

# Термічне знешкодження рідких промислових відходів

## ПЛАН

1. Установки термічно знешкодження рідких промислових відходів
  - 1.1. Форсунки з розприскуванням рідких відходів
  - 1.2. Ультразвукові форсунки
  - 1.3. Циклонні топки
  - 1.4. Вертикальні циклонні камери для знешкодження стічних вод
  - 1.5. Установки надшарового горіння
  - 1.6. Барботажні печі
  - 1.7. Турбобарботажний спосіб спалювання відходів
2. Висновки

Установки термічно знешкодження рідких промислових відходів.

Рідкі відходи хімічної промисловості, нафтовмісні стічні води, розчинники і т.д. можуть спалюватися двома способами – у розпиленому стані і над шаром ( останні переважно для рідких горючих відходів ). При форсункових способах паливо спалюється в топках печей у розпиленому стані у вигляді найдрібніших краплинок, котрі добро перемішуються з повітрям і згоряють на льоту. Чим краще частки палива розосереджені і перемішані з повітрям, тим досконаліше процес згорання. Для розпилення палива в основному використовуються форсунки парові, повітряні та механічні. Найбільш розповсюджені їх типи працюють по принципу загальновідомих форсунок системи Шухова. На рис. 1 наведено загальний вид форсунки фірми «Басф» ( ФРН ) для розпилення рідких відходів.

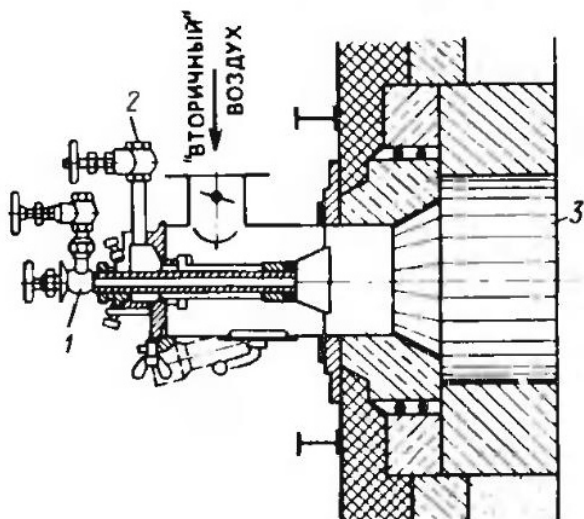


Рис.1. Загальний вигляд установки форсунки для розприскування рідких відходів в печах фірми «Басф».

- 1 – вентиль на лінії подачі розчину
- 2 – вентиль на лінії первинного повітря
- 3 – стінка печі

Рідкі промислові відходи подаються по осі установки через вентиль 1 і розпилюється первинним стисненим повітрям, що надходить із вентиля 2. У факел горіння по напрямку стрілки подається стиснене повітря.

Спалювання нафтовідходів та інших рідких горючих відходів в печах з форсунковим розпиленням палива звичайно обмежується із-за можливості засмічення форсунок чужорідними механічними включеннями, зривом

горіння із-за попадання води і т.д. Однак існують форсункові прилади, не чутливі до таких перешкод.[1]

Фірма «Думаг» ( Австрія ) розробила ультразвукові форсунки GS і GOS спеціально для спалення низькоякісних рідких відходів типа нафтошламів у спеціальних стаціонарних і транспортабельних установках (рис. 2)

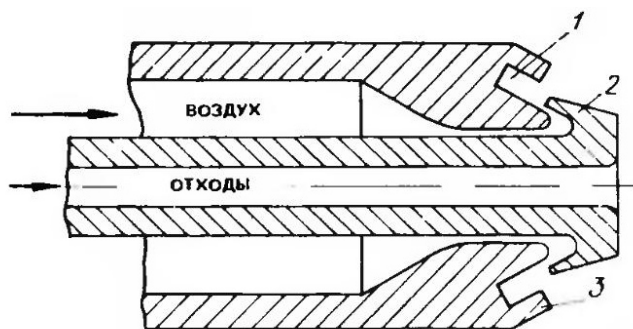


Рис. 2. Принципіальна схема ультразвукової форсунки.

- 1 – резонансна камера
- 2 – параболічне дзеркало
- 3 – відбивач

Форсунка GS монтується на спеціальній трубці, до якої підводяться два ввідних шланги, один з котрих служить для спалювання відходів, а другий – для подачі газу ( повітря ) з метою створення пульсуючої суміші. Форсунка сконструйована по типу генератора Хартмана, причому стиснене повітря чи пар ( макс.  $t=180\text{ }^{\circ}\text{C}$  ) вводиться у резонансну камеру зі надкритичною швидкістю через вмонтований зовнішній відбивач 3. При цьому виникає надзвукове поле, яке з допомогою параболічного дзеркала 2, що прямує на вихідний струмінь. За допомогою високої енергії у залежності від першопочаткового пару чи повітря коливання досягають 18000-23000 Гц. Ці коливання розщеплюють відходи, що надходять, у результаті чого досягається середній спектр розміру краплин 20-180 мкм ( при вихідному тиску газу 1.3-3 бара ). Так як навколо кожної краплини утворюється повітряна оболонка, бездимне спалювання можливе навіть при важкоспалювальних відходах.

На території СНД розробкою ультразвукових пальників для рідкого палива займається МосГазНДІпроект. У ряді випадків для спалювання

нафтовмісних шламів використовують ротаційні форсунки і пальники з обертовим розпилюючим органом. Такі пальники не чутливі до в'язкості горючого та засміченню твердими частками. Розпилення можна змінювати, змінюючи швидкість та кількість первинного та вторинного повітря. Цей пальник має перевагу перед іншими при спаленні нафтовідходів завдяки простоті конструкції. На розпилення шламу звичайними форсунками низького тиску витрачається повітря у 3-4 рази більше, чим потребується для його спалення. Це веде до значного збільшення обсязі продуктів горіння, зниженню продуктивності та ефективності установки. Тому, з точки зору ефективності спалення шламу, перевагу слід віддати форсункам з механічним перемішуванням при мінімальній затраті чи без затрати повітря на розпилення.

