**1.1 Класифікація котелень**

Сучасні котельні установки мають різну класифікацію. В основу кожної з них лягає певний принцип або певні значення. На сьогоднішній день існують кілька основних розмежувань:

Розташування.

Залежно від того, де розташовується установка, виділяються:

* Дахові;
* Вбудовані в будівлю;
* Блочно-модульні;
* Рамні.

В системі кожного опалення головним її елементом є котел. Він виконує основну функцію - нагрівання. Залежно від того, на якій основі працює вся система і котел зокрема, існують такі типи котлів:

* парові котли
* водогрійні;
* змішані;

Котли на діатермічному маслі.

Будь-яка опалювальна система працює, від того чи іншого типу сировини, палива або природного ресурсу. Залежно від цього котли діляться на:

1. Твердопаливні. Для цього використовуються дрова, вугілля та інші види твердого палива.
2. Рідкопаливні - масло, бензин, мазут та інші.
3. Газові.
4. Змішані або комбіновані. Передбачається використання різних видів і типів палива.

*Класифікація котельних агрегатів*

Котли як технічні пристрої для виробництва пари або гарячої води відрізняються різноманіттям конструктивних форм, принципів дії, використовуваних видів палива та виробничих показників. Разом з тим за способом організації руху води і пароводяної суміші всі котли можуть бути розділені на наступні дві групи:

• котли з природною циркуляцією;

• котли з примусовим рухом теплоносія (води, пароводяної суміші).

У сучасних опалювальних і опалювально-виробничих котельних для виробництва пари використовуються в основному котли з природною циркуляцією, а для виробництва гарячої води - котли з примусовим рухом теплоносія, що працюють по прямоточному принципом.

Сучасні парові котли з природною циркуляцією виконуються з вертикальних труб, розташованих між двома колекторами (барабанами). Одна частина труб, які називаються обігріваючими «підйомними трубами», обігрівається факелом і продуктами згоряння палива, а інша, як правило, не обігріваюча частина труб, знаходиться поза котельного агрегату і носить назву «опускні труби». У обігріваючих підйомних трубах вода нагрівається до кипіння, частково випаровується і у вигляді пароводяної суміші надходить в барабан котла, де відбувається її поділ на пар і воду. По опускним не обігріваючим трубам вода з верхнього барабана надходить в нижній колектор (барабан). Рух теплоносія в котлах з природною циркуляцією здійснюється за рахунок рушійного напору, створюваного різницею ваг стовпа води в опускних і стовпа пароводяної суміші в підйомних трубах.

У парових котлах з багаторазової примусової циркуляцією поверхні нагрівання виконуються у вигляді змійовиків, що утворюють циркуляційні контури. Рух води і пароводяної суміші в таких контурах здійснюється за допомогою циркуляційного насоса.

У прямоточних парових котлах кратність циркуляції становить одиницю, тобто живильна вода, нагріваючись, послідовно перетворюється в пароводяну суміш, насичений і перегрітий пар. У водогрійних котлах вода при русі по контуру циркуляції нагрівається за один оборот від початкової до кінцевої температури.

По виду теплоносія котли поділяються на водогрійні та парові. Основними показниками водогрійного котла є теплова потужність, тобто теплопродуктивність, і температура води; основними показниками парового котла - паропродуктивність, тиск і температура.

Паровий котел - установка, призначена для генерації насиченого або перегрітої пари, а також для підігріву води (котел опалювальний).

За відносним рухом теплообмінюючих середовищ (димових газів, води і пари) парові котли (парогенератори) можуть бути поділені на дві групи: водотрубні котли і жаротрубні котли. У водотрубних парогенераторах всередині труб рухається вода і пароводяна суміш, а димові гази омивають труби зовні.

За принципом руху води і пароводяної суміші парогенератори підрозділяються на агрегати з природною циркуляцією і з примусовою циркуляцією. Останні підрозділяються на прямоточні і з багаторазово-примусовою циркуляцією

**1.2 Котельні установки**

Котельні установки призначені для нагріву робочої рідини, яка потім надходить в системи теплопостачання і системи водопостачання. Робочою рідиною, як правило, є проста вода. Передача нагрітої робочої рідини від котельні установки до системи теплопостачання здійснюється за допомогою теплотраси, що представляє собою систему труб.

В своїй основі мають водогрійний або паровий котел, в якому здійснюється безпосередній підведення і нагрів робочої рідини. Вибір параметрів котла залежить від багатьох характеристик. Обсяг котла розраховується, виходячи з розмірів та особливостей роботи системи теплопостачання.

Можуть розташовуватися як всередині об'єкта, так і за його межами. Усередині об'єкту вони можуть встановлюватися в підвалі, окремому приміщенні і навіть на даху. Якщо будівля являє собою великий за розмірами об'єкт, то котельні установки виконують у вигляді окремо розташованих будівель з власної інженерної системою, підключеної до загальної інженерної системі об'єкта.

В роботі котельних установок використовують різні види палива. Найбільшого поширення сьогодні набули котельні, що працюють на природному газі. Крім газу, котельні установки використовують в якості палива нафтопродукти (мазут, дизельне паливо), тверде паливо (вугілля, кокс, деревина). Ряд котелень можуть використовувати комбіновані види палива. Важливою характеристикою будь-якої котельні є категорія надійності теплопостачання споживачів.

Котельними установками - називається комплекс обладнання, призначеного для перетворення хімічної енергії палива в теплову з метою отримання гарячої води або пари заданих параметрів. Існують різні класифікації котельних, серед яких можна виділити класифікацію за варіантами виконання (тут виділяють дахові, стаціонарні, вбудовані, прибудовані та модульні котельні). Котельні по способу відпускається тепла також діляться на парові, водогрійні, термомасляні; якщо говорити про використане паливо, то котельні можна поділити на твердопаливні, мазутні, газові та комбіновані, за своїм же призначенням вони діляться на опалювальні і технологічні. Котельна установка складається з котельного агрегату, допоміжних механізмів і пристроїв

Під кожну з цих класифікацій підходять лише транспортабельні котельні установки, попит на які постійно збільшується. В першу чергу це, безумовно, пов'язано з їх багатофункціональністю. З усіх існуючих на сьогоднішньому ринку автономних котелень лише дані котельні включають в себе чотири системи: опалювальну, газову, водо нагрівну та парову. Це дозволяє покупцям за допомогою однієї установки вирішити відразу кілька питань, що значно зменшує видаткову частину бюджету. Економію можна витягти і при покупці котельні з такими пальниками, які здатні працювати від комбінованого виду палива.

