

Курсовий проект на тему:

« Дослідження системи очищення димових газів »

*З дисципліни: «Дослідження та налагодження об'єктів
теплоенергетики»*

Зміст

Завдання на курсовий проект	3
Вступ	4
1. Очищення димових газів теплоелектростанції	
1.1 Аналіз попередніх досліджень систем очищення димових газів	6
1.2 Загальна характеристика приладів очистки димових газів	9
1.3 Матеріал і результати досліджень	11
2. Швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі)	
2.1 Загальна характеристика	16
2.2 Конструкції труб-розпилювачів та скрубєрів	17
2.3 Розрахунок скрубєра Вентурі	22
Висновок	26
Список використаної літератури	27

Вступ

В останні роки в Україні як і у всьому світі спостерігається стійка тенденція збільшення використання в теплоенергетиці частки вугілля. Так, наприклад, в 2001р. на Україні доля вугілля в паливному балансі крупних ТЕС складала більше 60%, а в 1990р. — тільки 33%. В прогнозованому паливному балансі приросту енергетичних потужностей країн світу (665 ГВт) вугілля буде забезпечувати 35%, газ — 21%, мазут — 5%. Вже сьогодні частка вугілля в паливному балансі Польщі складає 97%, Австралії — 85%, США — 57%. На теплоелектростанціях України, загальна потужність яких складає 36,4 млн. кВт (68,8% сумарної встановленої потужності електростанцій), із 104 енергоблоків 96 працюють на вугільному паливі. Прогнозовані запаси вугілля в Україні (117,3 млрд. т) і зростаючі ціни на природний газ, що експортується з Росії, дають привід розглядати сучасну теплоенергетику як пріоритетну галузь, а вугілля — як основний первинний енергетичний ресурс. При цьому має місце погіршення якості вугілля. За останні 15–20 років зольність твердого палива зросла від 26 до 38%. Використання такого вугілля для потреб енергетики, в умовах коли 62% пиловугільних потужностей ТЕС оснащено електрофільтрами, ефективність золоуловлювання (η) яких складає 92-99%, 35% — мокрими золоуловлювачами ($\eta=92-96\%$) і 3% — циклонами ($\eta\leq 90\%$), призводить до того, що викиди золи в атмосферу складають більше 500 тис. т на рік.

Продовжують зростати і питомі викиди на 1 кВт/рік виробленої енергії, що обумовлено старінням обладнання (96% обладнання ТЕС вже відпрацювало свій ресурс, 73% — перевищили граничний термін експлуатації) та порушенням технологічних процесів. Часто з метою економії палива теплові енергоблоки переводять у нерозрахований за проектом маневрений режим — тобто зупиняють під час нічного зниження споживання — «провалу» навантаження, а вдосвіта енергоблок запускають знову. Такі часті цикли «пуск-стоп» прискорюють зношеність обладнання, а також ведуть до збільшення

питомих витрат палива на виробництво електроенергії і, як наслідок, до збільшення викидів в атмосферу.

Таким чином, збільшення частки вугільних ТЕС у системі енергозабезпечення України з одночасним погіршенням якості викопного органічного палива, яке використовується в енергетичній галузі, використання застарілого неефективного обладнання і технологій, збільшує кількість забруднювачів, що надходять в усі геосфери, і дестабілізує стан навколишнього природного середовища.

1. Очищення димових газів теплоелектростанції

1.1 Аналіз попередніх досліджень систем очищення димових газів

Близько 60% загальної кількості аерозолів, що попадають в атмосферне повітря з антропогенних джерел в усьому світі, складають тверді частинки, що надходять при спалюванні вугілля. Це головним чином зола, пил, сажа, важкі метали. На сьогоднішній день концентрація твердих частинок на деяких ТЕЦ, що працюють на вугіллі, доходить до 800- 2500 мг/нм³, при тому що Орхузьський Протокол 1998р. [1] ставить завдання зниження концентрації твердих частинок у викидних газах до 50 мг/нм³, а європейська Директива 2001/80/ЕС [2] встановлює норматив по твердих частинкам для існуючих котлів 50 мг/нм³ і для нових 30 мг/нм³. При прогнозованому зростанні виробництва електроенергії з орієнтацією на переважне спалювання на ТЕС вугілля незабаром Україна встане перед проблемою невиконання своїх міжнародних зобов'язань, що може призвести до непередбачених санкцій, тому мають бути досягнуті суттєві зрушення в скороченні вмісту твердих частинок в димових газах ТЕС.

В даному курсовому проекті буде розглянуто процес очищення димових газів, за допомогою різних систем очистки димових газів, досліджено сучасні приклади очищення димових газів ТЕС в Україні. Більш детально буде розглянуто процес очищення газів за допомогою скрубера Вентурі.

Для зменшення забруднення довкілля підприємствами теплоенергетичної галузі державою застосовуються як адміністративні, так і економічні методи регулювання [11]. Актуальним на сьогодні є паливна політика, модернізація і реконструкція генеруючого і газоочисного обладнання, зниження втрат при передачі енергії споживачам. Досвід деяких теплоелектростанцій України показує, що навіть без реконструкції ТЕС, тільки за рахунок зміни паливної політики можна досягти значного скорочення викидів забруднюючих речовин. На одній із ТЕС України перехід на спалювання вугілля, яке надходило на ТЕС після попереднього збагачення, забезпечило зниження питомих викидів SO₂ на 32-37% (в перерахунку на 1 КВт·год. електроенергії, що виробляється). При

цьому питомий викид твердих частинок знизився на 35-40%. Велике значення має і вибір оптимального співвідношення між двома основними видами палива — вугіллям та природним газом [12].

Але сьогодні ТЕС України потребують значної модернізації шляхом реалізації цілого комплексу короткотермінових та довготермінових інвестиційних заходів. Одним із найбільш ефективних шляхів модернізації є запровадження нових комбінованих газопарових турбін, що забезпечують максимальний ККД і високу маневреність [8, 13-15]. Особливості спалювання палива в газопарових турбінах з підвищеною інтенсивністю процесів змішування і згорання дозволяють отримати більш низький рівень забруднення навколишнього середовища, ніж у інших теплових двигунах, практично за всіма шкідливими компонентами. Для України цей напрям, безумовно, є перспективним, оскільки національними виробниками (ОАО "Турбоатом", "Мотор-Січ" і НПП "Машпроект") виробляється газотурбінне устаткування, яке відповідає всім сучасним вимогам. Разом з тим на українських ТЕС, на жаль, не має в експлуатації ні однієї сучасної газової турбіни, а необхідність така існує. Відомо, що якби українські ТЕС були оснащені такими турбінами, то споживання газу в країні було б значно нижче і газ використовувався б більш ефективно, що сьогодні при зростанні цін на газ є дуже актуальним.