Термічне знешкодження рідких, а також твердих, газоподібних, і комбінованих сумішей промислових відходів може здійснюватись їх форсунковим розпиленням у топковому обсязі камерних топків.

На рис. 3 показана схема топки Лургі для спалення упареного сульфітного лугу.

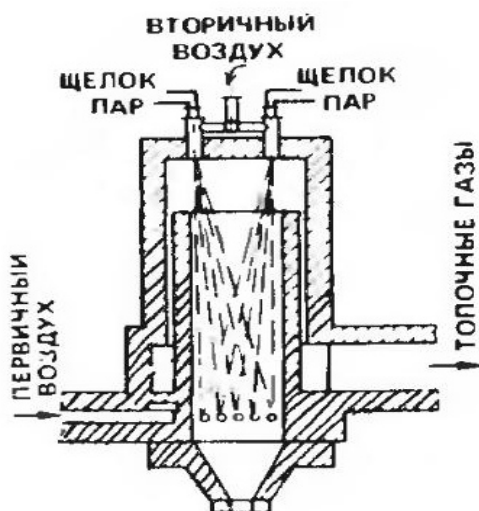


Рис.3. Схема топки Лургі для спалювання упареного сульфітного лугу

Розпилений за допомогою сопел луг підсушується та спалюється у протитечії димових газів. Газы, що відходять обігрівують паровий котел. Так

як луг погано запалюється, у топку вводять вугільний пил. На рис. 4 показана схема топки Лургі для спалення упареного сульфїтного лугу з вугільним пилом.

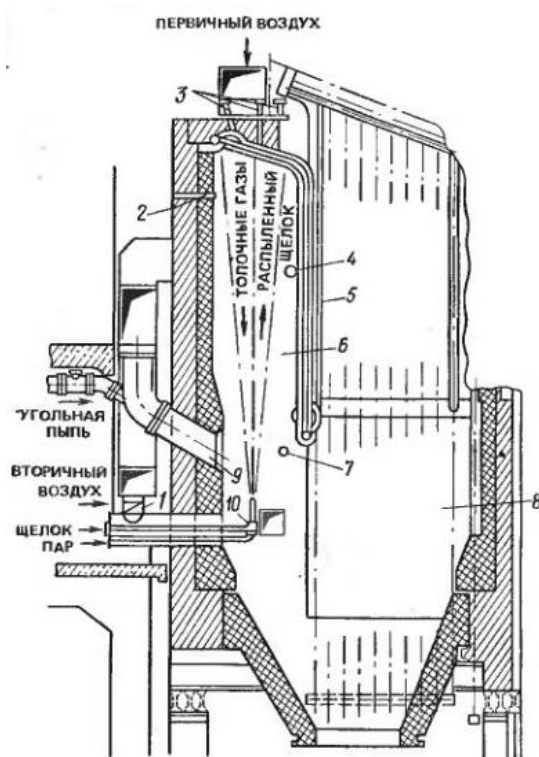


Рис.4. Схема топки Лургі для спалювання упареного сульфїтного лугу з вугільним пилом

- 1 – дросельний клапан для подачі вторинного повітря
- 2 – пальник
- 3 – сопка для подачі первинного повітря
- 4 і 7 – місця заміру температур
- 5 – трубки екрана
- 6 – частина топочної камери у екрана
- 8 – нижня частина топочної камери котла
- 9 – пальник для пилу
- 10 – розпилювач лугу

У топковій камері 8 влаштований екран 5, увімкнений у циркуляційну схему котла. В простір 6, утворений стінками топкової камери і екраном, через форсунковий розпилювач 10 за допомогою перегрітого пару впорскується луг. Назустріч струмені лугу через сопла 3 подається первинне повітря, необхідне для процесу горіння. Запалення лугу здійснюється за допомогою пальника 2. Температура топкового простору в точці 4 становить 1600-1700 °С, в точці 7 – 1100-1200 °С. Вторинне повітря подається у піч через дросельний клапан 1. Подача вугільного пилу здійснюється через пальник 9, розташований між форсунками для лугу. Витрата електроенергії при спаленні 1 т лугу становить 1,2 кВт.год, витрата пару – 50-100 кг/ч.

Для термічного знешкодження рідких, а також газоподібних та подрібнених твердих ПО у топковому обсязі широко використовується циклонні варіанти камерних топков та печей. Найбільше розповсюдження

вони отримали для знешкодження рідких концентрованих стоків хімічної промисловості та галузям, які до неї примикають.

Перевага циклонних топок чи реакторів по зрівнянню з іншими видами камерних топок обумовлюється, головним чином, їх аеродинамічними особливостями (вихровою структурою газового потоку), які забезпечують високу інтенсивність та стійкість процесу спалення палива з вельми малими топковими втратами при мінімальних надлишках повітря. При цьому виникає найбільш сприятливі умови тепло- й масообміну між газовою середою та краплями стічної води внаслідок великих відносних швидкостей й високої інтенсивності турбулентності. Це дозволяє створити малогабаритні прилади, які працюють з високими навантаженнями, котрі в десятки раз перевищують навантаження печей інших варіантів.

Типовим прикладом циклонної топки є установка для знешкодження стічних вод (сульфітного лугу целюлозо-паперової промисловості) в м. Лоддбі (Швеція). Установка складається із вентилятора 1 і циклонної печі 2. (рис. 5).

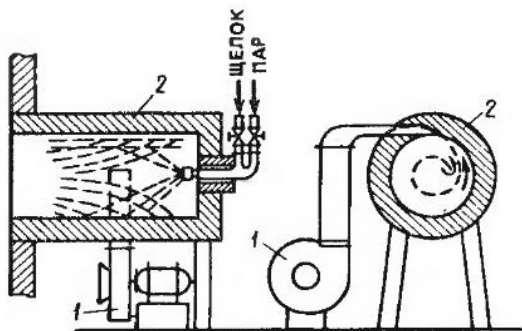


Рис.5. Схема циклонної топки Лоддбі

- 1 – вентилятор
- 2 – циклонна піч

У відмінності від прямоточних конструкцій підвідний канал вентилятору установлений тут тангенціалью до утвореної циліндричної камери печі. Повітря, яке виходить із вентилятору набуває обертальний рух й переміщується уздовж циліндру по спіралі. В торці камери передбачена парова форсунка, через котру під тиском приблизно 0,7 МПа розпилюється луг. При виході із форсунки луг змішується з повітрям, яке рухається по

спіралі. Краплини лугу висихають й запалюються. Неспалені частки за рахунок відцентрової сили відкидається до стінок топки в зону найбільшої концентрації кисню й там догорає.

