

УДК 504.3:66.074.48(477.46)

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЧЕРКАСЬКОЇ ТЕЦ

*Мислюк О.О., к.х.н., доцент, 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 ТЭЦ — одного из основных источников загрязнения города. Показано, что основное газопылоочистное оборудование станции не обеспечивает высокую степень очищения газов. Предложены мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Ключевые слова: теплоэлектростанция, газопылоочистное 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. Енергетична галузь — одна з основних галузей промисловості, від функціонування якої залежить стан економіки країни. Однак на електроенергетичну галузь припадає більше чверті промислових викидів, забруднюючих навколишнє середовище, і понад 60% водоспоживання. На теперішній час біля 40% електростанцій відпрацювало свій ресурс, але продовжується експлуатація основного тепломеханічного обладнання ТЕС, яке пропрацювало вже понад 45 років і на 73% перевищило граничний термін експлуатації, в тому числі й на великих ТЕС, які в багатьох випадках є єдиним джерелом теплозабезпечення міст і промислових підприємств, до яких належить і Черкаська ТЕЦ. Експлуатація фізично зношеного і, як правило, низькоекономічного обладнання призводить не тільки до економічних збитків, але і серйозно ускладнює розв'язання екологічних проблем. Відсутність у галузі джерел фінансування для заміни діючого обладнання, що відпрацювало свій ресурс, новим потребує (для продовження терміну його використання ще на 15-20 років) пошуку маловитратних і ефективних технологій.

Аналіз останніх досліджень. Основна частина електроенергії України (близько 70%) виробляється на теплових електростанціях за рахунок спалювання викопного органічного палива. Менше 1/4 виробленої енергії забезпечується процесами горіння рідкого і газоподібного палива. Інша частина продукції теплоенергетики України визначається процесами горіння твердого палива — вугілля, причому в останні роки в Україні, як і у всьому світі, спостерігається стійка тенденція до збільшення використання в теплоенергетиці частки вугілля [1-3]. Так, наприклад, у 2001 р. на Україні частка вугілля у паливному балансі великих ТЕС склала більше 60%, а в 1990 р. — тільки 33% [4]. У прогнозованому паливному балансі приросту енергетичних потужностей країн світу (665 ГВт) вугілля буде забезпечувати 35%, газ — 21%, мазут — 5%. Уже сьогодні частка вугілля в паливному балансі Польщі складає 97%,

Австралії — 85%, США — 57%. На теплоелектростанціях України, потужність яких складає 36,4 млн. кВт (68,8% сумарної встановленої потужності електростанцій), з 104 енергоблоків 96 працюють на вугільному паливі. Прогнозовані запаси вугілля в Україні (117,3 млрд. т) та зростаючі ціни на природний газ, що експортується з Росії, дають підставу розглядати сучасну теплоенергетику як пріоритетну галузь, а вугілля — як основний первинний енергетичний ресурс. Суттєвого значення набуває погіршення якості вугілля. За останні 15–20 років зольність твердого палива зросла від 26 до 38%, вологість — від 8 до 10%, а здатність до теплоутворення знизилася до 17–19 МДж/кг. Використання такого вугілля для потреб енергетики в умовах, коли 62% пиловугільних потужностей ТЕС оснащено електрофільтрами, ефективність зололовлювання (η) яких складає 92-99%, 35% — мокрими зололовлювачами ($\eta=92-96\%$) і 3% — циклонами ($\eta \leq 90\%$), призводить до того, що викиди золи в атмосферу складають більше 500 тис. т на рік [5-9].

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

Найбільші об'єми викидів ТЕС припадають на оксиди сірки, азоту і тверді частки, концентрації яких у димових газах більшості енергоблоків України значно перевищують європейські нормативи. Концентрація пилу на деяких ТЕС, що працюють на вугіллі, доходить до 1000-1300 мг/м³, відповідно до Орхуського Протоколу за важкими металами 1998 р. [10] установлене завдання щодо зниження концентрації твердих часток у газоподібних викидах до 50 мг/м³, а європейська Директива 2001/80/ЕС [11] містить норматив за твердими частками на рівні — 50 мг/м³ для існуючих котлів і 30 — для нових.