Коштів на великомасштабні реконструкції систем спалювання палива немає. Досвід закордонної енергетики показує, що реконструкція генеруючого і газоочисного обладнання, яка вимагає менших капіталовкладень, дозволяє продовжити термін його роботи, підвищити його надійність і економічність, зменшити антропогенний тиск на навколишнє середовище. Аналіз ефективності очищення газових викидів від зважених частинок на різних золоочисних установках (табл. 1) показує, що найбільш ефективними є електрофільтр і рукавний фільтр, зокрема з уловлювання дрібнодисперсних частинок [16].

Таблиця 1 – Ефективність очищення газових викидів від зважених частинок

Пристрій	Розмір частинок, мкм	Ефективність очищення, %
Осаджувальна камера	100	40-50
Циклон	30	50-60
Мультициклон	10-15	90-95
Рукавний фільтр	0,5	до 99
Скрубер	0,5	75-85
Електрофільтр	0,1	95-99

Електростатичні фільтри (ЕСФ), які сьогодні є найбільш розповсюдженими пилоочисними апаратами на вітчизняних ТЕС, можуть забезпечувати досить високу ступень очищення газів тільки при певних умовах експлуатації [8, 17], а саме — низькій швидкості газового потоку, відносно крупних розмірів частинок пилу, оптимальному питомому опору, оптимальному режимі струшування електродів, відсутності вторинного виносу і т.д. Навіть незначні зміни одного з вище названих параметрів процесу призводить до зниження ефективності роботи фільтрів. Негативний вплив на ККД ЕСФ чинить також нерівномірність концентрації твердих частинок по перерізу фільтра на ТЕС. Реальний ККД існуючих ЕСФ на ТЕС України знаходиться в межах 90-98%, що з урахуванням реальної запиленості газів на вході пиловловлюючої установки не дозволяє забезпечити європейські стандарти [11].

В закордонній практиці для очищення газів, які викидаються ТЕС, широко застосовуються рукавні фільтри, що зумовлено високими техніко-економічними показниками їх роботи ($\eta=99,9\%$) [18, 19]. В останні роки рукавні фільтри нового покоління нашли застосування і в Україні, зокрема в коксохімічній і в металургійній промисловості [20]. Тривалий час використання рукавних фільтрів в теплоенергетиці затримувалося відсутністю фільтрувальних тканин, які витримують високу температуру (від 150 до 280°C),

значну вологість і наявність у димових газах агресивних компонентів — оксидів сірки і азоту, хлористого водню та ін.. Перешкодою до впровадження в систему газопилоочистки на підприємствах енергетичної галузі було і те, що із-за високого вмісту смолистих речовин в димових газах при розпалюванні котлів мазутом ускладнювалася експлуатація технологічного обладнання ТЕС. Застосування рукавних фільтрів нового покоління дозволяє проводити очищення газів від дрібнодисперсної фракції леткої золи і від деяких хімічних компонентів, зокрема, від оксидів сірки [21]. Температурна стійкість сучасних тканин, що широко використовуються в рукавних фільтрах для очищення газів в теплоенергетиці більшості європейських країн, коливається в межах 100-280°C. Спеціальна обробка тканин надає матеріалу і хімічну стійкість. Стійкість фільтрувальних елементів при правильно підібраних матеріалах зберігається до 5 років [3].

1.2 Загальна характеристика приладів очистки димових газів

Димові гази на виході з котла являють собою суміш різного роду газів (вуглекислий, чадний, оксиди сірки, оксидів азоту та горючих газів типу сірководень та гомологи водню (метан, етан та ін.) які можуть утворюватися в результаті хімічного недопалу) та твердих частинок (золи – яка утворюється з суміші мінеральних частинок, які були в паливі або попали в нього при транспортуванні, або за інших обставин; вкраплень важких металів (гафній, свинець), які потрапили в паливо при його утворенні або під час перемелювання (відноситься лише до вугілля).

Перелічені вище речовини у великих кількостях (а в деяких випадках і незначних) викликають у людському організмі зміни мутагенного та канцерогенного характеру, що негативно впливає на стан населення, особливо того що знаходиться в безпосередній близькості від ТЕС. Також деякі з цих речовин (найчастіше тверді фракції золи) можуть викликати посилене

механічне зношення устаткування з яким стикаються та Саме тому на ТЕС необхідно встановлювати димоочистні споруди (прилади).

Процес очистки димових газів можна умовно розділити на сухі, мокрі та статичні. До сухих методів очистки димових газів можна віднести осаджувальну камеру, інерційні зололовлювачі, в деякій мірі рукавні фільтри.

Осаджувальна камера являє собою ємність в яку подається димовий газ. Під дією сил тяжіння тяжка фракція димових газів (зола) осідає на дно осаджувальної камери, звідки потім видаляється сухим методом або вологим (мокре шлаковидалення). Ця конструкція є найбільш простою і найменш ефективною – ККД порядку 50 – 60%.

Інерційний зололовлювач являє собою циліндричний прилад зверху якого по дотичній під кутом до горизонту подається димовий газ по низхідній до приладу. В результаті цього процесу зола під дією відцентрових сил попадає на стінки зололовлювача звідки під дією сил тяжіння падає донизу у шламовідвідник, звідки видаляється вологим або сухим шлаковидаленням. Очищені димові гази через трубку встановлену посередині зололовлювача подаються догори. Необхідно зазначити, що зололовлювач має досить великий ККД (98%) для грубих фракцій золи та досить низький для найменших (60% для 1 мкм) фракцій.

Фільтрувальні рукави являють собою спеціальну тканину, яку натягують поперек потоку димових газів для їх очистки. Через недосконалість механічних та хімічних властивостей цих тканих практичного розташування не набули, хоча є приклади цих тканин з досить великим ККД (98%) проте вони є досить дорогими.

До мокрих методів очистки води можна віднести скрубери різних конструкцій які в загальному являють собою модернізований сухий зололовлювач. На початку димові гази попадають в так звану трубку Вентурі, де під дією сил, які утворюються в соплі та дифузорі, тверді частки коагулюють між собою та водою яка подається разом з газами, що дозволяє легше осаджувати тверді частки газу. Потім коагульовані частки падають на дно установки звідки видаляються, а інша частина яка не видалилась, подається в

циклон, де під дією сил інерції ці частинки викидаються на стінки циклону, падають на його дно і видаляються. Цей метод також дозволяє видаляти з газів оксиди сірки та азоту.

Статичний метод заснований на використанні статичного заряду твердих частинок газу, які під дією електрофільтра попадають на анод, звідки потім струшуються. Цей метод набув широкого використання в Україні, через досить високий ККД (95%). Цей метод не можна застосовувати для видалення газових фракцій.