Збільшення турбулентності у камері згорання є ефективним засобом для покращення підвода окислювача при великій концентрації розпиленних часток й малих коефіцієнтах надлишку повітря.

Повітря, подаване на горіння, попередньо не підігрівається. Внаслідок цього температура у стінок печі, футерованою глиноземистою цеглою ( 60 % А103 и 40 % S102 ), нижче температури полум'я. Зола видаляється у твердому стані один раз у зміну. Обсяг печі продуктивністю 6,3 т/ч упареного лугу складає 4,15 м<sup>3</sup>, довжина печі 3,75 м, діаметр 1,2 м. [2]

На території СНГ за останній час розроблений цілий ряд топок з твердим та рідким ( у розплавленому стані ) золовидаленням. Провідними організаціями у цій області є НПО «Техенергохімпром» і Московський енергетичний інститут.

Дослідження процесу вогневого знешкодження різних виробничих стічних вод на досвідних й промислових установках показали, щонайбільш раціональні для цієї мети вертикальні циклонні камери ( рис. 6 ).

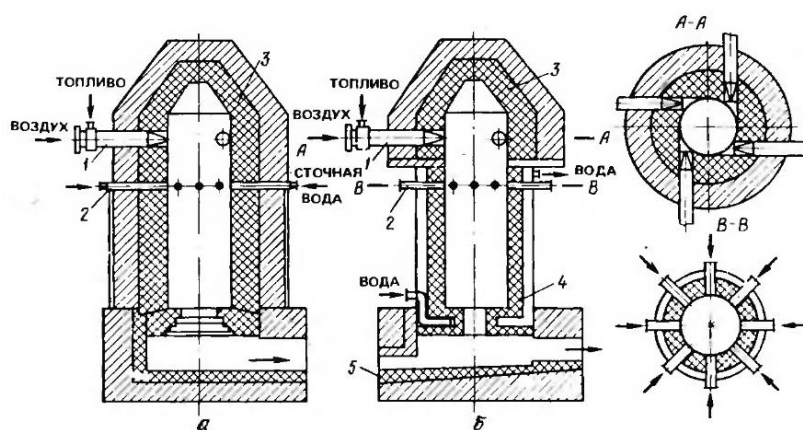


Рис.6. Вертикальні циклонні камери для вогневого знешкодження стічних вод

А – з цегляною футеровкою  
 Б – з гарнісажною футеровкою  
 1 – пальники попереднього змішання

- 2 – центр обіжні механічні форсунки
- 3 – цегляна голівка
- 4 – водо охолоджуючий корпус
- 5 – льотка для випуску мінеральних солей

Ці камери мають наступні особливості: тангенціальний підвід палива й повітря, розосереджений по окружності циклонної камери і її головної частини; відділення зони горіння від зони випаровування стічної води й окислення домішок шляхом розміщення пояса форсунок для розпилення стічної води нижче поясу пальникові приладів; використання цеглової футеровки у зоні горіння з метою збільшення стійкості горіння палива; використання пальників попереднього змішування для інтенсифікації горіння газу, а при опаленні рідким паливом – спільний ввід палива й повітря; використання для розпилення стічної води найбільш економічних механічних відцентрових форсунок, які встановлюються по окружності циклонної камери.

Для знешкодження стічних вод, що не містять мінеральних домішок, з видаленням золи із циклонної камери у твердому стані, камеру виконують з вогнетривкої цеглової футеровки ( рис. 6. а ).

Для знешкодження стічних вод з випуском розплаву мінеральних домішок, нижню частини камери, що працює і пережим виконують з гарніссажної футеровки з проточним чи випаровувальним охолодженням ( рис. 6. б ).

В циклонних печах у зв'язку з використанням гарніссажних футеровок є широкі можливості для вогневого знешкодження різних типів стічних вод й рідких ПО з утворення розплаву мінеральних речовин. При цьому у просторі печі, яка працює, крім хімічних реакцій горіння палива й рідких горючих відходів, протікають реакції з мінеральними речовинами. Наприклад, при окисленні органічних сполук металів утворюються оксиди, котрі в печі можуть піддаватися карбонізації, сульфатизації і т.д. Зокрема, при окисленні органічних сполук натрія і калія утворюються карбонати. Окислення органічних сполук сірки, фосфору й галогенів супроводжується утворенням газоподібних кислот і їх ангідридів, Луги, які містять у початковій стічній воді та інших відходах, а також які отримали у процесі вогневого знешкодження, можуть вступати у просторі печі, котра працює, у



хімічній взаємодії з газоподібними кислотами і їх ангідридами, утворюючи різні мінеральні солі. Мінеральні речовини із циклонної печі можуть випускатися у вигляді розплаву чи в твердому вигляді. Інколи їх використовують в якості сировини у виробничих процесах. В цих випадках циклонні печі можуть розглядатися як агрегати для регенерації деяких речовин із ПО: соляної кислоти – із відпрацьованих травильних розчинів, тринатрійфосфата – із відпрацьованих розчинів ванн обезжирення металів, соди – із лугового стоку виробництва капролактама і т.д. [3]

Сучасні циклонні печі для вогневого знешкодження ПО можуть бути віднесені до категорії хімічних реакторів і в ряді випадків в літературі іменується циклонними реакторами. Дослідження процесів вогневого знешкодження концентрованих промстоків в циклонних реакторах показали, що головним параметром, який визначає ефективність роботи установки ( повноту вигорання домішок, питома втрата палива ), є температурний рівень процесу. Іншими важливими параметрами є тонкість розпилення стічної води, концентрація і фізико-хімічні властивості органічних і мінеральних складових стічної води, питома навантаження робочого обсягу, коефіцієнт витрати повітря.