*Модульні котельні* економічні і в своєму транспортуванні, установці і експлуатації. Витрати скорочуються і через високу автоматизацію котельні, яка довгий час здатна працювати в автономному режимі, заданому при її запуску. Якщо на величезних ТЕЦ працює великий штат, то для контролю за роботою блочно-модульної котельні достатньо одного оператора. Його робота стане ще менш трудомісткою, якщо в котельню вбудувати мікропроцесор, найбільш точно зчитує і передає всю інформацію з усіх пристроїв котельні на спеціальний пульт.

Варто відзначити, що *блочна котельня* установка має найбільший ККД з усіх можливих, це поєднується з мінімальними витратами на її обслуговування і безпосередню її роботу. Таким чином, набуваючи блочну котельню установку, її власник досить швидко окупить її вартість і зможе отримувати дохід (це якщо ми говоримо про власників виробництв і будівельних фірм); а якщо ж блочно-модульну котельню придбала звичайна людина, власник власного будинку, то він може бути впевнений в тому, що протягом усього експлуатаційного терміну котельні установки він не залишиться без тепла і гарячої води.

**1. 3 Котельне обладнання**

Котельне обладнання, що входить до складу котельних установок, забезпечує виконання технологічного процесу нагрівання робочої рідини в котлі. До складу котельного обладнання входять:котли водогрійні та парові; пальники; водо підготовчі установки; котельні труби, запірна арматура; теплогенератори; покажчики рівня води; датчики і контролери та багато іншого.

Котельне обладнання підбирають, виходячи з умов експлуатації та необхідних технічних характеристик, що пред'являються до даної котельної установки.

*Газові котельні*

Газові котельні є найбільш поширеним видом котельних установок на сьогоднішній день. Очевидними перевагами є їх низька собівартість будівництва і експлуатації в порівнянні з котельнями установками інших типів. Розгалужена газопровідна мережа країни, яка перебуває в постійному розвитку, дозволяє підвести газ практично в будь-яку точку. Це призводить до зниження витрат на доставку робочого палива звичайним транспортом. Крім того, газ має більш високу теплоємність і тепловіддачею в порівнянні з іншими видами палива, він залишає менше шкідливих речовин після згоряння.

На промислових підприємствах газові котельні є основним джерелом теплопостачання технологічних процесів і забезпечення теплом робочого персоналу. Разом з тим, в приватних житлових будинках також частіше стали з'являтися газові котельні. Люди гідно оцінили переваги таких установок.

Газові котельні - незамінне джерело енергії, дешевший в порівнянні з електроенергією.

*Модульні котельні*

Модульні котельні являють собою готові інженерні системи, які легко можна транспортувати і встановлювати в будь-якому місці. Використовуючи модульні котельні, можна істотно заощадити на проектуванні та монтажі, так як ці системи, як правило, монтуються в готовому вигляді в контейнері і оснащені всім необхідним обладнанням для роботи і автоматизації процесу.

До складу модульних котелень входить наступне обладнання: водогрійні котли; технологічне обладнання; системи автоматики; системи водо підготовки та багато іншого.

Склад обладнання, що входить в модульні котельні, залежить від необхідної потужності котелень установок. Очевидною перевагою, якою володіють модульні котельні, є їх мобільність і дешевша собівартість установки і експлуатації.

Котел - теплообмінний пристрій, в якому тепло від гарячих продуктів горіння палива передається воді. В результаті цього в парових котлах вода перетворюється в пар, а в водогрійних котлах нагрівається до необхідної температури.

Топковий пристрій служить для спалювання палива та перетворення його хімічної енергії в тепло нагрітих газів.

Живильні пристрої (насоси, інжектори) призначені для подачі води в котел.

Тягодуттьовий пристрій складається з дуттьових вентиляторів, системи газоповітровід, димососів і димової труби, за допомогою яких забезпечуються подача необхідної кількості повітря в топку і рух продуктів згоряння по газоходу котла, а також видалення їх в атмосферу. Відпрацьовані гази, переміщаючись по газоходу і стикаючись з поверхнею нагріву, передають тепло воді.

Для забезпечення більш економічної роботи сучасні котельні установки мають допоміжні елементи: водяний економайзер і підігрівач повітря, служать відповідно для підігріву води і повітря; пристрій для подачі палива і видалення золи, для очищення димових газів і живильної води; прилади теплового контролю і засоби автоматизації, що забезпечують нормальну і безперебійну роботу всіх ланок котельні.

*Класифікація котельних установок*

Котельні установки в залежності від характеру споживачів поділяються на енергетичні, виробничо-опалювальні й опалювальні. По виду вироблюваного теплоносія вони діляться на парові (для вироблення пари) і водогрійні (для приготування гарячої води).

Енергетичні котельні установки виробляють пар для парових турбін на теплових електростанціях. Такі котельні обладнають, як правило, котлоагрегатами великої і середньої потужності, які виробляють пар підвищених параметрів.

Виробничо-опалювальні котельні установки (зазвичай парові) виробляють пар не тільки для виробничих потреб, а й для цілей опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Опалювальні котельні установки (в основному водогрійні, але вони можуть бути і паровими) призначені для обслуговування систем опалення виробничих та житлових приміщень.

Залежно від масштабу теплопостачання опалювальні котельні поділяються на місцеві (індивідуальні), групові та районні.

Місцеві котельні зазвичай обладнують водогрійними котлами з нагріванням води до температури не більше 115 ° С. Такі котельні призначені для постачання теплом одного або декількох будівель.

Групові котельні установки забезпечують теплом групи будівель, житлові квартали або невеликі мікрорайони. Такі котельні обладнають як паровими, так і водогрійними котлами, як правило, більшою теплопродуктивності, ніж котли для місцевих котелень. Ці котельні зазвичай розміщують у спеціально споруджених окремих будівлях.

Районні опалювальні котельні служать для теплопостачання великих житлових масивів: їх обладнають порівняно потужними водогрійними або паровими котлами.

Котельня установка з паровими котлами. Установка складається з парового котла, який має два барабани - верхній і нижній. Барабани з'єднані між собою трьома пучками труб, що утворюють поверхню нагріву котла. При роботі котла нижній барабан заповнений водою, верхній - в нижній частині водою, а у верхній - насиченою водяною парою. У нижній частині котла розташована топка з механічною колосниковою решіткою для спалювання твердого палива. При спалюванні рідкого або газоподібного палива замість решітки встановлюють форсунки або пальника, через які паливо разом з повітрям подається в топку. Котел обмежений цегляними стінами – обмурівкою.

**1.4 Характерний склад викидів**

Побутові і виробничі енергопотреби задовольняються наступними видами енергії:

- теплової (технологічні процеси, опалення, кондиціонування повітря),

- електричної (привід машин, електроапаратури, освітлення),

- електромагнітної (радіозв'язок, телефонний зв'язок, телебачення, прилади).