1.3 Матеріал і результати досліджень

Як приклад розглянемо екологічну ситуацію в м. Черкаси. Основними факторами формування несприятливої екологічної ситуації в м. Черкаси є давня і висока освоєність території, соціально незадовільна структура виробництва, розвиток хімічної і машинобудівної галузей промисловості інтенсивний процес урбанізації, несприятливі природні умови регіону щодо розсіювання домішок [22]. В попередніх роботах [23, 24] було показано, що в комплексі антропогенних факторів, що сприяють надходженню важких металів до ландшафту м. Черкаси особливе місце за своєю значимістю та ступенем впливу на довкілля займає техногенне забруднення атмосфери викидами ТЕС (75% загальної кількості важких металів, що викидається від стаціонарних джерел, а за викидами Pb, Cu, та Zn доля ТЕС складає 85%).

Черкаська ТЕЦ розташована у південно-східній частині міста, у промисловій зоні, на території 68 га і виробляє електроенергію та тепло. На станції встановлено 14 котлів (9 силових та 5 водогрійних), об'єднаних у технологічні блоки. Всі ці котли підключені до однієї труби 180 м заввишки. Проектні електрична потужність 200 МВт і теплова потужність 1308 Гкал/рік. Проект був розроблений в 60-70-ті роки XX століття. Перша черга була призначена для покриття теплових і електричних навантажень заводу штучного волокна (ЗШВ) и була запрограмована і побудована по традиційній схемі з

використанням традиційного обладнання: чотири енергетичні котли ПК-19-2 і турбіни – конденсаційна і з протитиском. Були використані у якості золовловлювачів труби Вентурі зі скруберами. Котли переобладнані таким чином, що можуть працювати на природному газі, вугіллі і на мазуті за необхідністю. Зараз котли ПК-19-2 працюють на природному газі.

Друга черга в проектному рішенні була задумана для реалізація задач не тільки тепло- і енергозабезпечення міста, але і збагачення леткої золи сполуками германію для наступного промислового вилучення їх із золи і переробкою в германій, що використовується в напівпровідниковій техніці. Для реалізації цієї мети була використана схема спалювання твердогопалива в циклонних паливнях котлів БКЗ-220-100 ГЦ. Тонкодисперсна зола, що утворювалася, слугувала центрами конденсації парів германію. Високі швидкості димових газів, високі температури (1600-1800°C) в топкових циклонах призводили до утворення оксидів азоту на рівні 2600-3200 мг/нм³, оксидів вуглецю на рівні 300-400 мг/нм³ і твердих частинок на рівні 730-769 мг/нм³.

Промислова переробка золи з метою отримання германію не знайшла подальшого розвитку, а оскільки задач теплопостачання міста не зняли, то для підвищення надійності енергозабезпечення на котлах К-9 були демонтовані старі золовловлювачі, які вже не забезпечували ККД на рівні 93-97%, і змонтовані золовловлювачі мокрого типу – труби Вентурі, скрубера з верхнім підводом газів і з виходом очищених газів через центральну подовжену трубу. Ця конструкція виявилась ще менш надійною, так як спалювалось вугілля з вмістом сірки до 3,8-4,2%, а наявність топкових циклонів передбачала утворення складних комбінацій оксидів азоту і сірки, з яких в мокрих золовловлювачах утворювалася суміш кислот, що виводила з ладу скрубера і газопилоочисне обладнання вже через 3-4 місяця. В 90-х роках відмовилися від мокрого золовловлення и зупинились на сухих інерційних золовловлювачах типу БЦУ-М, які мають в середньому ККД – 82,6% (для великих фракцій ККД 95-97%, для тонкодисперсної золи ККД значно нижчі, для фракцій до 1 мкм – 50%). Оскільки зола вловлювалась на 85-90% рідким шлаковидаленням, а інші

15-10% — в золоуловлювачах з ККД 82,6%, то загальне вловлювання золи було на рівні 88-90%. Такий варіант золовловлення був прийнятий і затверджений остаточно і існує досі. Основний недолік цього типу золовловлювачів – низький ККД по тонкодисперсній фракції.

Золоувловлююча установка котлоагрегату БКЗ-220-100 ГЦ складається з чотирьох односекційних батарейних циклонів типу ЦБУ-М з горизонтальною установкою циклонних елементів (рис. 1). У кожній секції розташовано 144 паралельно включених циклонних елемента, об'єднаних в одному корпусі. Усього в золовловлюючій установці 576 циклонних елементів.