Вартість знешкодження 1 м<sup>3</sup> стічної води у найбільш несприятливих умовах ( мала продуктивність циклонної установки, низька концентрація горючих речовин, відсутність утилізації тепла) становить 8-12 руб.

При збільшенні продуктивності реакторів й утилізації тепла газів, які відходять, вартість знешкодження не перевищує 5-6 руб/м<sup>3</sup>. Питомі капітальні витрати на 1 м<sup>3</sup> стічної води в рік складає 4-13 руб.

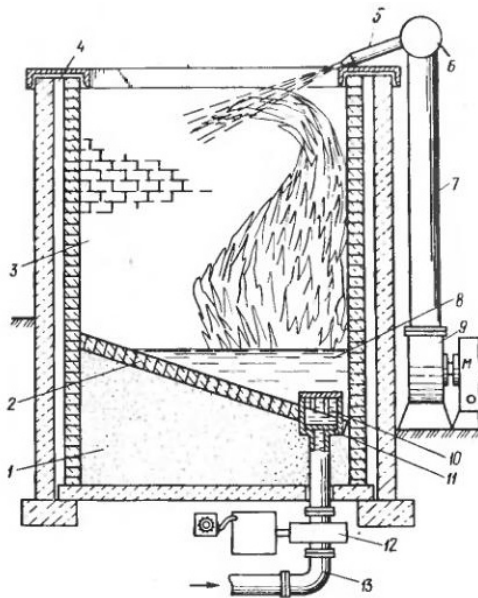
При без форсункових надшарових способах термічного знешкодження рідких горючих відходів горіння газифікованих продуктів здійснюється над шаром прогрітих закипаючих відходів. Основними достоїнствами цих способів є відносна простота печі ( топки, пальники ), її мала чутливість к засміченості і обводненні горючого відходу.

Надшарові способи спалення можна розділити на три групи: спалення без примусової турбулізації шару відходів, з турбулізацією шару відходів механічними приладами, з пневматичною турбулізацією шару відходів. Найбільш простими є способи, які засновані на спаленні відходів без примусової турбулізації шару.

В США створена крупно габаритна установка для надшарового спалення горючих відходів з примусовою подачею повітря в зону горіння (

рис. 7 ).

Рис.7. Американська установка надшарового горіння



- 1 – піщана основа
- 2 – дно основи камери згорання
- 3 – камера згорання
- 4 – повітряний зазор
- 5 – сопло
- 6 – колектор
- 7 - напірний повітропровід
- 8 – шар рідких відходів
- 9 – вентилятор
- 10 – отвори клапанної коробки
- 11 – клапанна коробка
- 12 – насос
- 13 – трубопровід

Прямокутна камера згорання 3 печі, футерована вогнетривкою цеглиною, має зазори 4 для охолодження її повітрям. Днище 2 камери згорання виконане також із вогнетривкої цеглини, нахилене до горизонталі й лежить на пісочному основанні 1. В поглибленій частині камери розташована клапанна коробка 11, яка має у верхній частині ряд отворів. Насос 12 через трубопровід 13 з'єднується з резервуаром рідких відходів. Вентилятор 9 напірним повітроводом 7 з'єднаний з колектором 6, розташованим уздовж стіни камери згорання, який закінчується соплом 5.

У процесі роботи установки відходи подаються насосом в камеру згорання, де утворюється шар, який майже цілком закриває днище печі. За допомогою легкозаймистої рідини (бензин, керосин і т.д.) поверхня відходів підпалюється. В цей же час вмикається вентилятор 9; повітря починає поступати в сопла колектора й доставляє кисень в зону горіння, футеровані стінки камери згорання поступово розжарюються і стають джерелом випромінювання, яке сприяє випарюванню летучих компонентів відходів. При правильному регулюванні подачі горючих відходів і повітря згорання відходів може бути достатньо повним.

Установки такого типу відносно прості, не потребують важкої попередньої обробки відходів і можуть застосовуватися у місцях їх централізованого згорання. До недоліків установок слід віднести громіздкість, а також некерованість процесом при закипанні води під шаром відходів.

Спалення з турбулізацією шару відходів механічними приладами є найбільш ефективним процесом. Рідкі горючі відходи, які піддаються спаленню в установках надшарового горіння, бувають сильно засмічені і обводненні. Якщо ці відходи не перемішувати в процесі роботи печі, то горіння навіть при правильному співвідношенні «повітря-паливо» йде не інтенсивно внаслідок низького рівня тепло- і масообмінних процесів; утворюється застійні зони, де можливо розшаровування емульсованої води, а це призведе до її раптового спінення і погашенню полум'я. Крім цього, з течією часу на днище печі накопичується неспалені тверді домішки, які містяться у відходах, а також кокс і частково оплавлені зольні відходи.

За мірою збільшення шару твердих домішок відбувається екранування рідких горючих відходів, які знаходяться нижче від випромінювання полум'я, у результаті чого зменшується ступінь газифікації горючих компонентів, знижується продуктивність печі і потребується її зупинка для проведення чистки. Тому доцільніше створювати печі з примусовим

змішуванням шару відходів і з механічним вивантаженням твердого останку.  
( рис. 8 ).

