

УДК 504.3:66.074.48(477.46)

ШЛЯХИ ПОКРАЩЕННЯ ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ*Лега Ю. Г., д.т.н., проф., Мислюк О.О., к.х.н., доц., Корнелюк Н.М., ст. викл.**Черкаський державний технологічний університет**18006 м. Черкаси, бул. Шевченка, 460, кафедра екології**E – mail: nkornelyuk@ukr.net, myslyuk@yandex.ru*

Дан анализ работы Черкасской ТЭС — одного из основных источников загрязнения города. Показано, что основное газопылеочистное оборудование станции не обеспечивает высокую степень очистки дымовых газов. Предложены мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Ключевые слова: теплоэлектростанция, газопылеочистное оборудование, топливная политика.

In this article is given the analysis of work of Cherkasy's warmth-electric station – one of the basic sources of pollution in the town. It shows that the basic gas-dust purification equipment do not provide a high degree of gas purification. The measures in reducing the pollution of atmosphere are produced in it.

Key words: warmth-electric station, gas-dust purification equipment, fuel policy.

Вступ. 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/м³, при тому що Орхузський Протокол 1998р. [1] ставить завдання зниження концентрації твердих частинок у викидних газах до 50 мг/м³, а європейська Директива 2001/80/ЕС [2] встановлює норматив по твердим частинкам для існуючих котлів 50 і для нових 30 мг/м³. 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.

Аналіз попередніх досліджень. 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% [3]. 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 [4-8].

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 [9]. 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» прис-

корюють зношеність обладнання, а також ведуть до збільшення питомих витрат палива на виробництво електроенергії і, як наслідок, до збільшення викидів в атмосферу [10].

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

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 генерируючого 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 SO_2 на 32-37% (в перерахунок 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, інвестор без державної гарантії компенсації вкладених коштів не прийде. 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 опорі його, 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 легкої 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].

Мета роботи. Проведення аналізу ефективності роботи газопилоочисного обладнання Черкаської ТЕС та пошук шляхів зниження викидів в атмосферне повітря.

Матеріал і результати досліджень. 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 урболандшафтів 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 ХХ 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 протигідравлічна. Були використані у якості золотловлювачів 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 легкої 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 твердого

палива в циклонних передтопках 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 забезпечувалися 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 строю 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.

Золоуловлююча установка котлоагрегату БКЗ-220-100 ГЦ складається з чотирьох одnoseкційних 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.

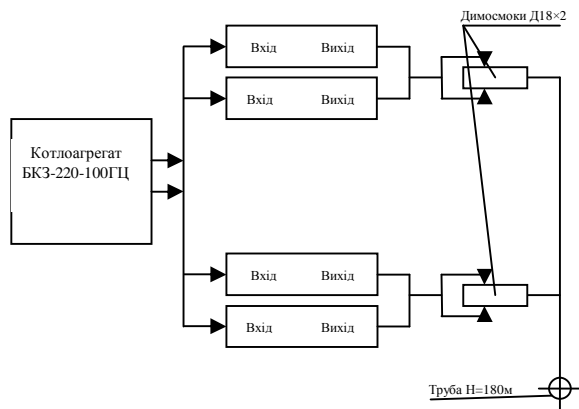


Рисунок 1 — Схема включення золовловлювачів ЦБУ-М

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).