Найбільш універсальна - електрична енергія, що забезпечує потребу в електромагнітної і в значній кількості в тепловій енергії. До теперішнього часу велика частина енергоспоживання покривається за рахунок безпосереднього спалювання органічного палива в печах.

Підприємства, що виробляють електроенергію на базі органічного палива, називаються тепловими електростанціями (ТЕС). При спалюванні палива хімічна енергія перетворюється в теплову енергію пара, яка потім в паровій турбіні переходить в механічну енергію, а турбогенератор робить її вже електричної. Тепловий ККД звичайної ТЕС вельми низький - 37-39%. Майже 2/3 теплової енергії та залишків колишнього палива в буквальному сенсі вилітають в трубу, завдаючи шкоди навколишньому середовищу.

На виробництво електроенергії тепловими електростанціями витрачається менше чверті всіх видобуваючих горючих копалин, решта витрачається в основному на отримання промислової і побутової теплової енергії. Підприємства, що виробляють як електричну, так і теплову енергію, називаються теплоелектроцентралями (ТЕЦ). Електрична енергія ТЕЦ подається в електромережу, а теплова - в теплопроводи.

Значний вплив на склад утворених шкідливих речовин при спалюванні палива надають: 1) його вид; 2) режим горіння.

1) На теплових електростанціях використовується тверде, рідке і газоподібне паливо.

Газоподібне паливо являє собою найбільш "чисте" органічне паливо, так як при його повному згорянні з токсичних речовин утворюються тільки оксиди нітрогену(200-1200мг/м3). При неповному згорянні в викидах присутній оксид вуглецю (СО =10-125 мг/м3). ТЕС на природному газі значно екологічно чистіше вугільних, мазутних і сланцевих, але не можна забувати про шкоду, яку завдає природі видобуток газу і прокладка тисячокілометрових трубопроводів.

Утворення оксиду вуглецю (СО) завжди супроводжує процес спалювання, особливо при умовах протікання реакцій у стехіометричному співвідношенні. На механізм утворення СО впливають умови спалювання.

У складі забруднюючих речовин, характерних для об'єктів газової промисловості, зазвичай виділяють сірководень H2S. Природні гази можуть не містити сірководень або містити незначні кількості сірководню. Видобуток і переробка газів що містить сірководень, токсичність і летючість компонентів яких вище, ніж у нафти, супроводжується виділенням великої кількості H2S в атмосферу і є більш небезпечною за забруднення повітря та інших екологічних об'єктів у порівнянні з природним газом, вільним від сірководню. У процесі переробки газів, що містять Н2S, відбувається руйнування і знос устаткування, в результаті чого виділяються в навколишнє середовище в небезпечних об'ємах сірководень і супутні йому токсичні сірчисті, азотні та інші сполуки.

При спалюванні газу основними забруднюючими речовинами є оксиди нітрогену (NОх), двооксид вуглецю (СО2), оксид вуглецю (СО), леткі органічні сполуки ( не метанові ЛОС) і метан (СН4), закис нітрогену N2О. На механізм їх утворення однаково впливають умови спалювання. Викиди проходять через трубу. Витоки зі щільностей не враховуються. Температура відхідних газів = 120-140 °С.

Оксиди нітрогену NОх ( NО разом з NО2 розглядаються як оксиди нітрогену NОх ) при спалюванні газу, в основному, утворюються шляхом окислення N2 повітрям, яке бере участь в спалюванні. В природному газі відсутній органічно зв`язаний нітроген.

Викиди не метанових летких органічних сполук, такі як олефіни, кетони, альдегіди є результатом неповного спалювання газу і утворюються в незначній кількості. Можуть мати місце викиди складових палива, що не згоріли, таких як метан (СH4).

Двооксид вуглецю (СО2) є основним продуктом спалювання газу. Викиди СО2 безпосередньо зв`язані з вмістом вуглецю в паливі.

Механізм утворення закису нітрогену ( N2О) до кінця не з`ясовано. При спалюванні природного газу утворюється незначна кількість N2О.

При спалюванні газу викиди важких металів відсутні. Можливий викид ртуті тільки при її наявності в газі. В природному газі, який споживається в Україні ртуть не визначена, тому викиди ртуті, як правило, відсутні і не розраховуються.

Рідке паливо: Рідкі палива майже цілком (на 96-98%) складаються з вуглеводнів СnH2n, причому масовий вміст вуглеводню становить 80-90%, а водню Н, 8-14%.

Крім вуглеводнів CnH2n та CO(10-150 мг/м3), рідке паливо часто містить вільну і зв'язану сірку SO2(2000-6000 мг/м3), SO3(4-250 мг/м3) (0,5-3%), невеликі кількості пов'язаного кисню і нітрогену NO2(300-1000 мг/м3), а також воду. Останні три речовини не надають помітного впливу на якість палива. Вельми небажаним елементом є сірка, так як при його згорянні утворюється сірчистий газ SO2, що володіє сильним корозійним впливом на метали. Температура відхідних газів = 150-160 °С.

Важливим показником є в'язкість палива, від її величини залежить надійність його транспортування по трубопроводу до пальника, а також якість спалювання, причому збільшення в'язкості надає несприятливу дію на обидва ці процесу. Рідке паливо в сучасних пальниках спалюється, як правило, після його газифікації (тобто після випаровування спалюються його пари). У зв'язку з цим важливою властивістю рідкого палива є його здатність випаровуватися, що характеризується температурою спалаху, при якій починається рясне виділення парів, які можуть спалахнути при піднесенні до ним полум'я. Температура спалаху значно нижче температури займання власне палива.

Істотною характеристикою є температура замерзання рідкого палива, так як вона визначає умови його зберігання і транспортування. При охолодженні палива різко збільшується його в'язкість, що ускладнює його злив і транспортування по трубопроводах.

Міститься в рідкому паливі зола (до складу золи мазуту входить V2O5, MgO, сполуки свинцю) і волога, являє собою баласт, знижує теплоту згоряння і погіршує процес горіння. Зола - пасивний баласт, до того ж її зміст невеликий. Кількість вологи в паливі залежить не тільки від його марки, і від умов транспортування, зберігання і т. д. Наприклад, при перевезенні мазуту залізничних цистернах часто виробляють обігрів його впуском пара, що призводить до підвищення його вологості.

Тверде паливо:

В якості твердого палива використовують вугілля (бурі, кам'яні, антрацитовий штиб), горючі сланці і торф. Температура відхідних газів = 170-190 °С.