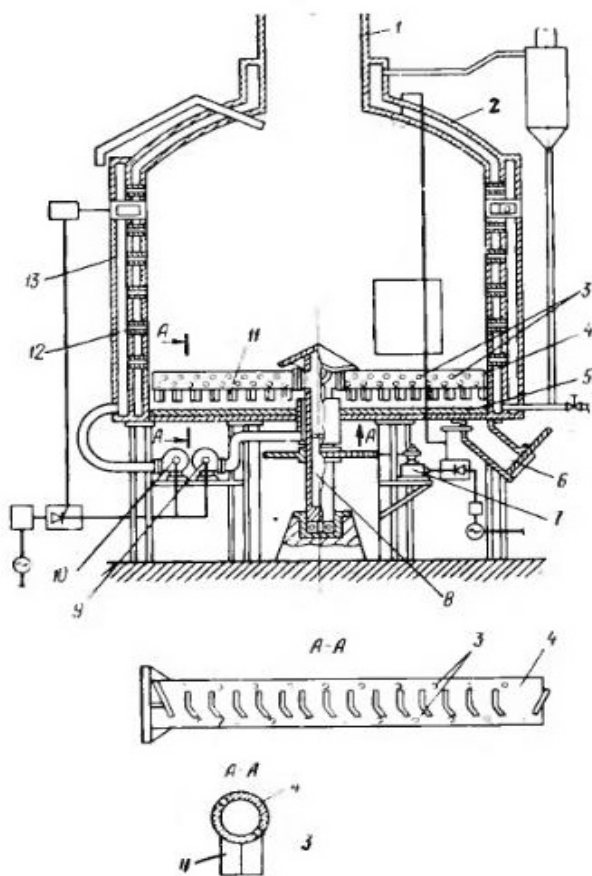


Рис.8. Піч Сатору и Накано  
(Японія)

- 1 – газохід
- 2 – камера згорання
- 3 – отвори для повітря
- 4 - радіальні лопаті
- 5 - днище
- 6 - розвантажувальний люк
- 7 – привід
- 8 - пустотілий вал
- 9 і 10 – повітрорудувки
- 11 – скоби
- 12 – повітряні отвори
- 13 – кільцева порожнина

Японська піч конструкції Сатору і Накано виконана у вигляді повітроохолоджуваної циліндричної камери згорання 2 з вузьким газоходом 1. Днище 5 камери в центрі має отвір , через котре проходить повітроохолоджуючий пустотілий вал 8. На кінці валу закріплені порожнисті радіальні лопаті 4 з отворами 3 для виходу повітря. Лопаті забезпечені скребками 11. Для вивантаження золи і коксу в днище печі передбачено люк 6. Подача необхідного для горіння повітря виробляється від повітрорудувок 9 і 10.

Працює піч наступним чином: на днище 5 відносно тонким шаром заливають відпрацьовану олію і підпалюють. Повітря, необхідне для горіння, від повітрорудувок 9 подається в кільцеву порожнину 13 і входить в камеру згорання через отвір 12 в стінках печі. Одночасно з початком горіння олії

вмикається механічний привод 7, який передає обертання на вал 8. Радіальні лопаті 4 зі скребками 11 перемішують і усереднюють шар відходів. Повітря, яке подається від повітродувок 9, охолоджує вал 8, а також лопаті 4, через отвори яких виходить в зону газифікації, доставляє туди кисень. Після закінчення подачі відходів негорючі частки, зола і кокс переміщуються лопатями до люку 6 і вивантажуються.

Переважно донної конструкції перед попередньою складається у впорядкуванні і інтенсифікації процесу спалювання відходів. Металеві деталі (лопаті мішалки) охолоджуються повітрям і не піддаються коробленню.[4]

Спалення з пневматичною турбулізацією шару відходів. В останні роки в зарубіжній й вітчизняній практиці для спалення рідких горючих відходів почали застосовувати барботаж, тобто продувку через шар відходів газоподібного агенту, наприклад повітря. Принцип роботи барботованого повітрям шару рідких нафтовідходів (барботажного шару) показаний на рис.9.

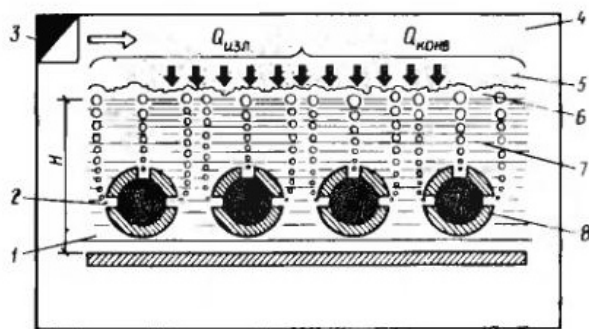


Рис.9. Принцип роботи барботажного шару

H – висота барботажного шару  
 1 – барботажна ванна  
 2 – первинне повітря  
 3 – вторинне повітря  
 4 – зона стабілізації  
 5 – зона формування краплин

6 – пінний шар  
 7 – рідкий нафтопродукт  
 8 – перфорована труба( барботажна решітка)

В пальниках барботажного типу функції приладу, який розпилує – виконує пінний шар. Весь простір розпилення в них можна розділити на три зони: зону пінного шару 6, де відбувається розподіл обводненого палива в потоці «первинного» повітря 2 у вигляді тонких плівок, які розподілять повітряні бульбашки; зону формування крапель 5, у котрій відбувається

руйнування пінного шару; зону стабілізації 4, яка представляє собою сформовану область дисперсного складу рідкого палива з постійною конструкцією крапель палива у потоці, подаваного сюди «вторинного» повітря 3.

Барботаж повітря чи горючого газу через шар нафтопродуктів, у даному випадку обводнених рідких нафто відходів, сприяє збільшенню ефективності процесів тепломасообміну.

Основні теплофізичні закономірності надшарового способу спалення наступні. В процесі горіння обводнений шар рідких нафтовідходів в барботажній ванні, через який продувається «первинне» повітря, прогрівається до температури кипіння. Взаємодія, що утворюється горючими парами з киснем відбувається в зоні горіння над шаром, куди безперервно повинні поступати горючі пари і вторинне повітря.

Тепло від зони горіння до поверхні нафтовідходів передається, в основному, за допомогою випромінювання. Теплопровідність по напрямку до шару, який випаровується – відсутня., так як швидкість руху парів від поверхні рідини до зони горіння більше швидкості передачі ними тепла від зони горіння до рідини.

Передача тепла конвекцією грає другорядну роль, так як потік парів в обсязі полум'я направлений від менш нагрітої поверхні (рідкі відходи ) до більш нагрітої.