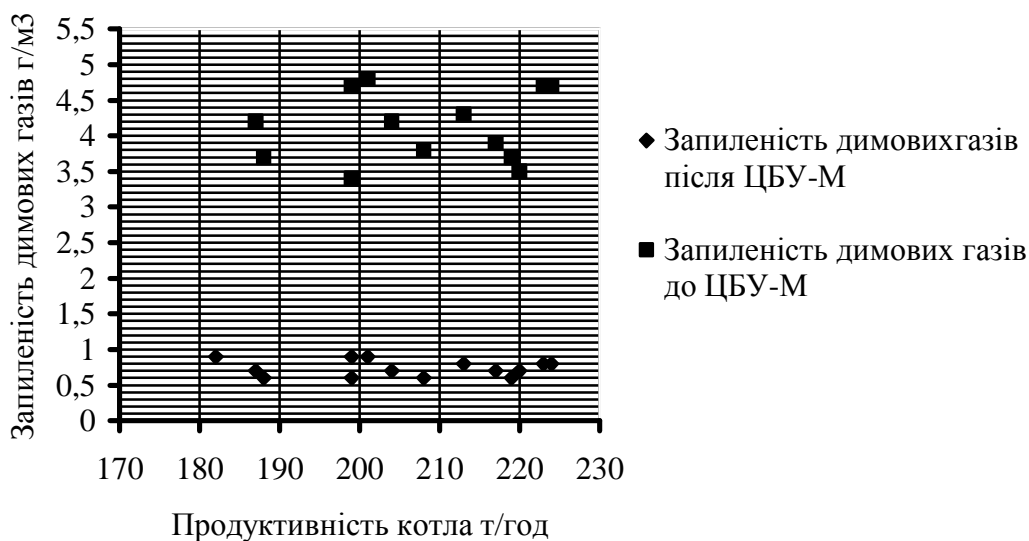


Рисунок 2 — Запиленість димових газів до і після очищення

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.

Для очищення димових газів є 15 установок. Основне газоочисне обладнання включає труби Вентурі та мультициклони. Характеристики установок для очищення викидів від пилу та газів наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 - Характеристики установок для очищення викидів від пилу та газів

Джерело викидів	Установка очищення	Забруднююча речовина	Вхідна концентрація, мг/м ³	Ефективність очищення, %	Вихідна концентрація, мг/м ³
1/котел №1	Труба Вентурі (2 установки) з краплеуловлювачем	Неорганічний пил, 20-70 % SiO ₂	13061	92	1026
1/ котел №2	Труба Вентурі (2 установки) з краплеуловлювачем	Неорганічний пил, 20-70 % SiO ₂	12819	91	1113
1/ котел №3	Труба Вентурі (2 установки) з краплеуловлювачем	Неорганічний пил, 20-70 % SiO ₂	12586	91	1093
1/ котел №4	Труба Вентурі (2 установки) з краплеуловлювачем	Неорганічний пил, 20-70 % SiO ₂	12819	92	1007
2/ котел №5	мультициклон ПБТ (2 установки)	Пил вугільного концентрату	12068	78	2586
2	мультициклон БТУ-М (2 установки)	Пил вугільного концентрату	2586	76	632
		Неорганічний пил, 20-70 % SiO ₂	3147	76	769
2/ котел №6	мультициклон ПБТ (2 установки)	Пил вугільного концентрату	14204	76	3378
2	мультициклон БТУ-М (2 установки)	Пил вугільного концентрату	3288	78	750

		Неорганічний пил, 20-70 % SiO ₂	3378	78	730
2/ котел №7	мультициклон ПБТ (2 установки)	Пил вугільного концентрату	13835	76	3235
2	мультициклон БТУ-М (2 установки)	Пил вугільного концентрату	3235	77	750
		Неорганічний пил, 20-70 % SiO ₂	3148	77	730
2/ котел №8	мультициклон ПБТ (2 установки)	Пил вугільного концентрату	13477	79	2778
2	мультициклон БТУ-М (2 установки)	Пил вугільного концентрату	2778	78	611
		Неорганічний пил, 20-70 % SiO ₂	3380	78	744
2/ котел №9	мультициклон ПБТ (2 установки)	Пил вугільного концентрату	12510	78	2703
2	мультициклон БТУ-М (2 установки)	Пил вугільного концентрату	2703	77	627
		Неорганічний пил, 20-70 % SiO ₂	3290	77	764

Існуюча на підприємстві ефективність очищення димових газів не забезпечує виконання закону про охорону атмосферного повітря. Фактичні рівні викидів пилу, оксидів вуглецю, сірки та азоту (таблиця 3) перевищують відповідні нормативні значення, визначені українським природоохоронним законодавством і директивами ЄС.

