктованих заходів

Показники	Одиниці вимірювання	Діюче виробництво	Проектоване виробництво	Зміна показників, %
1	2	3	4	5
Капітальні витрати на впровадження:	тис грн		377,6	
Еколого-економічний збиток	грн.	4458,25	399,57	- 4058,71
Плата за забруднення навколишнього середовища	тис. грн.	211,85	67,96	- 67,92
Усунений еколого-економічний збиток	грн.	-	4058,71	-
Загальний еколого-економічний ефект проєкту	грн.		91305,8	

В результаті отриманих даних можна зробити висновок, що запропоновані техніко-екологічні рішення з економічної точки зору є доцільними, при впровадженні яких плата за забруднення навколишнього середовища знижується на 143,9 тис. грн./рік, загальний еколого-економічний ефект складе 91,3 тис. грн.

Висновки

Даний дипломний проект присвячено розробці заходів зі зниження викидів сажі в виробництві ацетилену.

В процесі виробництва ацетилену термоокислювальним піролізом метану утворюються побічні продукти (важка сажа і коксова дрібниця відділення піролізу, залишки, що містять полімери, водна суспензія дрібнодисперсної сажі відділення піролізу), що забруднюють навколишнє середовище та приводять до порушення необхідної рівноваги між компонентами природи, погіршенню природних умов життя населення.

В якості природоохоронного заходу запропоновано замінити спалювання відходів виробництва в циклонних агрегатах на окиснення в рідкому високотемпературному теплоносії. Це рішення дозволить значно інтенсифікувати процес тепло- і масообміну, що підвищує ефективність технології окислення та скоротити токсичні і канцерогенні викиди в атмосферу (тверді домішки діоксиду кремнію та оксиду феруму, монооксид вуглецю).

Запропоновані техніко-екологічні рішення з економічної точки зору є доцільними, при впровадженні яких плата за забруднення навколишнього середовища знижується на 143,9 тис. грн./рік, загальний еколого-економічний ефект складе 91,3 тис. грн

Розглянуті структура і закономірності існування природних екосистем та принципи нормування якості навколишнього середовища. Виконаний аналітичний огляд науково-технічної літератури методів знешкодження відходів, розглянута оцінка впливу відходів виробництва ацетилену на природне середовище. Розроблена технологічна схема, виконані матеріальний баланс, розрахунок основного апарату – реактору окислення в рідкому високотемпературному теплоносії.

Анотація

Даний дипломний проект присвячено розробці заходів зі зниження викидів сажі в виробництві ацетилену.

Запропоновано замінити спалювання відходів виробництва в циклонних агрегатах на окиснення в рідкому високотемпературному теплоносії, що дозволить покращити ефективність технології окиснення та скоротити викиди в атмосферу. В результаті запропонованого рішення загальний еколого-економічний ефект складе 91,3 тис. грн.

Аннотация

Данный дипломный проект посвящен разработке мероприятий по снижению выбросов сажи в производстве ацетилена.

Предложено заменить сжигание отходов производства в циклонных агрегатах на окисление в жидком высокотемпературном теплоносителе, что позволит повысить эффективность технологии окисления и сократить выбросы в атмосферу. В результате предложенного решения общий эколого-экономический эффект составит 91,3 тыс. грн.

Annotation

This thesis project is dedicated to the development of measures to reduce soot emissions in the production of acetylene.

It was proposed to replace the incineration of production wastes in cyclone units with oxidation in a high-temperature liquid heat carrier, which will increase the efficiency of the oxidation technology and reduce emissions to the atmosphere. As a result of the proposed solution, the overall environmental and economic effect will amount to 91.3 thousand grn UAH.