В установленому процесі горіння ( тобто при постійній температурі полум'я ) спостерігається рівновага між кількістю згорілої в зоні горіння ( полум'я ) речовини та масою пару, яке поступило в полум'я. При барботажі «первинне» повітря, дроблячись на бульбашки, спінює паливо. Швидкість процесів тепло- і масообміну між рідкою і газоподібною фазами прямо пропорційна поверхні, що розподіляє ці фази. Барботаж газу через рідини інтенсифікує тепломасообмінні процеси шляхом турбулізації газорідкої системи, постійного руйнування і оновлення осередистої пінної структури, визволення укладених в неї газів. В процесі тепломасообміну

частина палива випаровується у вигляді бризок при руйнуванні поверхневих шарів піни.

Відомо, що мінімальна енергія, необхідна для руйнування плівок піни чистих рідин, дорівнює:

$$W_p = 0,34 \pi \delta \sigma,$$

Де  $\delta$  – поверхневий натяг продуктів;  $\sigma$  - товщина плівок рідини, яка розподіляє газовий простір.

При збільшенні температури надшарового простору зменшується поверхневий натяг нафтопродукту, зменшується плівки, облегшуючи їх розрив й винос бризок із піни. Винос бризок здійснюється також під дією барботажного агента, причому швидкість його обмежена із-за можливості механічної неповноти згорання.

Подальше роздроблення винесених із пінного шару крапель палива відбувається внаслідок аеродинамічного впливу потоку «вторинного» повітря, а також мікровибухів увімкнень легкозакипаючої води в крапельках відносно високо закипаючих нафтопродуктів. При цьому в зоні полум'я обводненого палива з'являється велика кількість додаткових активних центрів – атомарного водню Н і гідроксо-групи ОН, котрі в багато раз збільшують швидкість реакції горіння вуглеводнів. [1]

В Австралії вперше був запатентований барботажний спосіб спалення малолетучих тяжких палив в печі Катала, в котрій можна спалювати і інші продукти, наприклад Рідку сірку. Можете її побачити на рис. 10.

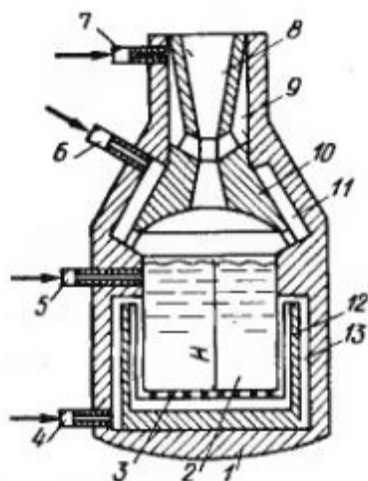


Рис.10. Барботажна піч Катала (Австралія)

- 1 – камера згорання
- 2 – барботажна ванна
- 3 – днище
- 4 – повітряний патрубок
- 5 – впускний патрубок
- 6 і 7 – патрубки

8 – горловина

9 і 11 – повітряні сорочки

10 – купол

12 – перегородки

13 – кільцевий канал

Піч складається із камери 1 футерованою вогнетривким матеріалом чи виконаної із жаростійкої сталі. В камері розташована барботажна ванна 2 з перфорованим дном 3.

Продукт, підлягаючий спаленню, заливають у ванну через впускний патрубок 5 й удержують на постійному рівні Н, який залежить від складу й властивостей горючої речовини, розмірами і числом отворів в днищі 3. Товщина шару відходів може коливатися у межах 5-10 см. Ванна 2 відділена від стінки камери 1 перегородкою 12, котра утворює канал 13. Камера закрита зверху куполом 10, котрий виготовлений із вогнетривкого матеріалу й оточений повітряними сорочками 9 і 11.

В процесі роботи печі через патрубок 4 подають попередньо підігрітий газ ( наприклад, повітря ), барботуючий через шар. Напір газу ( повітря ) повинен бути достатнім для подолання опору шару, котрий в процесі роботи перемішується й газифікується.

Паливоповітряна суміш згорає над шаром продукту в потоках «вторинного» і «третинного» повітря, що подається відповідно через патрубки 6 і 7. Газоподібні продукти згорання виходять із печі через горловину 8. Купол 10, призначений для відводу газу ( повітря ), виконаний у вигляді труби Вентурі, що сприяє покращенню сумішоутворення й повноті згорання продукту.

В Росії барботажний спосіб вперше був запропонований М. С. Масленниковим, В.Л. Гудзюком, А.В. Лебедівим ( Іванівський енергетичний інститут ). З метою інтенсифікації процесів прогріву, випаровування і сумішоутворення в пальнику чи печі передбачається барботаж частини чи всього окислювача по всій глибині палива чи горючих відходів. Для цього розроблені різні конструкції, які позитивно зарекомендовані при спаленні



мазуту і нафто відходів. Наприклад, пальник з прямокутною камерою показана на рис. 11.

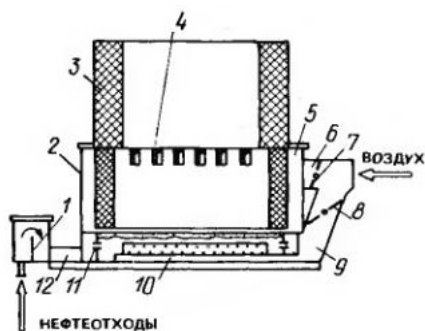


Рис.11.Схема барботажного пальника

- 1 – дозатор
- 2 – корпус
- 3 – камера згорання
- 4 – отвір для подання вторинного повітря
- 5 – повітряна сорочка
- 6 – канал для подання вторинного повітря
- 7 – шибер вторинного повітря

- 8 – шибер первинного повітря
- 9 – канал первинного повітря
- 10 – барботажна решітка
- 11 – отвір для надходження рідкого пального
- 12 – канал для рідкого пального

В нижній частині корпусу 2 розташовані барботажна решітка 10, під яку через канал 9 підводиться «первинне» повітря. В час роботи пальника над решіткою постібно мається шар рідкого палива, який поступає в пальник через отвір 11 із каналу 12. Висота рівня палива в пальнику підтримується постійною за допомогою дозатора 1, забезпеченого регульованим по висоті переливом. Всередині корпусу пальника вище паливного шару знаходиться форкамера з зустрічно розташованими отворами 4 «вторинного» повітря. Футерована шамотною цеглою призматична обичайка форкамери вмонтується в корпус пальника так, щоб між обшивкою форкамери і пальником створилась порожнеча, куди через канал 6 подається «вторинне» повітря. В верхній частині форкамери переходить в камеру згорання 3, виконану із шамотної цегли. Розподіл потоків «первинного» і «вторинного» повітря регулюється шиберами 7 і 8.