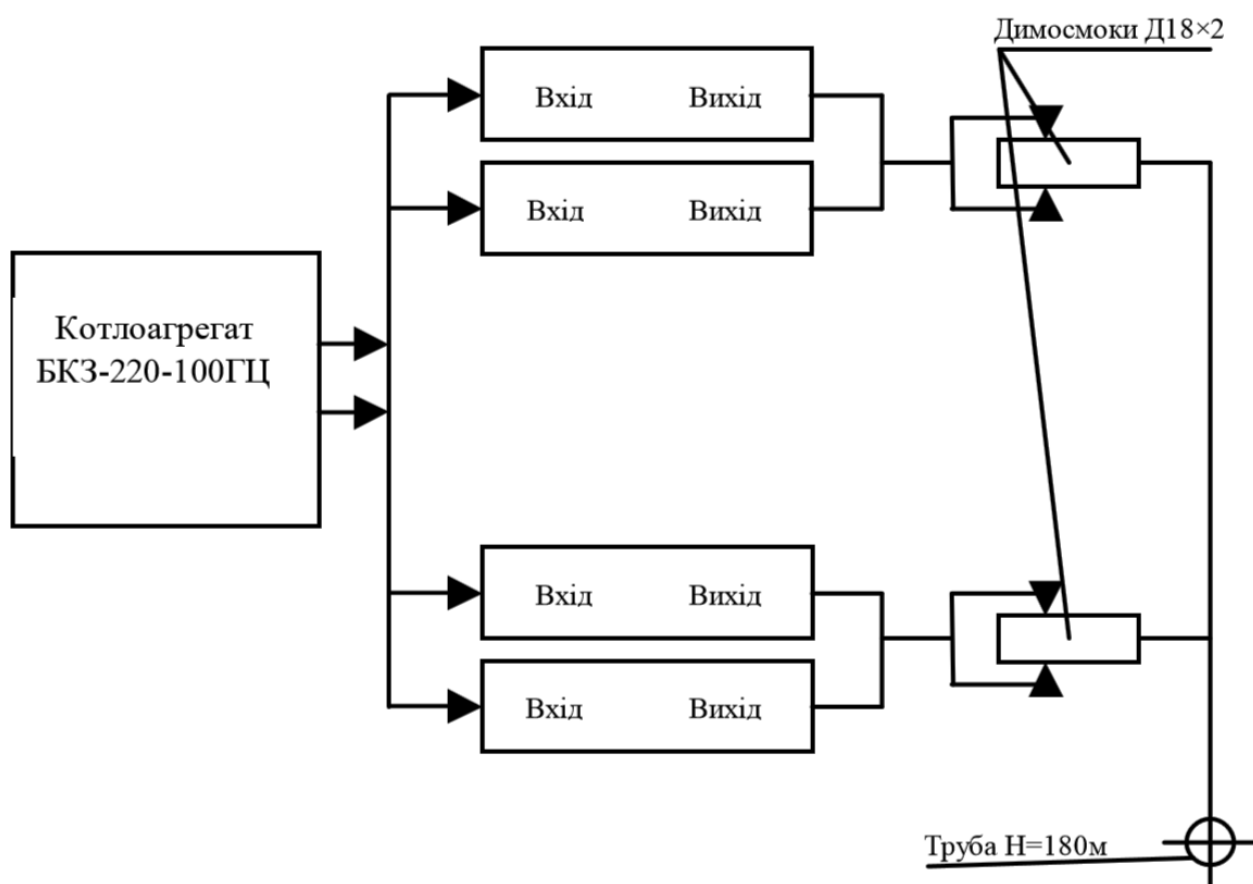


Рисунок 1 — Схема включення золовловлювачів ЦБУ-М

Очищення газів у батарейному циклоні досягаються в результаті впливу на тверді частки сил інерції, що виникають при закручуванні газового потоку в циклонних елементах. Ступінь очищення газів від золи в ЦБУ-М залежить від фракційного складу золи і продуктивності котла (рис. 2).

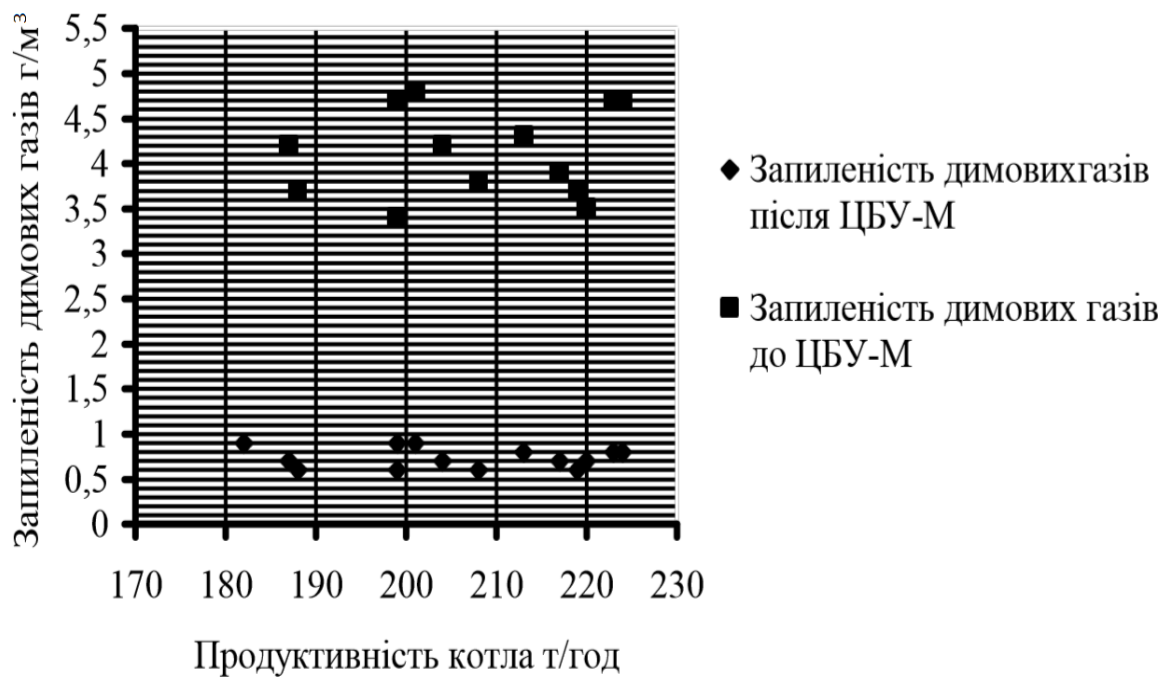


Рисунок 2 — Запиленість димових газів до і після очищення

Основними видами енергоносіїв для підприємства є природний газ (4 котли ПК-19-2 першої черги) та вугілля (5 котлів БКЗ-220-100 ГЦ другої черги), доля якого в останні роки значно зросла, а якість погіршилася, що призвело до збільшення викидів забруднюючих речовин в атмосферу [25]. Перелік інгредієнтів, які надходять у атмосферу у складі викидів, включає 40 речовин.

Основними забруднюючими речовинами є оксид вуглецю, оксиди сірки, азоту та пил. Джерелом твердих частинок є котли №5-9 БКЗ-220-100 ГЦ другої черги.

Аналіз роботи газоочисного обладнання показав, що вугільна летка зола з котлів ПК- 19-2 №1-4 при їх роботі на вугіллі вловлюється золовловлювачами з двома трубами Вентурі на кожному котлоагрегаті, ефективність очищення яких 91-92%. Усі котли БКЗ-220-100 ГЦ, № 5-9 мають золовловлювачі мультициклони з ефективністю очищення 76-78%. Зважаючи на нинішній стан на підприємстві та необхідність зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, ТЕЦ потребує значної модернізації шляхом реалізації цілого комплексу заходів, в першу чергу направлених на реконструкцію системи пилогазоочистки котлів БКЗ-220 для уловлювання дрібнодисперсної фракції леткої золи, що утворюється при спалюванні вугілля.

Фільтр (рис. 3) містить бункер для збору дрібнодисперсної золи і пилу, що вловлюються, пристрій для регенерації фільтруючих рукавів, який подає стиснуте повітря одночасно для продувки фільтруючого матеріалу, а також для відключення фільтру під час його регенерації від системи фільтрації. В середині корпусу розташована решітка, на якій закріплені фільтруючі рукава з проникного пористого матеріалу, наприклад, політетрафторетилену, який має робочу температуру 250°C і є стійким до гідролізу, кислот і лугів. Знизу фільтра є тічка для золи і лоток. Димові гази потрапляють у корпус 1 через патрубок 2, проходять через фільтруючі рукава 9, де очищаються і через патрубок 3 виходять в газохід. Регенерація фільтру здійснюється автоматично — при досягненні заданого гідравлічного опору в патрубку 3 відкривається клапан пристрою 6 і стиснуте повітря потрапляє у фільтр для продувки рукавів 9 і в колектор 7 для підйому упорів 10 і імпульсного удару по рукавам 9. Таким чином фільтруючі рукава струшуються і одночасно продуваються стиснутим повітрям. Зола через трубну решітку 11 зсипається вниз у бункер 5 і потім потрапляє по течці 13 через гідрозатвор 14 в лоток 15. Після закінчення регенерації упори 10 за допомогою сильфонів 12 рухаються вниз в вихідне положення, а фільтр підключається знову на режим фільтрування.