Література

1. Антонов В.Н., Лапідус А.С. Производство ацетилена. М: “Химия”.1970. 415с.
2. Міллер С.А. Ацетилен, его свойства, получение и применение. М: “Химия”.1969. 680с.
3. Альтшуллер В.С. Новые процессы газификации твердого топлива. М: “Недра”.1976. 280с.
4. Акимова Т.А. Экология: Учебник для вузов / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ, 1998.- 455 с.
5. Реймерс Н.Ф. Экология / Н.Ф. Реймерс – М.: РМ, 1994. –367с.
6. Бедрій Я.І. Основи екології та соціоекології / Я.І.Бедрій – Львів: Афіма, 1999. – 210 с.
7. Кузнецов И.В. Защита воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами / И.В.Кузнецов, Т.М.Троицкая – М.: Химия, 1979. – 344 с.
8. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 1996 р.
9. Гликин М.А. Эффективность и взрывобезопасность процессов химической технологи. Киев: Принт-экспресс, 2000, 392 с.
10. Новиков Ю.В. Охрана окружающей среды / Ю.В. Новиков. – Москва: Высшая школа, 1987. – 290 с
11. Екологічна стандартизація і сертифікація: [Навч. посібник.] / Н.К.Блінова, В.І.Мохонько, С.О.Саломашіна, О.В.Суворін. - Луганськ: Вид-во Східноукраїнського нац. ун-ту, 2009, - 137 с.
12. Шаприцкий В.Н. Разработка нормативов ПДВ для защиты атмосферы / В.Н. Шаприцкий - М.: Металлургия, 1990. – 416 с.
13. Методические указания к решению задач по экологическому нормированию вредных веществ в окружающей среде / Составитель: Быкова С.П. – Северодонецк: СТИ, 2000.- 10 с.

14. ДБН А.2.2-1-2003 Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.

15. Грушко Я.В. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу / Я.В. Грушко - Л.: Химия, 1987.- 192 с.

16. Данилова В.И. Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать?. – М.: МНЭПУ, 1997. – 332 с.

17. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. — Л. : Гидрометеиздат, 1984. — 534 с.

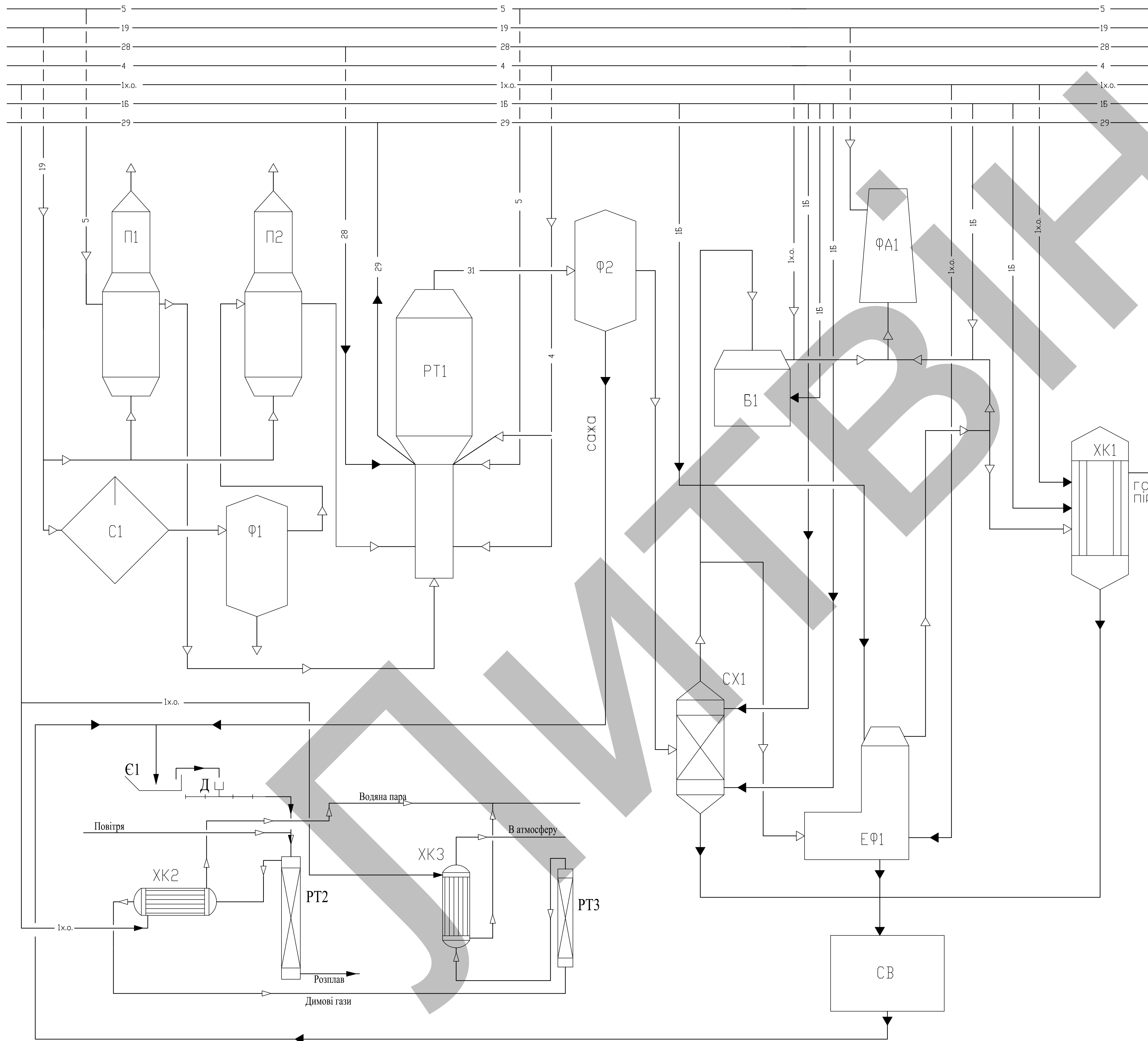
18. Беккер А. А. Охрана и контроль загрязнения природной среды / Беккер А. А., Агаев Т. Б. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 145 с.

19. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. – М.: Высшая школа, 1985. – 448с.

20. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Результаты экспериментальных исследований / Безуглая Э.Ю. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 200 с.

21. Зубцов Е.И. Углеродсодержащие отходы производства ацетилена. Окисление в жидком высокотемпературном теплоносителе / [Е.И. Зубцов, М.А. Гликин, И.М. Гликина, В.Ю. Тарасов] // Хімічна промисловість України. – Київ: АТ «ВНДІХІМПРОЕКТ». – 2009. – № 1. – С. 43–48.

22. Методичні вказівки до виконання і оформлення дипломних проектів (робіт) (для здобувачів вищої освіти спеціальності 101 Екологія освітнього ступеня бакалавр) / Укладачі Мохонько В.І., Блінова Н.К., Ожередова М.А. – Северодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2020. – 67 с.

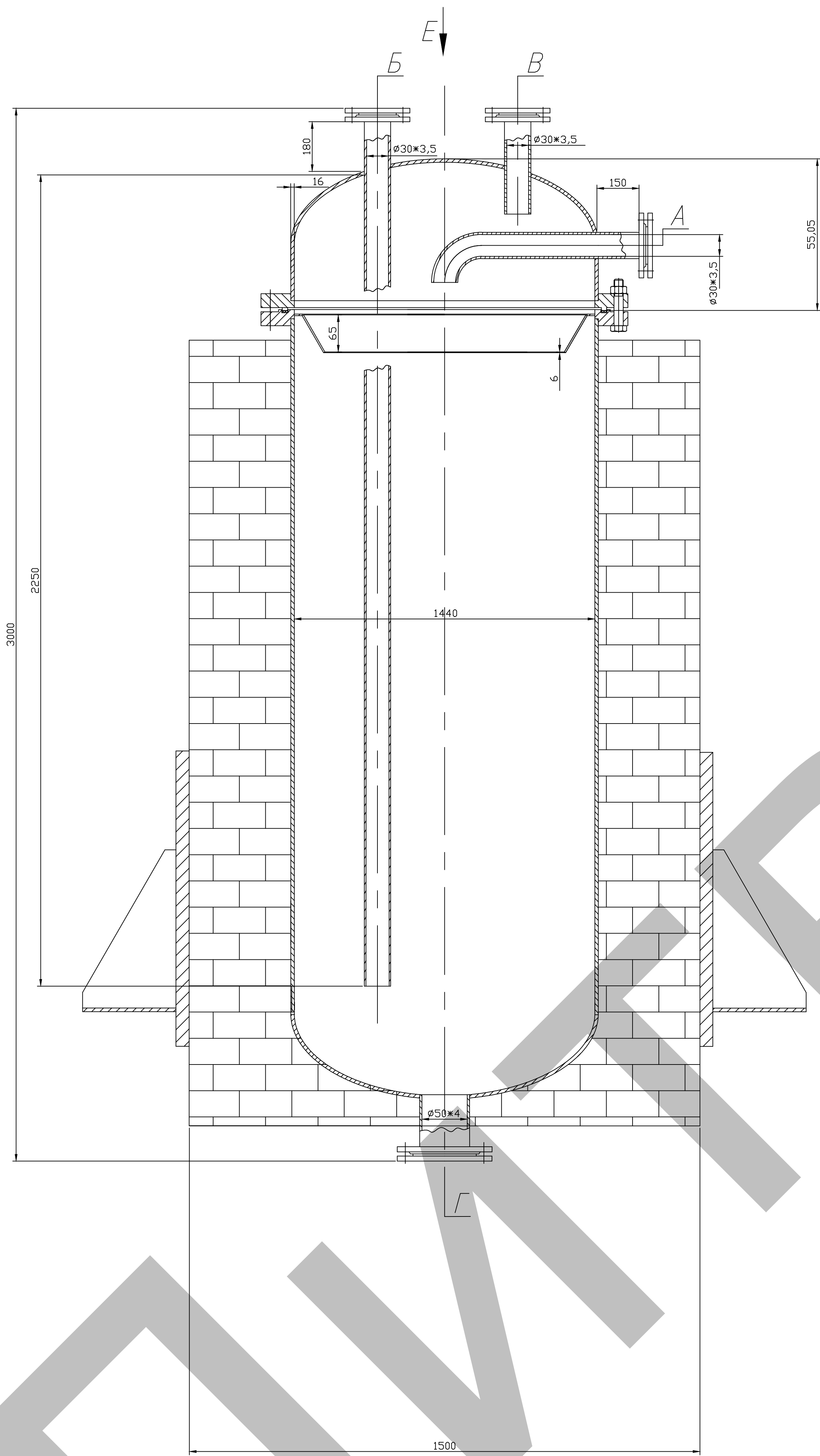


Умовне графічне позначення	Найменування середовища в трубопроводі	Примітка
— 5 —	Кисень	
— 19 —	Метан	
— 4 —	Азот	
— 1x.o. —	Хімоочищена вода	
— 16. —	Вода на зрошення ц. Б	
— 28 —	Конденсат прямий	
— 30 —	Сажевісна вода	
— 31 —	Гази піролізу	
— 29 —	Конденсат зворотний	