Процес спалювання твердого палива можна розділити на чотири фази. В першій фазі під час горіння палива з нього випаровується волога. В другій фазі проходить так званий процес піролізу, або дегазації (газової генерації) — при зростанні температури та дефіциті кисню паливо розкладається на летку частину — горючі гази: метан (СH4), монооксид вуглецю (СО), водень (Н) та інші вуглеводні і твердий залишок. В третій фазі ці гази згорають. Якщо є достатня кількість повітря, то вони згорають повністю, виділяючи при цьому такі продукти згорання, як двооксид вуглецю (СО2), водяну пару (H2О) і нітроген (N2). Якщо ж повітря (кисню) в третій фазі спалювання не вистачає, то у продуктах згорання з’являється монооксид вуглецю (СО), сажа і поліциклічні ароматичні вуглеводні. В четвертій фазі згорають обвуглені

залишки і утворюється двооксид вуглецю (СО2). Після повного згорання твердого палива залишається зола, яка складається із негорючих мінеральних речовин. Під час згорання твердого палива (особливо вугілля) в атмосферу разом із димом, пилом і сажею викидаються й інші екологічно шкідливі речовини, зокрема, сірка (оксид сірки, сірчистий газ SO2(1000-5000 мг/м3), нітроген (оксид нітрогену NO,NO2(350-1500 мг/м3), чадний газ (оксид вуглецю =15-150 мг/м3), вуглекислий газ (двооксид вуглецю) і сполуки деяких важких металів.

**1.5 Вплив забруднюючих речовин на навколишнє середовище і організм людини**

Вимоги до ступеня очищення залежать від призначення газу. При очищенні газу, що викидається в атмосферу, вміст сірководню повинно відповідати ГДК. При очищенні технологічних газів вміст сірководню регламентується вимогами процесів подальшої переробки. Сірководень, що виділяється при очищенні, переробляють в елементарну сірку або сірчану кислоту. Методи очищення від сірководню можна розділити на дві основні групи: сорбційні методи і методи каталітичного окислення. Найбільшого поширення набув метод хемосорбції, що забезпечує ступінь очищення до 99,9%.

При спалюванні органічного палива розрізняють 3 режими горіння:

- нейтральне (стехіометричне або повне згоряння палива при коефіцієнті надлишку повітря α = 1),

- окисне (повне згоряння при невеликому надлишку повітря α> 1),

- відновне (неповне згоряння при нестачі повітря α<1).

Перераховані фактори впливають на викид всіх шкідливих речовин, що містяться в димових газах - золи, оксидів нітрогену, вуглецю, сірки, оксидів ванадію (в основному виділяється пентаоксид ванадію V2О5).

*Двооксид вуглецю і пари води* - основні по масі відходи виробництва - надходять в атмосферу, включаються в природні цикли і поглинаються рослинністю в процесі синтезу органічних сполук і регенерації кисню. На цій посаді ці відходи не можна визнати шкідливими.

Однак масштаби використання органічного палива і відповідно викиду двооксиду вуглецю за деякими оцінками перевищують регенераційні можливості рослинного світу. В результаті в атмосфері спостерігається зростання питомої ваги двооксиду вуглецю (вуглекислого газу) СО2. Вплив СО2 виражається не тільки в токсичну дію на живі організми, але і в здатності поглинати інфрачервоні промені.

При нагріванні земної поверхні сонячними променями частина тепла у вигляді інфрачервоного випромінювання віддається назад у світовий простір. Це тепло частково перехоплюється газами, що поглинають інфрачервоне випромінювання, які в результаті нагріваються. Якщо це явище відбувається в тропосфері, то з ростом температури можуть відбуватися кліматичні зміни ( "парниковий ефект"). На думку багатьох вчених, це може привести до ряду катастрофічних наслідків глобального масштабу, в тому числі до танення льодовиків, підвищення рівня світового океану і затоплення величезних і найбільш обжитих прибережних територій океанів, перерозподілу опадів, річкового стоку та ін.

Одна з основних проблем полягає в тому, щоб визначити масштаби і тимчасові рамки кліматичних змін в результаті накопичення тепла за рахунок CO2. До сих пір ще залишається неясним, якою мірою кліматичні зміни пов'язані з поглинанням інфрачервоного випромінювання в атмосфері. Всі зусилля по визначенню можливого впливу на клімат при збільшенні вмісту CO2 в атмосфері пов'язані із з'ясуванням подальших змін, які будуть спостерігатися при досягненні концентрації двооксиду вуглецю 0,06% (об.) (В даний час в земній атмосфері вміст СО2 становить 0,03- 0,034% (об.)). Важко передбачити, коли буде досягнуто це значення. Якщо вважати, що викиди CO2 і надалі будуть постійно зростати, то ця концентрація буде досягнута близько 2050 року. Якщо витрачання вуглецю збережеться на сучасному рівні, то встановлення концентрації CO2 в атмосфері на рівні 0,06% (об.) Можна очікувати тільки до 2200 року. Якщо ж вдасться постійно скорочувати споживання природного палива, то це стан настане близько 3000 року.

При прогнозі можливих змін клімату в результаті подвоєння вмісту CO2 використовують модельні розрахунки; вони надзвичайно складні і дають неоднозначні результати. Немає впевненості в надійності ряду даних, які використовуються при конструюванні моделі. До них, зокрема, відноситься питання про кількість CO2, що минає з атмосфери і розчинному в Світовому океані.

При подвоєнні вмісту CO2 в тропосфері зміна клімату з підвищенням температури стає цілком ймовірним, якщо не відбувається ніяких компенсуючих процесів, як, наприклад, посилене поглинання і розсіяння випромінювання в стратосфері через забруднення у вигляді пилу і аерозолів. Проблема збагачення атмосфери двооксидом вуглецю не повинна розглядатися ізольовано, так як в кругообігу CO2 беруть участь і синергійні, і антагоністичні чинники. До синергійних чинників належить вплив таких газів, як двооксид сірки SO2, закис нітрогену N2О, фторхлорвуглеводень (фреони), метан СН4 і озон О3. Водяна пара повинні бути виключені з цього розгляду, так як, незважаючи на локальні відмінності в розподілі над поверхнею планети, їх загальна частка в атмосфері практично залишається постійною і не вносить помітного вкладу в нагрівання земної поверхні. Інші гази, що поглинають ІЧ (інфрачервоне) випромінювання, вносять приблизно 50% в порівнянні із загальною кількістю тепла, що накопичується за рахунок двооксиду вуглецю. При оцінці так званого парникового ефекту, викликаного діяльністю людини, необхідно враховувати вплив і цього чинника.

Дія пилу і аерозолів протилежна дії газів, що накопичують тепло, так як перші зменшують кількість сонячного світла, що падає на поверхню Землі. Вченими було встановлено, що вуглекислий газ, що викидається в великих кількостях ТЕС, інтенсивно руйнує і озонову оболонку Землі. Зола, оксиди сірки, нітрогену та багато інших компонентів димових газів є шкідливими речовинами, перевищення концентрації яких над санітарними нормами в повітряному басейні неприпустимо. Кількість твердих речовин (ПДКм.р. = 0,5 мг / м 3), що викидаються в атмосферу, визначається зольністю палива, повнотою згоряння горючої маси, глибиною золоочищення. При горінні, сірка присутня в органічному паливі, перетворюється в двооксид сірки (ПДКм.р. = 0,5 мг / м 3), кількість якого визначається сірчистого використовуваного палива.