Кількість барботуваного через шар рідких відходів повітря по умовам гранично допустимої швидкості барботажу складає невелику частину теоретично необхідного для горіння «вторинного» повітря.

Стійка і ефективна робота барботажного пальника визначається наступними факторами: правильно підібраним співвідношенням «відходи-вода»; постійністю висоти паливного шару і рівномірністю поступу в пальник спалюваного продукту, що забезпечується настройкою системи питания й регулятору рівня й регулятора рівня; рівнем температури в форкамері; відсутністю димлення й виноса із пальника палаючих крапель й часток. Останнє забезпечується в тому випадку, якщо швидкість барботажу (кількість первинного повітря) не перевищує допустимої межі. Крім того, рівнем відходів на Ризькому лакофарбовому заводі, Нарофиминському заводі «Електроізолит», підприємствах Мінхімпрома і Мінелектротехпрома. МосводоканалНДІпроектм спільно з Іванівським енергетичним інститутом проводились випробування барботажних пальників на підприємствах Москви.

Наряду з безсумнівними перевагами випробуваних установок виявились й певні їх недоліки, такі як періодичні зашлакування великої кількості барботажних отворів, утворення місцевих застійних зон, в яких закипає розшаровуюча вода з викидом піни, нестабільність роботи установки із-за труднощів управління товщиною шару і т.д.[2]

На основані проведених досліджень МосводоканалНДІпроектм був розроблений новий спосіб спалення, який отримав назву «турбобарботажний», а установки, які працюють по цьому принципу, - «турбобарботажні установки Вихор».

Принцип роботи турбобарботажного шару показаний на рис. 12.

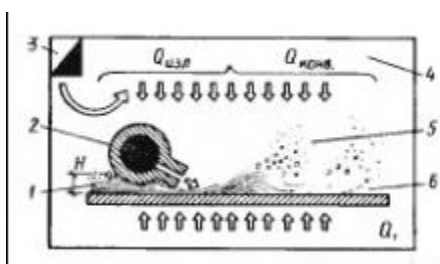


Рис.12.Принцип турбобарботажного способу спалювання рідких нафто відходів

1 – турбулентно рухомий шар

- 2 – сопла первинного повітря
- 3 – вторинне повітря
- 4 – зона центр обіжної стабілізації краплин
- 5 – зона розпливу
- 6 – турбобарботажна ванна

Турбобарботажний спосіб спалення в сукупності характеризується наступними основними ознаками:

1. Процес спалення ведеться при великій кратності обміну в тонкому шару, яке приводить в обертальний турбулентний рух, яке швидко прогрівається й частіно розпиляється на більш малі, чим при барботажному способі, краплини.

2. Процес спалення здійснюється у циліндричній чи відносно вузькій кільцевій камері необхідного діаметру.

3. Процес спалення ведеться при зниженій кількості «первинного» повітря, але при його підвищеної швидкості. Барботажні елементи об'єднуються в колекторні односпрямовані блоки ( сопла ), які можуть вільно вилучатися й вставлятися на місце в барботажній ванні, причому виключено попадання нафтопродукту через барботажні отвори під днище пальника.

4. Подача вторинного повітря в камеру згорання здійснюється над шаром відходів тангенціально з перетином її робочого перерізу. Недовипаровувані краплини, винесені із шару під дією відцентрової сили, сепаруються на стінках камери згорання, що виключає механічну неповноту згорання.

5. Процес спалення ведеться при підвищеному значенні коефіцієнта надлишку повітря, що в визначених межах дозволяє виготовлювати турбобарботажні пальники без футеровки й водного охолодження корпусу.

На підставі турбобарботажного способу спалення МосводоканалНДІпроектном були розроблені різноманітні типорозміри установок для спалення нафтопродуктів , об'єднані під спільною назвою «Вихор». Установа «Вихор» і технологічна схема установи з пичю

продуктивністю 200 кг/год, промисловий варіант якої отримав назву «Вихор-1», показані на рис. 13.

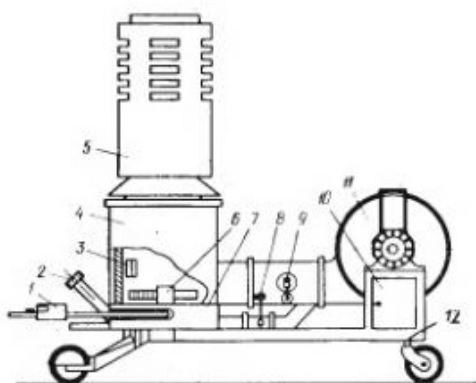


Рис.13.Пересувна установка «Вихорь -1» у робочому положенні

- 1 – регулятор подання нафто відходів
- 2 – запальний патрубок
- 3 – отвір для подання вторинного повітря
- 4 – камера згорання
- 5 – труба
- 6 – турбобарботажна хрестовина

- 7 – днище пальника
- 8 – шибер первинного повітря
- 9 – шибер вторинного повітря
- 10 – енергоблок
- 11 – вентилятор
- 12 – шасі

Турбобарботажна піч змонтована на спільному шасі 12, де розташовані також енергоблок 10 і вентилятор 11. Подача рідких горючих відходів на днище пальника 7 здійснюється через регулятор 1. Витрата «первинного» і «вторинного» повітря регулюється шиберами 8 і 9.