При прогнозованому зростанні виробництва електроенергії та орієнтації на переважне спалювання вугілля на ТЕС, Україна, незабаром встане перед проблемою невиконання своїх міжнародних зобов'язань, що, в свою чергу, може призвести до непередбачених санкцій. Для зменшення забруднення довкілля промисловими підприємствами державою застосовуються як адміністративні, так і економічні методи регулювання [12]. Актуальними є проблеми модернізації та реконструкції генеруючого, газоочисного обладнання, зважена паливна політика і зниження втрат при передачі енергії споживачам.

ТЕС України потребують значної модернізації шляхом реалізації цілого комплексу короткотермінових та довготермінових інвестиційних заходів. Одним з найбільш ефективних шляхів модернізації є запровадження сучасних комбінованих газопарових турбін [13, 14]. Оскільки більшість теплових електростанцій передані державою в управління приватних структур, коштів, на великомасштабні реконструкції систем спалювання палива на цих підприємствах немає. Інвестування без державної гарантії компенсації вкладених коштів є досить проблематичним для іноземних інвесторів.

Досвід закордонної енергетики доводить, що реконструкція генеруючого і газоочисного обладнання, яке вимагає менших капіталовкладень, дозволяє подовжити термін його роботи, підвищити його надійність та економічність, зменшити антропогенний тиск на навколишнє середовище. Зниження викидів забруднюючих речовин можливо за рахунок:

- заміни золоочисного устаткування (скрубери, електрофільтри, циклонів) на сучасні високоефективні;
- проведення режимно-технологічних заходів або застосування устаткування для зниження викидів SO_2 , NO_x ;
- встановлення систем безперервного автоматичного контролю за викидами твердих часток, SO_2 , NO_x .

Електростатичні фільтри (ЕСФ), які сьогодні є найбільш розповсюдженими пилоочисними апаратами на вітчизняних ТЕС, можуть забезпечувати досить високу ступень очищення газів тільки за певних умов експлуатації, а саме — низькій швидкості газового потоку, оптимальному питомому його опору, відносно великих розмірах часток пилу, оптимальному режимі струшування електродів, відсутності вторинного виносу і т.і. [15]. Навіть незначні зміни одного з вищезгаданих параметрів процесу призводить до зниження ефективності роботи фільтрів. Негативний вплив на ККД ЕСФ чинить також нерівномірність концентрації твердих часток по перерізу фільтра на ТЕС. Реальний ККД існуючих ЕСФ ТЕС України знаходиться в межах 90-98%, що з урахуванням запиленості газів на вході пиловловлюючого устаткування, не дозволяє забезпечити європейські стандарти викидів у атмосферне повітря.

У закордонній практиці для очищення газів, які викидаються ТЕС, широко застосовують рукавні фільтри, що зумовлено їх високими техніко-економічними показниками роботи ($\eta=99,9\%$) [16,

17]. В останні роки рукавні фільтри нового покоління знайшли застосування і в Україні, зокрема в коксохімічній та металургійній промисловості [18]. Застосування рукавних фільтрів нового покоління дозволяє проводити очистку газів від дрібнодисперсної фракції легкої золи та деяких хімічних компонентів, зокрема, від оксидів сірки. Температурна стійкість сучасних тканин, що широко використовуються у рукавних фільтрах для очищення газів у теплоенергетиці більшості європейських країн, коливається у межах 100-280°C. Спеціальна обробка тканин надає матеріалу і хімічну стійкість. Стійкість фільтрувальних елементів за умови вірно підібраних матеріалів зберігається до 5 років [4].

Важливим є розвиток та вдосконалення паливної політики держави. Досвід деяких електростанцій України доводить, що навіть без реконструкції ТЕС, тільки за рахунок зміни паливної політики можна досягти значного скорочення викидів забруднюючих речовин. Із досвіду однієї з ТЕС України перехід на спалювання вугілля, яке надходило на електростанцію після попереднього збагачення, забезпечило зниження питомих викидів SO_2 на 32-37% (у перерахунку на 1 кВт·год. електроенергії, що виробляється). Завдяки цьому питомий викид твердих часток знизився на 35-40%. Велике значення має вибір оптимального співвідношення між двома основними видами палива — вугіллям та природним газом [1].