Оксиди нітрогену (ПДКм.р. = 0,2 мг / м 3) [7] утворюються при горінні за рахунок окислення нітрогену повітря тільки при високих температурах і за рахунок нітрогену в паливі, що знаходиться в складних органічних сполуках, що входять до складу вугілля і в молекулярному стані. В оксид нітрогену (II) NO переходить 10- 30% паливного нітрогену. На виході з димової труби двооксид нітрогену (NO2) становить 10-15%, решта 85-90% становить в основному NO. Далі при русі димового факела в атмосфері кількість двооксиду нітрогену збільшується до 60-70%. Двооксид нітрогену більш токсична, ніж оксид. Якщо викиди від автотранспорту виробляються на рівні землі, то викиди енергетичних підприємств здійснюються на висоті більше 100-300 м. Це сприяє не тільки дальнього переносу домішок, а й потрапляння їх у верхні шари атмосфери, зокрема в озоновий шар, розташований на висоті 18- 26 км.

В результаті складних реакцій в діапазоні температур 700-800 °С при недостатній кількості кисню, що подається в зону горіння, в димових газах утворюється поліциклічний вуглеводень бензопірен С20Н16 (ПДКм.р. = 0,1 мг / 100м 3), що володіє канцерогенними властивостями. Агрегатний стан бензопірену в димових газах-аерозольна. Канцерогенними речовинами є хімічні речовини, вплив яких на людину викликає рак і інші пухлини.

При неповному згорянні рідкого палива в димових газах утворюються великодисперсні, липучі частки сажі, що складаються переважно з вуглецю. Сажа здатна адсорбувати бензопірен, в результаті чого її частки набувають канцерогенні властивості.

До шкідливих впливів ТЕС слід віднести і викиди теплоти, що призводять до теплового забруднення навколишнього середовища. Енергетичний баланс вугільної ТЕС складається таким чином, що споживачеві надається тільки 30-35% енергії, отриманої при спалюванні палива. Приблизно 10% теплоти йде в атмосферу з димовими газами, а більше 50% відводиться в процесі охолодження конденсаторів турбін або водою, яка забирається з річок або водойм, або в градирнях. Те, що відбувається при цьому, теплове забруднення водойм при недостатності захисних заходів може порушити умови проживання водної флори і фауни, привести до розвитку у водоймах небажаних біологічних процесів (розростання синьо-зелених водоростей і т.п.). Теплові викиди ТЕС впливають на навколишнє середовище, змінюючи мікроклімат в районі її розміщення, а при великих концентраціях потужності можуть призвести до зміни циркуляції повітряних мас, їх температури і вологості.

Таким чином, участь енергетичних підприємств (ТЕС, котелень) в забрудненні навколишнього середовища продуктами згоряння, твердими відходами та низькопотенційним теплом значне.

**1.6 Методи зменшення та уловлювання шкідливих компонентів димових газів на електростанціях**

Для охорони повітряного басейну найбільш важливими є заходи, що скорочують викиди з димовими газами електростанцій твердих частинок (золи), оксидів сірки і азоту.

*Методи боротьби з викидами твердих частинок*

Кількість твердих частинок золи і недопал палива (під недопал палива мається на увазі механічний недопал, тобто тверді частинки незгорілого палива), що утворюються в топках котлів і буря з топки димовими газами, пропорційно кількості палива, що спалюється, його зольності і ступеня шлакоуловлювання. Остання становить 5-10% при твердому і 15-30% при рідкому шлаковидалення. Для котлів з механізованими шаровими топками цей показник значно вищий 80%.

Кількість летючого попелу, що викидається в атмосферу енергетичними установками, визначається ефективністю очищення газів в золоуловлювачах, що встановлюються за котлами. Прийнято, що ККД золоуловлювачів повинен бути для електростанцій, що спалюють зольні палива, - 99,5%.

За принципами дії золоуловлювачі різноманітні: електрофільтри, мокрі інерційні, сухі інерційні.

Найбільш дешеві мокрі золоуловлювачі. Ними обладнана половина електростанцій країни. Такі апарати компактні, працюють стійко, забезпечуючи ступінь очищення газів 95-97%. Основні труднощі експлуатації цих апаратів пов'язані із зносом футеровки, а також із забезпеченням належної якості зрошувальної води.

Найбільш надійні і зручні в експлуатації сухі інерційні золоуловлювачі. Однак область їхнього застосування обмежується порівняно низькою ефективністю, особливо для дрібнодисперсних частинок.

В даний час належна ефективність роботи *електрофільтрів* забезпечується не завжди: ступінь очищення визначається фізико хімічними властивостями золи і димових газів, а також швидкістю руху і температурою цих газів. При вдосконаленні конструкції електрофільтрів їх ефективність може бути доведена до 99 - 99,5%.

Незважаючи на те, що методи знепилювання димових газів в даний час найбільш розроблені, діючі і знову встановлювані апарати у багатьох випадках не задовольняють пропонованим до них вимогам. В даний час середня по країні ефективність золоочищення знаходиться на рівні 95%. Нові енергетичні котли оснащуються електрофільтрами ефективністю 99% і вище.

Більшість застосовуваних золоуловлювачів вибірково вловлюють відносно великі фракції золи, тоді як саме в дрібних фракціях концентруються важкі метали та інші токсичні компоненти. Встановлено, що за дисперсного складу зола певною мірою копіює вугільний пил, і тому ступінь помелу вугілля безпосередньо впливає на очистку газу, так як велика зола краще вловлюється. Таким чином, вже на етапі паливо підготовки можна передбачати заходи, що забезпечують зниження викиду золи.

При спалюванні мазуту додаткові забруднювачі надходять в атмосферу у вигляді сажі, які завдають істотної шкоди навколишньому середовищу, оскільки є носіями кислот і канцерогенів. Тому, незважаючи на порівняно невелику кількість викидається золи, на електростанціях, що працюють на мазуті, необхідно застосування золоуловлюючих установок спеціальних типів. За кордоном для цих цілей використовуються електрофільтри, сухі інерційні апарати, скрубери мокрою очищення і тканинні фільтри з ефективністю уловлювання твердих частинок 80-99%. Для вітчизняних мазутних котлів є спеціальні золоуловлюючі установки (батарейні циклони, електрофільтри і ін.) Для очищення димових газів при високих температурах (350-400 °С).