Таблиця 3 — Концентрація забруднюючих речовин у викидах Черкаської ТЕС

№ п/п	Марка, тип установки спалювання	Видпалива	Найменування речовини	Концентрація забруднюючих речовин, мг/м ³	Дата заміру
1	ПК-19-2, ст.№1	Природний газ	Двоокис азоту Окис вуглецю	327 70	14.03.2007
2	ПК-19-2, ст.№2	Природний газ	Двоокис азоту Окис вуглецю	328 77	14.12.2006 02.02.2006
3	ПК-19-2, ст.№3	Природний газ	Двоокис азоту Окис вуглецю	286 83	14.12.2006 02.02.2006
4	ПК- 19-2, ст.№4	Природний газ	Двоокис азоту Окис вуглецю	280 78	17.10.2007
5	БКЗ-220-100ГЦ, ст. №5	Вугілля	Двоокис азоту Окис вуглецю Ангідрид сірчистий Тверді речовини	1687,5 51,9 2500 1469	17.10.2007
6	БКЗ-220-100ГЦ, ст. №6	Вугілля	Двоокис азоту Окис вуглецю Ангідрид сірчистий Тверді речовини	У ремонті з 2005 р.	
7	БКЗ-220-100ГЦ, ст. №7	Вугілля	Двоокис азоту Окис вуглецю Ангідрид сірчистий Тверді речовини	1600 70 2214 1010	26.03.2007
8	БКЗ-220-100ГЦ, ст. №8	Вугілля	Двоокис азоту Окис вуглецю Ангідрид сірчистий Тверді речовини	1653 58,7 2300 1729	15.06.2007

9	БКЗ-220-100ГЦ, ст. №9	Вугілля	Двоокис азоту Окис вуглецю Ангідрид сірчистий Тверді речовини	2450 40 7342 970	26.10.2006
---	-----------------------	---------	--	---------------------------	------------

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.

В запропонованій нами схемі (рис. 3) передбачена двохступенева система сухого очищення димових газів від котлів типу БКЗ-220-100 ГЦ. На першій ступені очищення стоїть існуючий золовловлювач ЦБУ-М, після якого встановлюється рукавний фільтр з імпульсною регенерацією — друга ступень очищення.

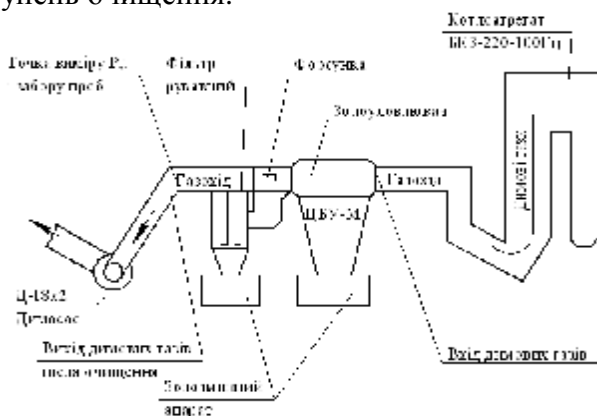


Рисунок 3 — Схема очищення димових газів ТЕС

Фільтр (рис. 4) 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 тійка 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 трубку 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.

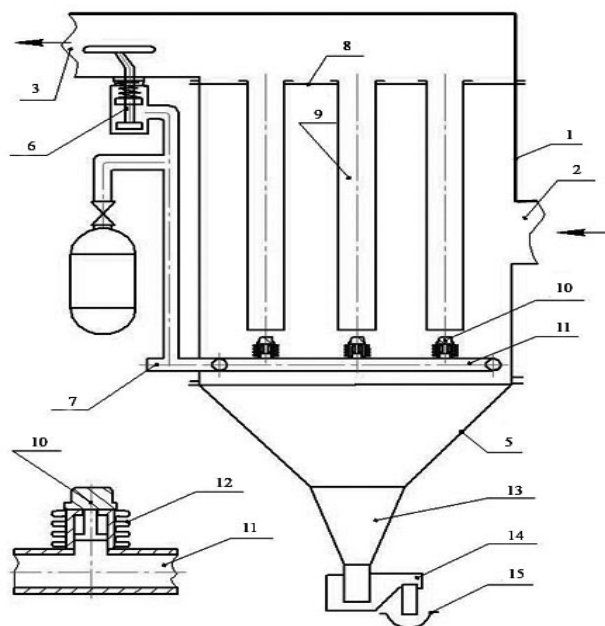


Рисунок 4 — Рукавний фільтр з системою імпульсної регенерації

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.