Мета роботи. Проведення аналізу ефективності роботи пилоочисного обладнання ТЕЦ — одного з основних джерел аеротехногенного забруднення міста важкими металами, з метою пошуку шляхів зниження металопресингу на техногенно трансформованій екотопі міста Черкаси.

Матеріал і результати досліджень. Значне місце серед інших міст України з розвинутою хімічною та машинобудівною промисловістю посідає м. Черкаси, для якого проблема забруднення довкілля є актуальною. Основними чинниками формування несприятливої екологічної ситуації в місті є давня і висока освоєність території, соціально незадовільна структура виробництва, розвиток галузей виробництва, що спричиняють значний антропогенний тиск, інтенсивний процес урбанізації, несприятливі природні умови регіону щодо розсіювання домішок [19]. У попередніх роботах [20, 21] було доведено, що в комплексі антропогенних чинників, які сприяють надходженню важких металів до урболандшафтів м. Черкаси, особливе місце за своєю значимістю та ступенем впливу на довкілля посідає техногенне забруднення атмосфери викидами ТЕЦ (75% загальної кількості важких металів, що надходять від стаціонарних джерел, а за викидами Pb, Cu, та Zn частка ТЕЦ складає 85%). Унаслідок техногенезу утворюються геохімічні аномалії важких металів в урбаноземах, змінюються їх властивості, здатність до самоочищення, фізико-хімічні умови міграції забруднюючих речовин та ін.

Черкаська ТЕЦ розташована у південно-східній частині міста, у промисловій зоні, на території 68 га і виробляє електроенергію та тепло. На станції вста-

новлено 14 котлів (9 силових та 5 водогрійних), об'єднаних у технологічні блоки. Всі ці котли підключені до однієї труби заввишки 180 м. За проектом електрична потужність складає 200 МВт, тепла – 1308 Гкал/рік. Проект було розроблено в 60–70 -ті роки ХХ століття. Перша черга була призначена для покриття теплових і електричних потреб заводу штучного волокна (ЗШВ), її було запрограмовано і побудовано за традиційною схемою з використанням традиційного обладнання: енергетичні котли ПК-19-2, турбіни – конденсаційна та протигідравлічна. Як золовловлювачі були використані труби Вентурі зі скруберами. Друга черга проектного рішення була спрямована як на реалізацію завдання тепло- і енергозабезпечення підприємств ЗШВ, Азоту, КШТ, Гіровати і самого міста, так і на збагачення легкої золи сполуками германію для наступного промислового їх вилучення з золи, і переробкою в германій, який використовували у напівпровідниковій техніці. Для реалізації цієї мети була використана схема спалювання твердого палива в циклонних передтопках котлів БКЗ-220-100 ГЦ. Сполуки германію доводилися до пароподібного стану за рахунок високих температур (1600-1800°C) у топкових циклонах. Тонкодисперсна зола, що утворювалася, слугувала центрами конденсації парів германію. Високі швидкості димових газів та високі температури в топці призводили до утворення оксидів азоту на рівні 2600-3200 мг/м³, оксиду вуглецю на рівні 300-400 мг/м³, що на теперішній час значно перевищує нормативи ЄС.

Промислова переробка золи з метою отримання германію не знайшла подальшого розвитку, оскільки було знайдено поклади, що містили германій, а

пізніше як напівпровідник почали широко використовувати кремній. Оскільки завдання теплопостачання хімічної промисловості, яка розвивалась у місті, було актуально, для підвищення надійності енергозабезпечення на К-9 були демонтовані старі золовловлювачі, які не забезпечували ККД на рівні 93-97% та змонтовані золовловлювачі мокрого типу – труби Вентурі, скрубери з верхнім підводом газів і виходом очищених газів через центральну подовжену трубу. Ця конструкція виявилась ще менш надійною, оскільки спалювалось вугілля з вмістом сірки до 3,8-4,2%, а наявність топкових циклонів передбачала утворення складних комбінацій оксидів азоту і сірки, з яких у мокрих золовловлювачах утворювалася суміш кислот, що виводила зі строю скрубери і газопилоочисне обладнання вже через 3-4 місяця. В 90-х роках відмовилися від мокрого золовловлення і зупинилися на сухих інерційних золовловлювачах типу БЦУ-М, які мають у середньому ККД – 82,6% (для великих фракцій ККД 95-97%, для тонкодисперсної золи ККД значно нижчі, для фракцій до 1 мкм – 50%). Оскільки зола палива вловлювалася 85-90% рідким шлаковидаленням, а інші 15-10% золи – у золоуловлювачах із ККД 82,6%, то загальне вловлювання золи становило 88-90%. Основний недолік цього типу золовловлювачів – низький ККД за тонкодисперсною фракцією.