Теплові електростанції, що працюють на твердому паливі, складують свої золошлакові відходи на спеціально побудованих золовідвалах. Будівництво золовідвалів вимагає значних відводів земель. Золовідвали представляють певну небезпеку для навколишнього природного середовища, оскільки забруднюють грунт, грунтові води в зв'язку з виділенням пилу і інфільтрацією.

Особливо несприятливо проявляється запилювання золовідвалів в районах з великими швидкостями вітру. У цих умовах золовідвалів може послужити джерелом забруднення території площею в кілька сотень квадратних кілометрів. З цих причин заходи, спрямовані на зменшення та нейтралізацію шкідливого впливу цвітіння золовідвалів, найважливіші при їх експлуатації.

Є різні способи боротьби з пилом золовідвалів. Найбільш поширеним є зволоження їх поверхні. Зокрема, на золовідвалах влаштовують дощування. В особливо важких випадках робляться спроби підтримки в секціях золовідвалів вищого рівня води шляхом подачі в них освітленої води. У тих випадках, коли обводнення золовідвалу неможливо, його засипають привізним грунтом. З метою запобігання запилення заповнених секцій золовідвалів здійснюється їх консервація, що включає відсипання рослинного шару землі, посів суміші лугових трав, підживлення мінеральними добривами та полив протягом 2 років до появи зімкнутого трав'яного покриву.

*Методи зменшення емісії оксидів сірки*

Теплові електростанції вносять істотний внесок у забруднення повітряного басейну викидами двооксиду сірки.

Двооксид сірки і продукти його взаємодії з іншими забруднювачами осідають на ґрунт, потрапляють у водойми у вигляді аерозолів і розчинів, які випадають з атмосферними опадами (кислотні дощі). У районах розташування великих ТЕС спостерігається підвищений вміст сульфатів в грунтах, у зв'язку з чим знижується їх продуктивність. Шкідливий вплив двооксиду сірки посилюється при наявності в повітрі оксидів нітрогену, тому санітарними нормами введена вимога обліку сумації концентрацій оксидів сірки та нітрогену.

Основна кількість сірки в димових газах знаходиться в вигляді двооксиду сірки (до 99%) і лише 1% припадає на триоксид сірки. Однак концентрація саме SО3 в димових газах визначає корозію елементів газоповітряного тракту.

Частка SО3 в газі знижується з ростом температури і зі зменшенням надлишку повітря в топці. Таке ведення процесу горіння можливо при підтримці точного співвідношення між кількостями палива і повітря.

Існує велика кількість методів очистки димових газів від SО2, заснованих на селективному поглинанні сірки різними сполуками. Найбільш економічні мокрі способи очищення мають один суттєвий недолік - погіршують здатність димових газів розсіюватися, в результаті чого часто концентрація SO2 в приземному шарі електростанції, незважаючи на очистку, виявляється вище допустимих норм.

До особливостей сірко уловлюючих установок електростанцій відноситься їх великі масштаби. Площа, яку займає сірко уловлюючими установками, порівнянна з площею основних споруд електростанції.

Експлуатація сірко уловлюючих установок пов'язана зі споживанням значної кількості реагентів (вапняку, вапна, аміаку та ін.) І утворенням відповідної кількості відходів сірко уловлювання, які можуть мати і товарну цінність. Для уловлювання 1 т оксидів сірки з димових газів електростанцій потрібно 1,8 т вапняку.

Хімічна продукція, одержувана при очищенні димових газів від двооксиду сірки, залежить від обраного технологічного процесу. При очищенні аміачно-циклічним методом в якості готових продуктів можна отримати 100% - ий двооксид сірки і сульфат амонію. При використанні магнезитового методу виходить проміжний продукт - кристали сульфату магнію, які після їх обробки (сушіння, випалювання) надходять в сірчанокисле виробництво.

Очищення газів, що відходять від двооксиду сірки економічно вигідна при утриманні 0,5-25 об.% Видалення SO2 з димових газів справа важка, тому що необхідно переробити величезну кількість газу, нагрітого до високої температури і з малим вмістом двооксиду сірки 0,1-0,4 об.%. Методи вимагають багато коштів і малоефективні. Для очищення газів від сірчистих сполук застосовують кілька способів: промивання газів водою, вапняний, кислотно-каталітичний, комбінований (поєднання кислотно-каталітичного і вапняного), магнезитовий, аміачні (мокрий і сухий) методи. Найбільш повно розроблені три методи, заснованих на селективному поглинанні двооксиду сірки: *аміачно-циклічний, магнезитовий і вапняний.*

*Вапняний метод*

Після очищення від пилу газ надходить в скрубер, зрошувану вапняним розчином:

SO2 + Ca (OH) 2 = CaSO3 + H2O

CaCO3 + SO2 = CaSO3 + CO2

CaSO3 + 1 / 2O2 = CaSO4

Недолік методу - утворення шламу, що містить сульфіт і сульфат кальцію, які погано розчиняються у воді, що не прореагували вапно або вапняк (СаО, СаСО3). Цей шлам не використовують і скидають у відвал. За кордоном розроблено технологію, що дозволяє отримувати з шламу вологий гіпс, який після відповідної підготовки відповідає вимогам будівельної промисловості. Ступінь очищення цим методом досягає 98%.

*Аміачний метод*

Заснований на взаємодії двооксиду сірки з водними розчинами сульфіту амонію.

SO2 + 2NH3 + H2O = (NH4) 2SO3

SO2 + (NH4) 2SO3 + H2O = 2NH4HSO3

Залежно від способу розкладання бісульфату амонію розрізняють кілька варіантів цього методу:

- аміачно-циклічний метод - полягає в поглинанні двооксиду сірки розчинами сульфіт- бісульфіт амонію при низькій температурі і виділення його при нагріванні, ступінь вилучення двооксиду сірки - 90%,

- аміачно-автоклавний - сульфіт і бісульфіт амонію нагрівають в автоклаві при 140-160 °С з отриманням товарних продуктів - сірки і сульфату амонію,

- при обробці бісульфіту амонію сірчаною кислотою виділяється двооксид сірки використовують для виробництва сірчаної кислоти - аміачно-сірчанокислотний метод ,

- при обробці бісульфіту амонію азотної (фосфорної) кислотою - аміачно-нітрогенокислотний (фосфорнокислотний). При цьому утворюється двооксид сірки, азотні і фосфорні добрива.

Аміачні методи відносно економічні і ефективні, недолік їх - безповоротні втрати дефіцитного продукту – аміаку.

*Магнезитовий метод*

Заснований на взаємодії двооксиду сірки з суспензією оксиду магнію:

MgO + SO2 + 6Н2О = MgSO3 6Н2О

Сульфіт магнію відфільтровують, сушать і розкладають термічно (900-1000°С), при цьому виходить чистий SO2, який використовується як сировина для отримання сірчаної кислоти.