Конструкція печі виконана із сталі X18H9T. Піч складається із власне камери згорання 4 й труби 5, що її продовжує. Труба турбобарботажної печі відкидається при транспортуванні й технічному обслуговуванні. Основа печі футерується шаром товщиною 0,08 м. В центрі днища розташована турбобарботажна хрестовина 6 з соплами, в котру від вентилятора поступає «первинне» повітря. Нафтовідходи запалюються через запальний патрубок 2. Через сопла. Що нахилені під кутом  $30^{\circ}$  до днища, «первинне» повітря приводить тонкий шар нафто відходів, які швидко прогріваються від випромінювання полум'я до кипіння, в турбулентний обертальний рух,

спіює й частково розпилює його. Це виключає утворення застійних зон, шлакоутворення, розшаровування і закипання води, тобто збільшує надійність роботи установки. Продукти газифікації повністю згорають в закручених потоках «вторинного» повітря, що подається над шаром нафтовідходів через отвори 3.

Залежність змінення температур від діаметру камери згорання показана на рис. 14.

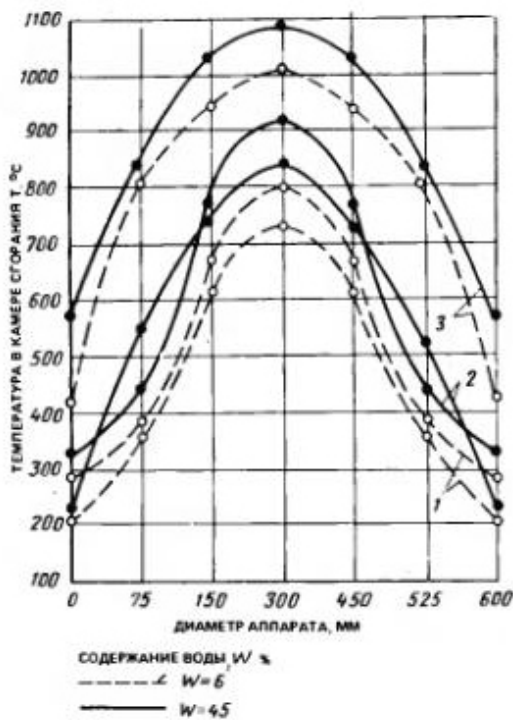


Рис.14. Температурні режими роботи установки «Вихрь – 1» в залежності від діаметру камери згорання

1,2,3 – відповідно перерізу I,II,III

Із графіків слідує, що при обводненні відходів від 6 до 45 % температура стінок камери не перевищує 873 К ( 600°С ), що нижче температури окалиноутворення розповсюдженій нежаростійкої сталі 1Х18Н9Т. Це пояснюється наявністю пристінного шару холодного повітря, яке знаходиться під дією відцентрової сили і руху повітря в міжсорочному просторі. Пристінний шар забаластований до того ж більш важкий, ніж горючі гази, кінцевими продуктами згорання, в першу чергу CO<sub>2</sub>, щільність якого  $\gamma = 1,98 \text{ кг/м}^3$ . Поза стінним шаром продукти газифікації проходять через зони температур 1072-1373 К ( 800- 1100°С ), що гарантує повноту їх

згорання і не призводить до надлишкового утворення оксидів азоту із повітря.

Випробовування установок дозволили зробити висновок про те, що при визначених умовах ( коефіцієнт надлишку повітря  $\alpha=1,4-1,9$ ; закрутка «вторинного» повітря зі швидкістю 50 м/с ) печі діаметром 0,6 м можна робити цілнометалевими без футеровки і водяного охолодження із звичайної нержавіючої сталі 1Х18Н9Т, що значно спрощує й здешевлює конструкцію печей й дозволяє наладити їх серійне виробництво.

Експерименти на установках діаметром вище 0,6 м показали, що, починаючи з 0,8 м, ефект обертального кільця холодного повітря значно слабшає, температура стінок збільшується до 973 К і вище, тому більш великі установки потребують в футеровці вогнетривким матеріалом.

Перші установки «Вихор», в том числі серійні, випускалися без утилізації й очистки димових газів. В дійсний час розроблені конструкції установок з утилізацією тепла та з вологою ( реагентною і безреагентною ) очисткою димових газів. Локальні установки такого типу мають широкі перспективи для використання. [1]

## **Висновки**

На відміну від ранніх стадій індустріального розвитку процеси самоочищення води, повітря і ґрунту не можуть впоратися з обсягом надходження в навколишнє середовище забруднень. Науковий і технічний прогрес, створюючи нові джерела забруднень, одночасно визначає передумови та можливості захисту природних об'єктів не тільки за рахунок розробок екологічно прийнятних технологій, а й удосконалення процесів переробки, утилізації, знешкодження та захоронення відходів. Очевидно, що сучасний рівень розвитку науки і техніки дозволяє істотно скоротити кількість відходів, що не утилізуються однак, не дає технічних рішень по їх повної утилізації. Особливу небезпеку становлять хімічні відходи, тому виробництво хімічних продуктів в умовах безпеки та захисту навколишнього середовища - це не тільки зниження потенційної небезпеки різними технічними методами і обробка відходів на самих сучасних установках, але і в більшій мірі скорочення джерел ризику як такого - генерувати якомога менше відходів. Світова тенденція зводиться до трьох основних напрямках вирішення проблеми промислових і муніципальних відходів: створення принципово нових і вдосконалення виробничих технологій з метою різкого скорочення можливостей утворення відходів; створення екологічно прийнятних сучасних способів переробки відходів; розробка способів використання відходів як сировини.

### **Список використаної літератури:**

1. **Пальгунов П.П.** Утилизация промышленных отходов./ П.П. Пальгунов, М.В. Сумароков– М.: Строй-издат, – 1990. – 352 с.
2. **Зубик С.В.** Техноекологія. Джерела забруднення і захист навколишнього середовища: Навчальний посібник. – Львів: Оріяна-Нова, – 2007. – 400 с.
3. <http://www.energospace.ru>
4. **Чистик О.В.** Экология. – М.: Новое знание, – 2000. – 248 с.