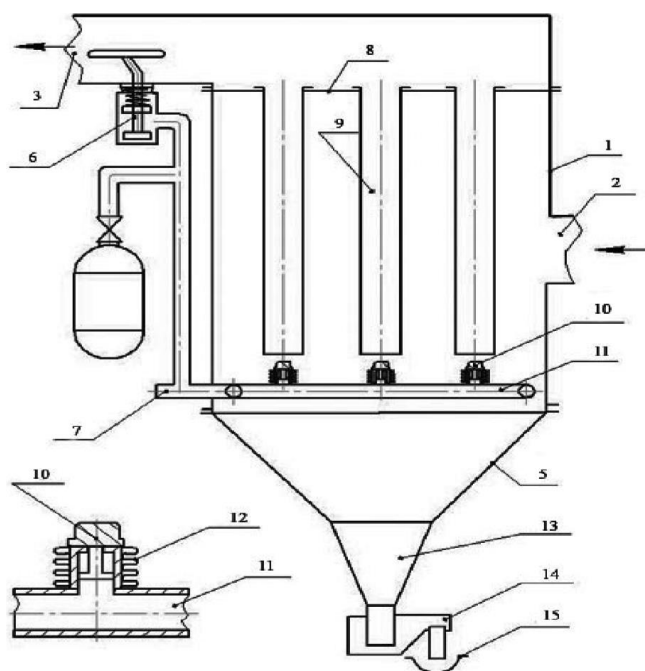


Рисунок 3 — Рукавний фільтр з системою імпульсної регенерації

При початковій запиленості 14000 мг/м^3 і ефективності очищення циклонів першого ступеня 76%, рукавних фільтрів — 99% загальний ККД установки буде 99,8%. Габарити і маса цих рукавних фільтрів дозволяє легко вмонтувати їх в діючі газоходи після циклонних установок. Така технологічна схема дозволить при незначних фінансових затратах забезпечити залишковий вміст пилу до 50 мг/м^3 , що відповідає вимогам ЄС.

2. Швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі)

2.1 Загальна характеристика

Згідно з попередньо викладеною інформацією для досить ефективного промивання димових газів можна використовувати скрубери Вентурі. Швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі) об'єднують велику групу апаратів, загальним для яких є наявність труби - розпилювача, в якій здійснюється інтенсивне дроблення газовим потоком, який рухається з високою швидкістю (порядку 40-150 м/с), зрошувальної рідини і встановленого за нею каплевловлювача. Спочатку в якості труби - розпилювача використовувалася труба Вентурі в її чистому вигляді, звідки і з'явилася назва газопромивача подібного типу.

Дія труби - розпилювача аналогічна роботі пневмофорсунки, і застосування труби Вентурі забезпечувало мінімальні (не пов'язані з розпилом) гідравлічні втрати при проходженні газом розпилювального пристрою. Однак по конструкційним міркувань досить часто доводиться відмовлятися від виконання труби - розпилювача виключно у вигляді труби Вентурі, а в деяких випадках її конструкція практично нічим не нагадує останню. Проте назва цієї групи мокрих пиловловлювачів - скрубери Вентурі - міцно закріпилося в технічній літературі.

Скрубери Вентурі - найбільш ефективні з апаратів мокрого очищення газів. Осадженню частинок на краплях зрошувальної рідини сприяють високі відносні швидкості між ними в трубах - розпилювачах.

2.2 Конструкції труб-розпилювачів та скруберів

Розроблено великий ряд конструкцій скруберів Вентурі (рис. 4). Скрубери Вентурі з центральним (форсунковим) зрошенням (див. рис. 4, а). У скруберах подібного типу подача зрошувальної рідини здійснюється форсунками, встановленими перед конфузорами або безпосередньо в ньому. Тиск перед форсунками зазвичай становить від 0,2 до 0,3 МПа. В основному застосовуються відцентрові (механічні евольвентні, цільнофакельні та інші) форсунки.

Скрубери Вентурі з периферійним зрошенням (див. рис. 4, б). Периферійна подача зрошувальної рідини використовується при зрошенні через конфузур або горловину.

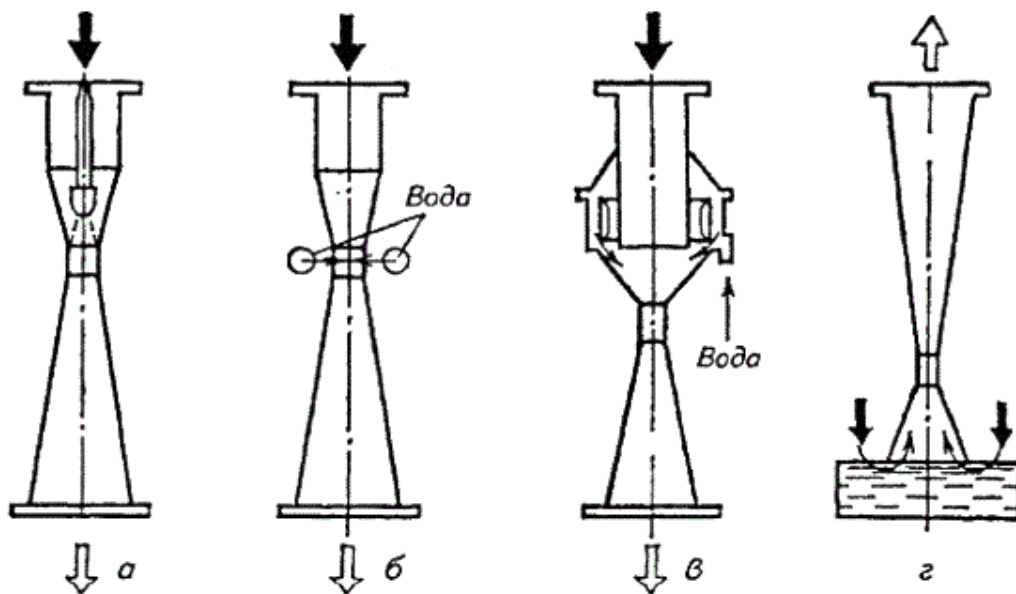


Рис. 4. Конструкція труб-розпилювачів: а - центральний (форсунковий) підвід зрошення; б - периферійне зрошення; в - плівкове зрошення; г - безфорсункове зрошення.

Скрубери Вентурі з плівковим зрошенням (див. рис. 4, в). Для запобігання утворення відкладень на стінках конфузора і дифузора при зрошенні труби сильно забрудненої оборотною рідиною запропонована плівкова подача рідини. Така подача може застосовуватися як спільно з

подачею через форсунки або периферійної, так і самостійно, головним чином у щілинних трубах - розпилювачах.

Для забезпечення кращого контакту газів з рідиною по периметру горловини труби з плівковим зрошенням рекомендується передбачати уступ. Для труб - розпилювачів з плівковим зрошенням велике значення має діаметра або ширина горловини. Розмір максимально можливого діаметра або ширини горловини залежить від швидкості газів, однак не рекомендується приймати його більше 100 мм.

Скрубери Вентурі з підведенням рідини за рахунок енергії газового потоку (див. рис. 4, г) ще називають безфорсунковими скруберами Вентурі. Вони застосовуються як абсорбери, але можуть використовуватися і для пиловловлювання, особливо при зрошенні оборотної рідиною з великою кількістю суспензії.