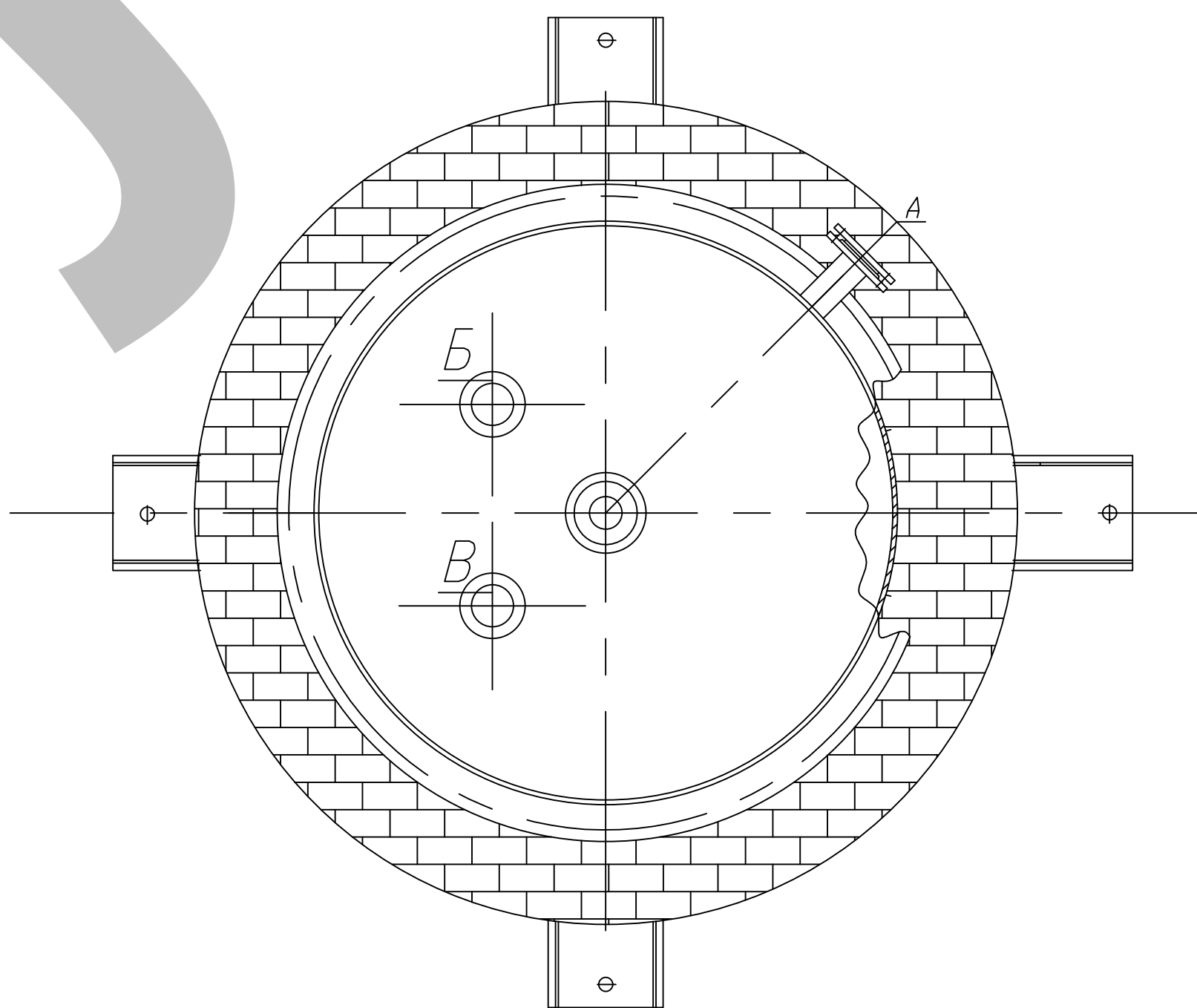
Експлікація устаткування

Поз.	Найменування	Кіл.	Характеристика	Примітка
П1	Підігрівач кисню	1		
П2	Підігрівач метану	1		
С1	Сепаратор	1		
Ф1	Фільтр	1		
Ф2	Фільтр	1		
РТ1	Реактор	1		
Б1	Блоківка	1		
СХ1	Скрюбер-холодильник	1		
ФА1	Факел	1		
ЕФ1	Електрофільтр	1		
ХК1-3	Холодильник	3		
СВ	Сажевідстійник	1		
Є1	Ємність	1		
Д	Дозатор	1		
РТ2	Реактор	1		
РТ3	Реактор AnCVB	1		

				XD 09.02.CX		
Змк.	Арх.	Нарук.	Підпис	Технологічна схема Виробництво ацетилену		
Розроб.	Литви	Дата				
Перевір.	Суборн.	О.В.				
Керівник						
				Літер.	Маса	Масштаб
				Арк 1	Аркулв	
				СНУ ім. В. Дала ПЕО-17g		



Е (1:10)



Таблиця штуцерів

Поз- на- чення	Найменування	Кіл.	Прохід ум. Ду, мм	Тиск P _у	
				МПа	кгс/см ²
А	Подача теплоносія	1	30	0,1	1,0
Б	Подача сажі	1	30	0,1	1,0
В	Подача повітря	1	30	0,1	1,0
Г	Дренаж	1	50	0,1	1,0

Технічна характеристика

- | | |
|---------------------------------------|--------------|
| 1. Тиск робочий, МПа | до 0,07 |
| 2. Температура робоча, °С | 1100 |
| 3. Середовище | розплав NaCl |
| вибухонебезпечність | так |
| пожежонебезпечність | так |
| токсичність | так |
| 4. Об'єм геометричний, м ³ | 2 |

Технічні вимоги

- Апарат підлягає дії Правилам Держкомхоронирації України.