Основними видами енергоносіїв для підприємства є природний газ та вугілля, частка якого в останні роки значно зросла (табл. 1), а якість погіршилася (табл. 2), що сприяло збільшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферу [22]. Рівні викидів пилу, NO_x, SO₂ не відповідають вимогам українського законодавства ККЗЗ та НДМ та вимогам ЄС.

Таблиця 1 — Споживання палива на Черкаській ТЕЦ (1997-2006 рр.)

Паливо	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Природний газ, млн. м ³	262	242	265	233,278	265,103	292,624	316,553	284,780	232,882	132,206
Вугілля, тис. т	122	146	102	118,496	46,602	25,850	129,785	142,662	124,048	168,191
Мазут, тис. т	-	-	-	-	-	-	0,065	-	1,107	0,081

Таблиця 2 — Якість палива, що використовувалось на ТЕЦ (1994-2007 рр.)

Роки	Вугілля				Газ
	Найнижча теплота згоряння, Q _н ^p , ккал/кг	Вміст вологи, W ^p , %	Вміст золи, A ^p , %	Вміст сірки, S ^p , %	Найнижча теплота згоряння, Q _н ^p , ккал/кг
1996	5176	14.1	15.8	2.3	7970
1997	4962	14.8	18.4	2.2	7959
1998	4883	16.3	18.1	2.1	7964
1999	4985	15.3	17.8	2.4	7959
2000	4965	15.0	21.0	2.7	7959
2001	4788	15,9	19,3	1,6	7966
2002	5182	15,7	15,4	2,3	7963
2003	5221	14,1	16,0	1,5	7986
2004	5256	13,0	16,0	1,2	8016
2005	5409	10,3	18,3	2,9	8014
2006	5063	12,0	18,6	2,1	8027
2007	4932	13,0	18,4	1,4	8029

Аналіз роботи газоочисного обладнання, довів що вугільна летка зола з котлів ПК-19-2 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, які постійно працюють на вугіллі, мають мультициклоні золовловлювачі з ефективністю очищення 76-80%. На підприємстві відсутня система безперервного моніторингу викидів з котлів та труб, забезпечення якого є обов'язковою вимогою для теплоенергетичних установок згідно з Директивою ЄС, окрім того не проводиться детальний аналіз ефективності використання енергії.

Зважаючи на технологічне оснащення підприємства та необхідність зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, ТЕЦ потребує значної модернізації шляхом реалізації цілого комплексу короткотермінових та довготермінових інвестиційних заходів. Заміна існуючого технологічного обладнання на нові газопарові турбіни є найліпшим варіантом вирішення проблеми викидів, який би забезпечив дотримання основних вимог НДМ. Однак цей варіант може бути реалізований підприємством у рамках забезпечення виконання національної стратегії України в енергетичній сфері. Тому сього-

дні, з урахуванням економічної ситуації на підприємстві, для покращення екологічного стану у місті, необхідно реалізувати низку короткотермінових та середньо-термінових інвестиційних заходів:

- встановлення обладнання для постійного моніторингу забруднення атмосферного повітря (пріоритетні показники: NO_x , пил та SO_2) на основних точкових джерелах викидів;
- проведення досліджень із визначення ефективності використання енергії та палива;
- для підвищення ефективності використання енергії вивести з експлуатації котли типу БКЗ;
- у випадку продовження використання вугілля забезпечити фінансування заходів щодо встановлення систем видалення пилу.

Для забезпечення ефективного пилогазоочищення в запропонованій нами схемі (рис. 1) передбачена двоступенева система очищення.