Гази, що подаються на очищення, контактують з поверхнею рідини, що знаходиться в приймальній чаші або іншій ємності, захоплюють рідину за собою у вигляді бризок і крапель в трубу - розпилювач.

Гідравлічний опір апарату збільшується із зростанням питомого зрошення, яке може бути забезпечено за рахунок підвищення як швидкості газу (при постійному рівні рідини), так і рівня рідини (при постійній швидкості газу). Так, при швидкості газів в горловині труби - розпилювача 50-60 м/с збільшення питомої зрошення з 0,8 до 3,3 л/м³ призводить до зростання гідравлічного опору апарату з 700 до 3000 Па. Гідравлічний опір безфорсунокової труби - розпилювача нижче, ніж у труби - розпилювача з форсунковим або периферійним зрошенням при одних і тих же значеннях питомої витрати зрошувальної рідини і швидкості газів в горловині. Це пояснюється найгіршим дробленням крапель в цьому апараті, що призводить, у свою чергу, до більш низької його пиловловлювальної здатності.

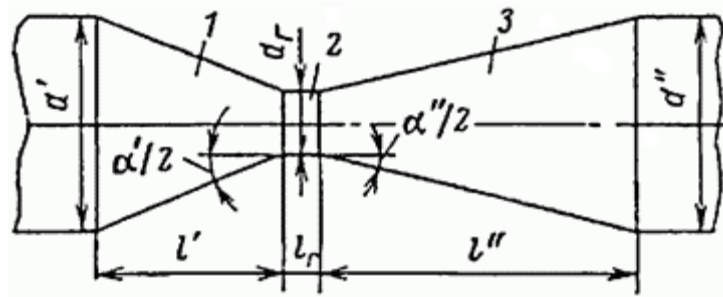


Рис. 5. Нормалізована труба Вентурі: 1 - конфузор; 2 – горловина;
3 – дифузор

З аеродинамічній точки зору оптимальна конфігурація труби Вентурі (рис. 5) забезпечується при таких співвідношеннях розмірів її елементів:

Конфузор: діаметр вхідного перерізу d' ;

кут звуження $\alpha' = 25 - 28$;

довжина $l' = (d' - d_r) / 2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha' / 2)$;

Горловина: діаметр d_r ;

довжина $l_r = 0,15 d_r$;

Дифузор: діаметр вихідного сичення d'' ;

кут розкриття $\alpha'' = 6 - 7$;

довжина $l'' = (d'' - d_r) / 2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha'' / 2)$;

Однак з конструктивних міркувань певне застосування знайшли також труби з розмірами, відмінними від оптимальних. Наприклад, при компонуванні батарейних скрубєрів Вентурі використовуються труби Вентурі з кутом звуження конфузора 63° і з укороченим дифузором.

Залежно від поставленого завдання основні елементи апарату (труба-розпилювач і каплевловлювач) компонуються роздільно або в єдиному корпусі (рис. 6 і 7).

Високонапірні труби Вентурі призначені для знепилювання газів з температурою до 400°C і концентрацією пилу до 30 г/м^3 ; допустимий вміст суспензії в оборотній воді - $0,5 \text{ г/л}$.

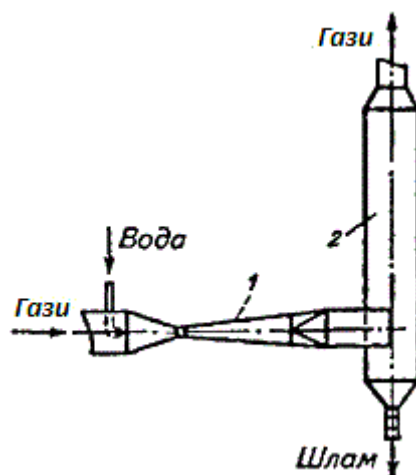


Рис. 6. Скрубер Вентурі з виносним краплевловлювачем: 1 - труба-розпилювач;
2 – циклон –краплевловлювач

Уніфікований ряд скрубєрів Вентурі з кільцевим перерізом горловини має такі ж технічні вимоги по концентрації пилу та змістом суспензії в зрошувальній рідині, як високонапорні апарати.

На рис. 7 приведена конструкція скрубєра Вентурі, в якому регулювання швидкості газу в горловині здійснюється вставкою з еліптичним обтічником.

Труби Вентурі по конфігурації поперечного перерізу поділяються на круглі, щілинні і кільцеві.

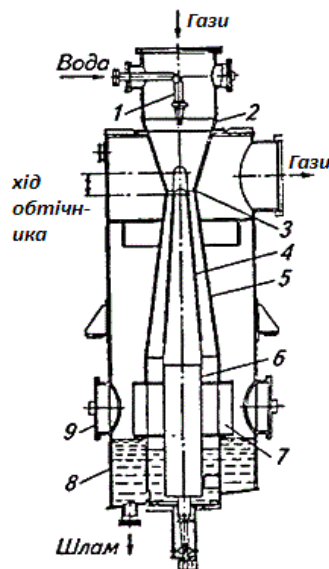


Рис. 7. Скрубер Вентурі з регульованим перерізом кільцевої горловини:

- 1 - форсунка; 2 - конфузор; 3 - горловина; 4 - регулюючий конус;
- 5 - дифузор; 6 - направляючий шток; 7 - відцентровий завихрювач;
- 8 - корпус краплевловлювача; 9 – люк

На рис. 8 приведена конструкція скрубера Вентурі, в якому регулювання швидкості газу в горловині здійснюється вставкою з еліптичним обтічником.