Висновки. Обладнання теплоелектростанції є досить старим за віком, і за весь час роботи практично не модернізувалось. Неefективним є використання енергії, яку отримують на котлах типу БКЗ, що пов'язано з конструкцією енергетичного обладнання та його призначенням. Система пилогазоочистки димових газів від котлів БКЗ-220 не дозволяє уловлювати дрібнодисперсну фракцію легкої золи, що утворюється при спалюванні вугілля.

При розробці планів реконструкції ТЕС необхідно враховувати можливість впровадження технологічних схем очищення пилогазової суміші двоступеневої очистки із застосуванням рукавних фільтрів нового покоління. Реалізація запропонованої технологічної схеми пилогазоочистки дозволить при незначних фінансових затратах забезпечити ступень очищення димових газів на рівні 99,8% і значно покращити екологічну ситуацію в місті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Орхузська конвенція. //Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги. Серія: Охорона навколишнього середовища. — № 9. —2006. — 33 с.
2. The limitation of emissions of certain into the air from large combustion plants /DURECTIVE 2001/80/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2001 //Official Journal of the European Communities, L 309/4, 2001.
3. Осипенко В.Д., Осипенко В.В. и др. О применении рукавных фильтров в теплоэнергетике. //Энергетика и Электрофикация, 2004, №1. — С. 41-44.
4. Корчевой Ю.П., Майстренко А.Ю. Современное состояние угольных электростанций Украины и перспективы их развития // Экотехнологии и ресурсосбережение, 1996, №3. — С. 3–8.
5. Корчевой Ю.П., Кузьменко Б.В., Майстренко А.Ю. Современные угольные энерго-технологии. — К.: УДЭНТЗ, 1998. — 62 с.
6. Борисенко С.В., Малый Л.П., Быковченко Г.И., Миненков Н.Л. Золоуловитель для сухой очистки дымовых газов ТЕС //Энергетика и Электрофикация, 1999, № 5. — С. 41-43.

7. Н.А.Гусар, С.Г.Доманский, Л.П.Яриш, Ф.Е.Гут. Некоторые мероприятия по уменьшению выбросов золы и окислов серы //Материалы первой Американско-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., Рашепкін 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. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. — К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2003. — 232 с.
15. Ковалко М.П., Денисюк С. П. Энергозбереження 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.
17. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. — М.: Металлургия, 1984. — 397 с.
18. Горячев И.К. О разработке рукавных фильтров для теплоэнергетики //Теплоэнергетика. — 2002. - № 2. — С. 74-75.
19. Справочник по пыле- и золоулавливанию /М.И.Бергер, А.Ю.Вальдберг и др. /Под общ. ред. А.А. Русанова. — М.: Энергоиздат, 1983. —312 с.
20. Зингерман Ю.Е., Трембач Т.Ф., Каменюка В.Б. Беспылевая выдача кокса на батареях коксохимических предприятий //Экология и промышленность. — 2005. - № 32(3). — С. 53-55.
21. Єрохін О.В., Осипенко В.Д., Поставничий В.В. Патент України «Рукавний фільтр». Бюл. №6 від 17.06.2002 р.
22. Корнелюк Н.М., Мислюк О.О. Природні і антропогенні фактори аеротехногенного забруднення м. Черкаси важкими металами. Повідомлення 1 //Вісник «Львівська політехніка». — 2007. - № 590. — С. 260-269.
23. Корнелюк Н.М., Мислюк О.О. Антропогенні фактори аеротехногенного забруднення м. Черкаси важкими металами //Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2007. — Вип. 4. — С. 48-53.
24. Корнелюк Н.М. Еколого-гігієнічна оцінка забруднення ґрунту важкими металами, як показника інтенсивності техногенного впливу (на прикладі м. Черкаси) //Вісник КДПУ ім. М. Остроградського — 2007. — Вип. 2 (43), Ч. 2. — С. 119-121.
25. Стан повітряного басейну Черкаської області у 2006 році. Черкаське обласне управління статистики, 2007.