При початковій запиленості 14000 мг/м^3 і ефективності очищення циклонів першого етапу - 76%, рукавний фільтрів — 99%, загальний ККД установки буде 99,8%, що дозволить при незначних фінансових витратах забезпечити залишковий вміст пилу до 50 мг/м^3 .

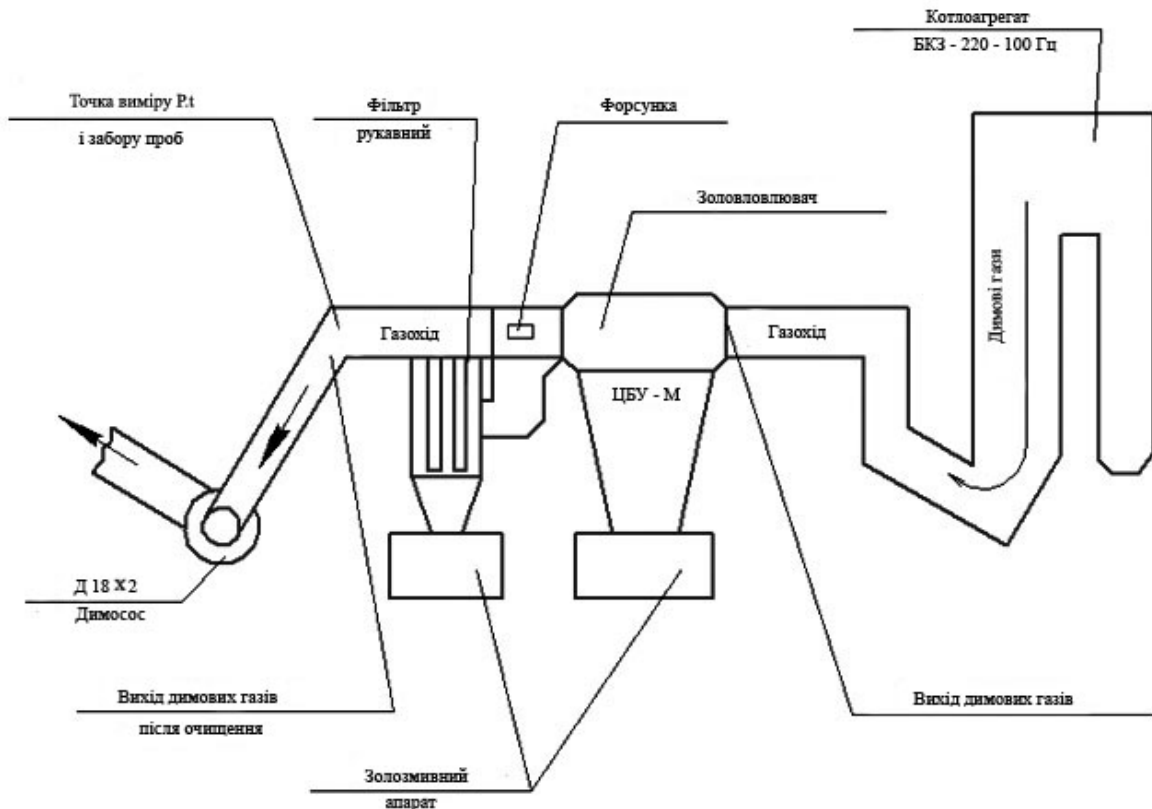


Рисунок 1 — Схема очищення димових газів ТЕЦ

Перший етап очищення забезпечує існуючий зололовлювач ЦБУ-М, після якого встановлюється рукавний фільтр з імпульсною регенерацією — другий етап очищення.

Висновки. Технологічний процес виробництва енергії відповідає вимогам діючого українського законодавства щодо котлів марки ПКН, однак є суттєва невідповідність вимогам європейських стандартів.

Обладнання за весь час роботи підприємства практично не модернізувалось. Неефективним є використання енергії, яку отримують на котлах типу БКЗ, що безпосередньо пов'язано з конструкцією енергетичного обладнання та його призначенням.