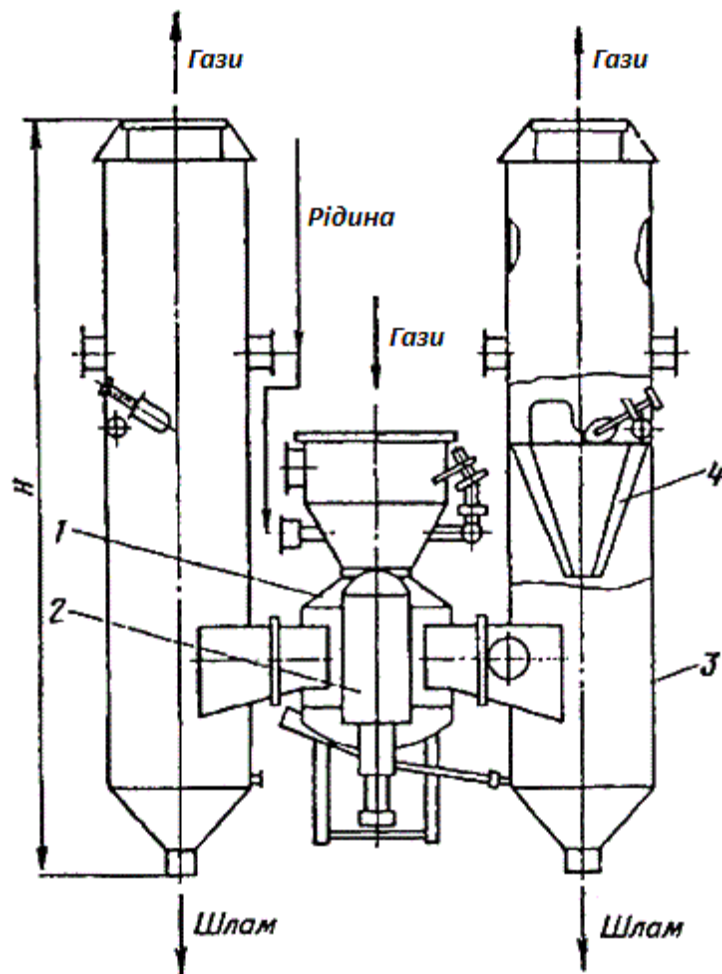


Рис. 8. Скрубер Вентурі з еліптичним обтічником: 1 - труба-розпилювач;
2 - регульована вставка з еліптичним обтічником; 3 – циклон - каплевловлювач;
4 - конічний відцентровий завихрювач

Круглі труби Вентурі мають переважне поширення при малих обсягах газів, що очищаються. При великих обсягах газів доцільно застосовувати труби Вентурі з кільцевою горловиною з центральним підведенням зрошення або щілинні з плівковим зрошенням.

Іноді при великих обсягах газів, що очищаються застосовуються батарейні або групові компоновки скруберів Вентурі.

Перевагою батарейного і групового компонувань є можливість відключення частини труб при змінних витратах газів, тобто ступінчасте

регулювання. Однак питання регулювання може вирішуватися також за допомогою труб з перемінним перетином горловини, байпасуванням частини газів і зміною питомого зрошення.

Регулювання проводиться відповідно до існуючої залежності між ступенем очищення газів і гідравлічним опором труби Вентурі, згідно з якою при постійному гідравлічному опорі ступінь очищення газів залишається практично незмінною. Тому при зміні кількості газів, що очищаються важливо підтримувати постійне гідравлічний опір. Це можливо або шляхом збереження постійної швидкості газів в горловині труби, або шляхом зміни величини питомої зрошення.

Другий спосіб регулювання менш зручний, так як пропорційний питомому зрошенню в першого ступеня, а швидкості газів в горловині - в квадраті.

За гідродинамічним характеристикам скрубери Вентурі можна умовно поділити на високонапорні і низьконапірні. Перші застосовуються для тонкого очищення газів від мікронного і субмікронного пилу і характеризуються високим гідравлічним опором (до 20-30 КПа); другий використовуються головним чином для підготовки (кондиціонування) газів перед іншими пиловловлюючими апаратами і для очищення аспіраційного повітря; їх гідравлічний опір не перевищує 3-5 КПа. Для роботи в низьконапірному режимі іноді використовуються труби Вентурі з видовженими горловинами. У цьому випадку більш глибоко протікають процеси охолодження газів.

2.3 Розрахунок скрубера Вентурі

Розрахунок скрубера починається з розрахунку гідравлічного опору. Гідравлічний опір скруберів Вентурі складається з гідравлічних опорів труби-розпилювача і краплєвловлювача, причому основна частина втрат енергії припадає на трубу Вентурі.

Гідравлічний опір труби-розпилювача (в Па) при подачі в неї зрошувальної рідини зручно розглядати як суму доданків:

$$\Delta p = \Delta p_{\Gamma} + \Delta p_{ж}$$

де - Δp_{Γ} - гідравлічний опір труби-розпилювача, обумовлений рухом газів (без подачі зрошення), Па; $\Delta p_{ж}$ - гідравлічний опір труби-розпилювача, обумовлений введенням зрошувальної рідини, Па.

Гідравлічний опір сухої труби-розпилювача (в Па) визначається за формулою:

$$\Delta p_{\Gamma} = \xi_{сух} \cdot v_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{\Gamma} / 2$$

де - $\xi_{сух}$ - коефіцієнт гідравлічного опору сухої труби-розпилювача;

v_{Γ} - швидкість газів в горловині при умовах по температурі і тиску на виході з труби-розпилювача, щільність газів при тих же умовах, мг/м³

Коефіцієнт гідравлічного опору сухої труби-розпилювача з круглою і прямокутною горловиною довжиною $0,15 \cdot d_e$ (d_e - еквівалентний діаметр горловини, м) приймається в межах від 0,12 до 0,15. Для труб-розпилювачів прямокутного і круглого перерізу з довжиною горловини $10 \cdot d_e \geq l_e \geq 0,15 \cdot d_e$ цей коефіцієнт може бути розрахований з виразу:

$$\xi_{сух} = 0,165 + 0,034 \frac{l_{\Gamma}}{d_e} \left[0,06 + 0,028 \frac{l_{\Gamma}}{d_e} \right] M$$

Де $M = v_{\Gamma} / v_{зв}$ - число Маха; $v_{зв}$ - швидкість звуку, м/с.

Вираз $\xi_{сух}$ справедливий при швидкості газів в горловині до 150 м/с, причому обидві швидкості v_{Γ} і $v_{зв}$ приймаються за умов по температурі і тиску на виході з труби-розпилювача.

Гідравлічний опір труб-розпилювачів (в Па), обумовлене введенням зрошувальної рідини, розраховується за формулою:

$$\Delta p_{ж} = \xi_p \cdot v_{\Gamma}^2 \cdot \rho_p \cdot m / 2$$

де ξ_p - коефіцієнт гідравлічного опору, що враховує введення в трубу-розпилювач зрошувальної рідини; m - питома витрата зрошувальної рідини;

ρ_p - щільність рідини, що зрошує, м³/кг; Коефіцієнт ξ_p визначається з виразу:

$$\xi_p = A \cdot \xi_{сyx} \cdot m^{1+B}$$

Найбільший вплив на ефективність уловлювання дають швидкість газів в горловині труби Вентурі та питоме зрошення. Оптимальне співвідношення між швидкістю газів в горловині труби - розпилювача і питомим зрошенням специфічне для кожного пилу і значною мірою залежить від її дисперсного складу. Зазвичай питоме зрошення коливається в межах від 0,5 до 1,5 л/м³ газів. Діаметр краплі розраховується за формулою Таназави - Нукіяма, що характеризує середній діаметр крапель, що утворюються при розпорошенні рідини пневматичною форсункою:

$$d_k = \frac{585/1000 \cdot \sqrt{\sigma}}{v_{в.г}^0 \cdot \sqrt{\rho_p}} + 53,4 \left(\frac{\mu_p}{\sqrt{\rho_p \sigma}} \right)^{0,45} \left(\frac{Q_p}{Q_r} \right)^{1,5}$$

Так як відношення Q_p/Q_r зазвичай мале, величина d_k практично визначається першою частиною рівняння, тобто майже не залежить від в'язкості рідини. Похибка стає значною при швидкості газів нижче 30 м/с.