Переваги методу - ступінь очищення до 95-96%, можливість очищення запилених газів з високою температурою, відсутність відходів і стічних вод.

Але спосіб громіздкий, потрібні значні капітальні та експлуатаційні витрати (на регенерацію поглинача), застосовується рідко - в основному на установках, які працюють на сірчистому паливі.

Аміачний і магнезитовий методи на відміну від вапняного дозволяють повертати реагенти в виробництво або отримувати товарні продукти[10].

*Методи зменшення емісії оксидів нітрогену*

Утворення оксидів нітрогену при високотемпературному спалюванні палива обумовлено в основному окисленням молекулярного нітрогену повітрям безпосередньо в зоні горіння. При низькотемпературному спалюванні палива збільшується частка NOx, що утворилися в результаті окислення пов'язаного нітрогену, що входить до складу палива. Цей процес відбувається легше і швидше, ніж окислення молекулярного азоту повітря при відносно низьких температурах, наприклад, для вугілля при 250-280 °С.

Максимальний вихід оксидів нітрогену спостерігається в зоні активного горіння. В інших зонах, де рівень температури відносно нижчою, атмосферний нітроген практично не окислюється. Це означає, що зниження температури горіння палива сприяє зменшенню вмісту оксидів нітрогену в викидах.

Зниження викидів оксидів нітрогену з димовими газами електростанцій забезпечується режимними і конструктивними заходами, спрямованими на зменшення утворення газів в топках котлів (двоступенева спалювання, рециркуляція димових газів в зону горіння, спалювання палива при малих надлишки повітря, розробка нових типів пальників і різне конструктивне рішення топкових пристроїв ).

На вибір оптимального методу зниження вмісту оксидів нітрогену в котельній камері істотно впливають потужність котла і вид палива (газоподібне, рідке, тверде).

На газомазутних енергетичних котлах режимними і конструктивними заходами вдається скоротити викид оксидів нітрогену на 35-40%. При цьому збільшення вартості ТЕС не перевищує 2%. При спалюванні твердих палив застосування навіть комплексу конструктивних і режимних заходів дозволяє знизити викид оксидів нітрогену не більше ніж на 25%.

Перспективним способом зниження викидів оксидів нітрогену є очищення димових газів, яка все ширше практикується за кордоном.

Нітрогеноочисні установки слід використовувати лише після вичерпання можливостей придушення реакцій утворення оксидів нітрогену порівняно дешевими технологічними методами, так як очищення димових газів від нітрогену порівняно дорогий захід.

Найбільш поширений аміачно-каталітичний метод розкладання оксидів нітрогену має ступінь очищення до 85%. В якості каталізаторів використовуються сплави з металів платинової групи (паладій, платина) або склади, що містять нікель, хром, цинк, ванадій і ін.

6NO + 4NH3 = 5N2 + 6H2O 6NO2 + 8NH3 = 7N2 + 12H2O

Великого ефекту можна досягти при спалюванні твердих палив в топках з "киплячим шаром", а також при газифікації палив і використанні парогазових установок. При спалюванні газифікованих палив кількість оксидів нітрогену може бути знижено на 80-90%

**1.7 Методи очистки газів**

У практиці хімічних виробництв нерідко доводиться піддавати поділу неоднорідні газові системи (пилу і тумани). Гази можна очищати від зважених в них твердих або рідких частинок під дією сил тяжіння, відцентрових і електростатичних сил, а також промиванням і фільтрацією газів. Промислове здійснення кожного з цих способів пов'язане із застосуванням відповідної апаратури: газових відстійників, відцентрових пилоосаджувач, електричних фільтрів, гідравлічних пиловловлювачів і газових фільтрів.

Вибір апарату для очищення газів визначається цілою низкою

чинників, головними з яких є розміри вловлюючих частинок і задана ступінь очищення газів. Наведені дані дають уявлення лише про порядок відповідних величин, які можуть змінюватися в широких межах в залежності від стану, складу і властивостей надходить на очистку запиленого газу. Як видно з таблиці, пилоосаджувальні камери і відцентрові осаджувачі можна застосовувати

тільки для порівняно грубої очистки газу. При цьому слід віддавати перевагу циклонів як більш компактним апаратам, що забезпечує відносно високий ступінь очищення .

Більш повна ступінь очищення газів може бути досягнута при використанні гідравлічних пиловловлювачів, газових фільтрів і електрофільтрів.

Мокра очистка газів в гідравлічних пиловловлювачах (скруберах – насадок, відцентрових і струменевих) і механічних газопромивниках забезпечує високу ступінь очищення газів (98-99%). Однак цей спосіб обмежено застосовують в хімічній промисловості, так як мокра очищення

супроводжується охолодженням, зволоженням, а іноді і окисленням газу; крім того вловлюються при мокрій очистці частки не завжди можна використовувати у виробництві.

Ті, хто отримав останнім часом деяке поширення на хімічних заводах пінні апарати забезпечують високу ступінь очищення газів від пилу, диму, туманів (до 90%), але вони також не позбавлені властивих гідравлічним пиловловлювачам недоліків.

Електрофільтри – найбільш ефективні пилоочисні пристрої, але застосування їх економічно вигідно тільки при великих обсягах газу, що очищається. Використання газових фільтрів можливо в тих випадках, коли температура газу, що очищається становить 80-90 ° С.

*Механічне очищення газів*

Механічне очищення газів орієнтована на затримання твердих великих часток. Сухий спосіб газоочистки заснований на установці в трубах фільтрів. В основі мокрого способу - взаємодія з водою і подальше осадження домішок. Набуло поширення фільтрування для уловлювання тонких компонентів.

Способи, якими здійснюється газоочистка від летючих домішок:

* абсорбційна;
* адсорбційна;
* селективна газоочистка;
* термічну обробку
* каталітична газоочистка.

Очищення газів від твердих великих часток:

* сухий спосіб газоочистки - заснований в основному на установці в трубах фільтрів
* мокрий спосіб - взаємодія газів з водою і подальше осадження домішок
* фільтрування - набуло поширення для уловлювання тонкодисперсних компонентів
* інші методи

*Сухі способи очищення газів.*

Найбільш поширені вловлювачі, в яких осадження твердих або рідких частинок відбувається внаслідок різкої зміни напрямку або швидкості газового потоку (апарати типу "ВЗП", "Циклони", пилоосаджувальні камери).

 Серед цих апаратів газоочистки, що застосовуються, як правило, тільки для уловлювання порівняно великих часток (≥ 5 мкм), максимальною ефективністю володіють апарати очистки газів від пилу типу «ВЗП» (зустрічні закручені потоки) з ефективністю очищення до 99%.