- При виготовленні апарату керуватись ОСТ 26-291-79, ГОСТ 12.2.003-74.
- Апарат випробовувати на міцність і щільність в горизонтальному і вертикальному положенні пробним гідралічним тиском 1,2 МПа.
- Дійсне розташування штуцерів див. на схемі.
- Розміри для добіток.

ПД.09.03.В3

Змк.	Арх.	Ндржум.	Плацис.	Дата	Літер.	Маса	Масштаб
Розраб.	Литвін					24150	1:10
Перевір.	Субарин О.В.				Арк. 1		Аркушів 1
Н.контр.					СНУ ім. В.Далі гр. ПЕО-17г		
Затв.	Субарин О.В.						

Реактор окислення сажі в розплаві

Еколого–економічні розрахунки

Показники	Одиниці вимірювання	Діюче виробництво	Проектоване виробництво	Зміна показників, %
1	2	3	4	5
Капітальні витрати на впровадження:	тис грн		377,6	
Еколого-економічний збиток	грн.	4458,25	399,57	- 4058,71
Плата за забруднення навколишнього середовища	тис. грн.	211,85	67,96	- 67,92
Усунений еколого-економічний збиток	грн.	-	4058,71	-
Загальний еколого-економічний ефект проекту	грн.		91305,8	

Склад газових викидів до і після впровадження заходів

Склад газових викидів	спалювання	окислення в розплаві
	кг/рік	
Fe ₂ O ₃	11497,2	11,5
SiO ₂	55074	55,1

ПД.09.04.ЕЕР					
Змк.	Арк.	Наруч.	Підпис.	Дата	
Разроб.	Литвін				Еколого–економічні розрахунки
Перевір.	Овчин О.В.				
Керівник					
Н.контр.					Арк 1
Заст.	Овчин О.В.				Архив