Більш точні методи визначення ефективності скрубєрів Вентурі базуються на енергетичному методі розрахунку: загальна витрата енергії на обробку певного обсягу газів в одиницю часу (сумарна енергія контакту або, дотику двох фаз: газ - рідина) при енергетичному методі розрахунку включає в загальному випадку три складові: енергію газового потоку, що характеризує ступінь турбулізації газорідинного потоку в апараті; енергію рідинного потоку, що характеризує ступінь диспергування рідини, і механічну енергію обертових елементів конструкції, яка виявляється у динамічних газопромивачах.

Загальна витрата енергії в мокрих пиловловлювачах більше сумарної енергії зіткнення, тому що включає втрати на тертя в газоходах, вентиляторах, насосах і т.д. У витрати енергії зіткнення не повинні входити витрати енергії, що йдуть на створення руху газового потоку. Витрата енергії на здійснення мокрого очищення газів від пилу (енергія зіткнення), що виражаються звичайно Дж/м³ газів, визначається за формулою:

$$K_{\text{ч}} = \Delta p_{\text{ап}} + p_p \frac{Q_p}{Q_{\text{г}}} + \frac{N_m}{Q_{\text{г}}}$$

де $\Delta p_{\text{ап}}$ - гідравлічний опір апарату, Па; p_p - напір розпиленої рідини, Па; N_m - потужність обертового механізму, що витрачається на контактування газів з рідиною, Вт; Q_p і $Q_{\text{г}}$ - витрати рідини і газу відповідно, м³/с (при застосуванні скрубера Вентурі $\Delta p_{\text{ап}}$ включає в себе гідравлічний опір труби Вентурі і краплевловлювача.)

Вплив на $K_{\text{ч}}$ кожного доданка в правій частині виразу залежить від типу апарату. Так, у звичайному скрубери Вентурі вирішальна роль належить гідравлічному опору апарата, в той час як в ежекторних апаратах - тиску розпилу рідини. Крім того, в ежекторних скруберах подається рідина яка не лише утворює поверхню осадження, але і є додатковим джерелом енергії, що витрачається на рух газового потоку. Залежність між ступенем очищення газів і витратами енергії виражається формулою:

$$\eta = 1 - \exp(-BK_{\text{ч}}^{\chi})$$

Де B, χ - константи, які визначаються дисперсним складом пилу.

В інтервалі високих значень коефіцієнта очищення зміни маловідчутні, тому в розглянутому випадку часто використовується поняття числа одиниць перенесення, аналогічне застосовуваному в технологічних процесах, пов'язане з тепло-і масообміном.

Число одиниць переносу знаходять за формулою:

$$N_{\text{ч}} = \ln \frac{1}{1 - \eta}$$

з двох попередніх виразів слідує:

$$N_{\text{ч}} = BK_{\text{ч}}^{\chi}$$

Значення B і χ залежать від виду вловлюваного пилу та визначаються експериментально або з таблиць.

Висновок

Обладнання теплоелектростанції є досить старим за віком, і за весь час роботи практично не модернізувалось. Неефективним є використання енергії, яку отримують на котлах, що пов'язано з конструкцією енергетичного обладнання та його призначенням. Система пилогазоочистки димових газів від котлів не дозволяє уловлювати дрібнодисперсну фракцію леткої золи, що утворюється при спалюванні вугілля. При розробці планів реконструкції ТЕС необхідно враховувати можливість впровадження технологічних схем очищення пилогазової суміші багатоступеневої очистки із застосуванням комбінованих методів.

Серед систем очищення димових газів неможливо назвати універсальну систему, як повністю б забезпечувала потреби станції, найкраще використовувати комплексні рішення з декількох видів очисних приладів. Наприклад недоцільно застосовувати лише сухий золовловлювач на котельнях з будь – яким видом палива, оскільки він практично не буде впливати на газові забруднювачі, а мокрий золовловлювач в свою чергу повинен мати корозійно - стійкі матеріали, які б могли стабільно працювати при умовах підвищеного утворення кислоти, від реакції води та SO_x або NO_x , які практично завжди присутні у димових газах.

Список використаної літератури

1. Орхузьська конвенція. //Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги. Серія: Охорона навколишнього середовища. — № 9. —2006. — 33 с.
2. Thelimitationofemissionsofcertainintotheairfromlargecombustionplants /DURECTIVE 2001/80/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2001 //OfficialJournaloftheEuropeanCommunities, L 309/4, 2001.
3. Осипенко В.Д., Осипенко В.В. и др. О примененииирукавныхфильтров в теп-лоэнергетике. //Энергетика и Электрoфикация, 2004, №1. — С. 41-44.
4. Корчевой Ю.П., Майстренко А.Ю. Современное состояние угольных электростанций Украины и перспективы их развития // Эко технологии и ресурсосбережение, 1996, №3. — С. 3–8.
5. Корчевой Ю.П., Кузьменко Б.В., Майстренко А.Ю. Современные угольные энерготехнологии. — К.: УДЭНТЗ, 1998. — 62 с.
6. Борисенко С.В., Малый Л.П., Быковченко Г.И., Миненков Н.Л. Золоуловитель для сухой очистки дымовых газов ТЭС //Энергетика и Электрoфикация, 1999, № 5. — С. 41-43.
7. Н.А.Гусар, С.Г.Доманский, Л.П Яриш, Ф.Е.Гут. Некоторые мероприятия по уменьшению выбросов пыли и окислов серы //Материалы первой Американо-украинской конференции. — К., 1996. — С. 188-189.
8. Энергетика и охрана окружающей среды /Под ред. Н.Г. Залогина. — М.: Энергия, 1999.— 352 с.
9. Журавльов Є.П. Екологічний вектор розвитку енергетики. //Екологія и промышленность. – 2005. - № 32(3). — С. 26-31.
10. Підвисоцький Р. Енергетична безпека і небезпека. //Надзвичайна ситуація. – 2000. - № 1. — С. 14-17.

11. Корчевой Ю.П., Вольчин І.А., Потапов А.А., Ращепкін В.А. Про адміністративні та економічні важелі зменшення викидів у атмосферу від теплових електростанцій //Новини енергетики. – 2004. - № 3. — С. 45-52.
12. Корчевой Ю.П., Вольчин І.А., Горбунов В.С и др. Экологические аспекты развития теплоэнергетики Украины //Энергетика и электрификация. – 2003. - № 2. — С. 45-50.
13. Мечты о ПГУ//Энергетическая политика Украины. – 2002. - № 4. — С. 50-57.
14. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. — К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2003. — 232 с.
15. Ковалко М.П., Денисюк С. П. Енергозбереження пріоритетний напрямок державної політики України. — К.: Українські енциклопедичні знання, 1998. — 511 с.
16. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — Л.: Недра, 1977. — 295 с.