*Відцентрові пило осаджувачі.*

У відцентрових пилоосаджувачах (циклони) осадження зважених в газовому потоці частинок відбувається у полі відцентрових сил.

Газ що надходить на очистку підводиться до відцентрованого пилоосаджувача по трубопроводу, спрямованому по дотичній до циліндричної частини апарату. В результаті газ обертається усередині циклону навколо вихлопної труби. Під дією відцентрової сили, що виникає при обертальному русі газу, тверді частинки більшою масою відкидаються від центру периферії, осідають на стінці, а потім через конічну частину видаляються з апарату. Очищений газ через вихлопну трубу надходить у виробництво або викидається в атмосферу.

Зі зменшенням радіусу циклону значно збільшуються відцентрова сила і швидкість осадження частинок. На основі цієї залежності створені

конструкції батарейних циклонів, більш ефективних, ніж звичайні циклони. Батарейні циклони складаються з паралельно включених елементів малого діаметра (150- 250 мм). Їх застосовують в широкому діапазоні зміни температур газу, що очищається (до 400 °С) при відносно невеликій концентрації зважених в ньому твердих частинок. Батарейні циклони мають прямокутний корпус і складаються з однієї або декількох секцій.

Загальні недоліки відцентрових пилоосаджувачів - недостатнє очищення газу від тонкодисперсного пилу, високий гідравлічний опір, а отже, і велика витрата енергії на очищення газу, швидке стирання стінок пилом, а також чутливість апаратів до коливань навантаження.

*Пилоосаджувальні камери*

Осадження зважених в газовому потоці частинок в пилоосаджувальних камерах відбувається під дією сил тяжіння. Найпростішими конструкціями апаратів цього типу є відстійні газоходи, що забезпечуються іноді вертикальними перегородками для кращого осадження твердих частинок.

Для очищення гарячих пічних газів широко застосовують багато поличні пилоосаджувальні камери. Ці камери громіздкі і мало ефективні; їх використовують переважно для попередньої грубої очистки газів і замінюють більш досконалими газоочисними апаратами.

*Мокрі способи очищення газів.*

Засновані на контакті газового потоку з промивної рідиною (зазвичай водою). Більшість схем газоочищення мають оборотне водопостачання: рідина разом з шламом з газопромивника направляють у відстійники для відділення від твердих частинок і повторного використання; при наявності в шламі цінних речовин його зневоднюють, а вловлені цінні тверді речовини використовують. Метод використовують для уловлювання тонкодисперсних пилу або туманів.

Великого поширення (в основному через простоту конструкції) отримали порожнисті форсункові скрубери. Вони являють собою колонку круглого перетину, в якій здійснюється контакт між запилених газом і краплями рідини (зазвичай водою). Висота скрубер становить ~ 2,5 її діаметра. Питома витрата зрошувальної рідини вибирають в межах 0,5 - 8 л / м3 газу.

*Гідравлічні пиловловлювачі*

Мокре очищення газів виконують на гідравлічних пиловловлювачах: скруберах (насадок, відцентрових, струменевих) і механічних газопромивниках зі змоченими поверхнями.

З нових конструкцій становлять інтерес кульові пиловловлювачі, які мають низку переваг у порівнянні з поширеними типами механічних газопромивників зі змоченими поверхнями. Апарати кулястої форми найменш металомісткі. У таких апаратах забезпечується хороший розподіл газу по робочому перерізу і зменшені втрати тиску газу; куляста форма дозволяє вдало розташувати основні робочі елементи.

Газовий потік, що містить дрібнодисперсні тверді частинки, надходить через штуцер 1 в пиловловлювач і під дією відбійного щитка 2 змінює напрямок руху при одночасному зниженні швидкості. В результаті найбільші тверді частинки, що містяться в газовому потоці, опускаються і потрапляють в масло, яким заповнена нижня частина пиловловлювача.

Частково очищений таким чином газ рівномірно розподіляється по вільному перетину апарату і надходить в дротяний лабіринт обертового на валу 3 сітчатого диску 4. Останній обертається електродвигуном 5 через редуктор 6. Сильно розвинена і змочена маслом поверхню диска 4 затримує все що містяться в газі дрібнодисперсні тверді частинки. Видалення твердих частинок з поверхні сітчатого диску, а також змочування її олією відбуваються при обертанні диска. Як видно зі схеми, частина поверхні диска, проходячи через ванну 7, захоплює своєю пористою поверхнею масло. Верхня частина диска зрошується олією з укріплених по периметру диска ковшів 8, які при обертанні наповнюються маслом в ванні 7. Пройшовши диск 4, газ надходить у краплі-уловлювач 9. Рівномірний розподіл газу по перетину краплі-уловлювача забезпечується відрегульованим відбійником 10.

У краплеуловлювачі з газу видаляються крапельна волога і конденсат, що надійшли в пиловловлювач з газопроводу, а також краплі олії, незначна кількість яких може утворюватися при розриві бульбашок масла на вихідний стороні диску 4.

Обложені у краплеуловлювачі 9 волога, конденсат і масло стікають в ванну 7, а очищений газ через штуцер 11 виходить з пиловловлювача.

Всі тверді частинки, які надходять в процесі очищення газу в порожнину ванни 7, надходять в нижню частину шлямовика14, звідки періодично відводяться через штуцер 13 разом з брудним маслом. Рівень масла у ванні 7 підтримується постійним підведенням чистого масла через штуцер 12.

Кульовий пиловловлювач складається зі збірних і взаємозамінних елементів, що дозволяють в процесі його експлуатації регулювати і замінювати окремі елементи.

*Фільтрування.*

При цьому способі газоочистки газові потоки проходять через пористі фільтруючі системи, пропускають газ, але затримують тверді частинки. Фільтри служать для уловлювання вельми тонких фракцій пилу (менше 1 мкм) і характеризуються високою ефективністю при очищенні газів, однак, потребують частої заміни або очищення фільтруючих матеріалів.

Волокнисті фільтри. Елемент цих фільтрів, що фільтрує, складається з одного або декількох шарів, в яких однорідно розподілені волокна. Це фільтри об'ємної дії, оскільки вони розраховані на уловлювання і накопичення часток переважно по усій глибині шару. Суцільний шар пилу утворюється тільки на поверхні найбільш щільних матеріалів. Для фільтрів використовують природні або спеціально отримувані волокна завтовшки від 0,01 до 100 мкм. Товщина середовищ, що фільтрують, складає від десятих доль міліметра (папір) до 2 м (багатошарові глибокі насадні фільтри довготривалого використання). Такі фільтри використовують при концентрації дисперсної твердої фази 0,5 - 5 мг/м3 і тільки деякі грубоволокнисті фільтри застосовують при концентрації 5 - 50 мг/м3. При таких концентраціях основна доля часток має розміри менше 5 - 10мкм.