Існуюча ситуація на Черкаській ТЕЦ не здатна забезпечити дотримання вимог ККЗЗ та НДМ. Однак, у разі прийняття рішення щодо участі станції у проекті запровадження газових турбін комбінованого типу, реалізації ряду короткотермінових та середньо-термінових інвестиційних заходів імовірність дотримання вимог ККЗЗ та НДМ значно зростає.

При розробці заходів реконструкції підприємства необхідно враховувати можливість упровадження якісно нових схем очищення пилогазової суміші. Запровадити двоступеневу схему очищення із застосуванням рукавних фільтрів нового покоління, які є найбільш ефективними для вловлювання дрібнодисперсної фракції легкої золи.

Реалізація запропонованої технологічної схеми пилогазоочищення дозволить при незначних фінансових витратах забезпечити ступінь очищення димових газів на рівні 99,8% і значно покращити екологічну ситуацію у місті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корчевой Ю.П., Вольчин И.А., Горбунов В.С и др. Экологические аспекты развития теплоэнергетики Украины // Энергетика и электрификация. – 2003. - №2. — С. 45-50.
2. Національна енергетична програма України до 2010 року // Зібрання постанов Уряду України. №11, 1996 р.
3. Куцан Ю.Г. Щодо проекту концепції енергетичної політики України на період до 2030 року. // Энергетика и электрификация. – 2001. - №3. — С. 2-11.
4. Осипенко В.Д., Осипенко В.В. и др. О применении рукавных фильтров в теплоэнергетике. // Энергетика и электрификация. – 2004. - №1. — С. 41-44.
5. Корчевой Ю.П., Майстренко А.Ю. Современное состояние угольных электростанций Украины и перспективы их развития. // Экологические технологии и ресурсосбережение. – 1996. - №3. — С. 3–8.
6. Корчевой Ю.П., Кузьменко Б.В., Майстренко А.Ю. Современные угольные энерготехнологии. — К.: УДЭНТЗ, 1998. — 62 с.
7. Борисенко С.В., Малый Л.П., Быковченко Г.И., Миненков Н.Л. Золоуловитель для сухой очистки дымовых газов ТЭС // Энергетика и электрификация. – 1999. -№5. — С. 41-43.

8. Гусар Н.А., Доманский С.Г., Яриш Л.П., Гут Ф.Е.. Некоторые мероприятия по уменьшению выбросов золы и окислов серы // Материалы первой Американско-украинской конференции. — К., 1996. — С. 188-189.

9. Энергетика и охрана окружающей среды /Под ред. Н.Г. Залогина. — М.: Энергия, 1999.— 352 с.

10. Орхузська конвенція // Бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги. Серія: Охорона навколишнього середовища. — №9. —2006. — 33с.

11. 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.

12. Корчевой Ю.П., Вольчин И.А., Потапов А.А., Ращепкин В.А. Про адміністративні та економічні важелі зменшення викидів у атмосферу від теплових електростанцій // Новини енергетики. – 2004. - №3. — С. 45-52.

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 Видавництва “Політехніка”, 2003. — 232 с.

15. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. – М.: Металлургия, 1984. — 397 с.

16. Горячев И.К. О разработке рукавных фильтров для теплоэнергетики // Теплоэнергетика. – 2002. - №2. — С. 74-75.

17. Справочник по пыле- и золоулавливанию. /М.И. Бергер, А.Ю. Вальдберг и др. Под общ. ред. А.А. Русанова. — М.: Энергоиздат, 1983. —312 с.

18. Зингерман Ю.Е., Трёмбач Т.Ф., Каменюка В.Б. Беспылевая выдача кокса на батареях коксохимических предприятий // Экология и промышленность. - №32(3)/2005. — С. 53-55.

19. 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.

20. 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.

21. Корнелюк Н.М. Еколого-гігієнічна оцінка забруднення ґрунту важкими металами, як показника інтенсивності техногенного впливу (на прикладі м. Черкаси) // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2007. Вип. 2/2007(43). Ч. 2. — С. 119-121.

22. Стан повітряного басейну Черкаської області у 2006 році. Черкаське обласне управління статистики, 2007.

Стаття надійшла 27.12.2007.

Рекомендовано до друку к.т.н., доц. Бахаревим В.С.