

5. *Евдокимов В.Ф.* Математические модели процессов формирования изображений в системах ультразвуковой дефектоскопии голографического типа / В.Ф. Евдокимов, А.С. Огир, В.В. Тарапата // Электронное моделирование. – 2008. – Т.30, № 1. – С.89-102.
6. *Огир А.С.* О голографической системе визуализации медицинского назначения / А.С. Огир, В.В. Тарапата, Е.А. Огир // Сб. научн. трудов ИПМЭ НАНУ «Інформаційні технології». – 2006. № 37. С.3-6.
7. *Евдокимов В.Ф.* О построении системы ультразвукового контроля конструкционных материалов объектов энергетики и машиностроения / В.Ф. Евдокимов, А.С. Огир // Электронное моделирование. – 2001. – Т.23, № 5. – С.85-90.
8. *Евдокимов В.Ф., Огир А.С., Чемерис А.А.* и др. Методы обработки эхосигналов, используемые в медицинских голографических системах визуализации // Электронное моделирование. – 2011. – Т.33, № 1. – С.99-114.

Поступила 4.09.2017р.

УДК 662.611:66.074.3

Ю.Г. Куцан, А.В. Яцишин, В.О. Артемчук, Київ

ВИКИДИ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН У АТМОСФЕРУ ВІД ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК. СУЧАСНА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ

Abstract. The article is devoted to the research of the existing interrelated normative acts and modern scientific researches in the field of determination of pollutant emissions into the atmosphere from power plants, to find out the feasibility of introducing changes and revision of the GKD 34.02.305-2002.

Вступ. Галузевий керівний документ (ГКД) 34.02.305-2002 «Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення» [7] (надалі Методика) встановлює порядок визначення викидів основних забруднювальних речовин та парникових газів, що надходять у атмосферне повітря з димовими газами, які утворюються під час спалювання органічного палива в енергетичних установках. Межі використання методики поширюються на котли та камери згоряння газотурбінних установок, які розміщені на теплових електричних станціях та котельних і працюють на твердому, рідкому та газоподібному паливі. Основні напрями використання: складання державної та галузевої звітності; прогностичні оцінювання обсягів викидів забруднювальних речовин. Оскільки Методика була прийнята ще в 2002 році і з того часу не переглядалася, то актуальним науково практичним завданням є її перегляд.

Відповідно до Закону України «Про стандартизацію» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 31, ст.1058): перегляд – внесення всіх необхідних змін до змісту та оформлення нормативного документа, результатом якого є прийняття нового нормативного документа. Таким чином, метою даної роботи є: проведення дослідження чинних взаємопов'язаних нормативних актів та сучасних наукових досліджень в галузі визначення викидів забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок; виявлення доцільності внесення змін та перегляд ГКД 34.02.305-2002.

При виконанні даної роботи мають бути використані: чинні нормативно-правові акти, проекти нормативно-правових актів в галузі визначення викидів забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок; сучасні вітчизняні та закордонні наукові дослідження в галузі визначення викидів забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок.

Дослідження чинного ГКД 34.02.305-2002 та виявлення взаємопов'язаних нормативно-правових актів. Методика встановлює порядок визначення викидів основних забруднювальних речовин та парникових газів, що надходять у атмосферне повітря з димовими газами, які утворюються під час спалювання органічного палива в енергетичних установках.

Межі використання методики поширюються на котли та камери згоряння газотурбінних установок, які розміщені на теплових електричних станціях та котельних і працюють на твердому, рідкому та газоподібному паливі.

Основні напрями використання керівного документа: складання державної та галузевої звітності; прогностичні оцінювання обсягів викидів забруднювальних речовин.

Дослідження чинної версії методики показало, що загалом вона складена на високому практичному та науковому рівні. Значних претензій чи зауважень до Методики також не було знайдено. Користувачі та експерти в загальному відгукуються про неї позитивно. Її положення були перенесені до відповідних пунктів документу [9] та в цілому відповідають загальноєвропейській методиці [3].

Виявлено ряд взаємопов'язаних з Методикою нормативно-правових актів, серед яких варто відзначити наступні:

- Закон України “Про ринок електричної енергії”. – Затв. пост. Верховної Ради України від 13.04.2017 № 2019-VIII;
- Закон України “Про оцінку впливу на довкілля”. – Затв. пост. Верховної Ради України від 23.05.2017 № 2059-VIII;
- Проект Закону про стратегічну екологічну оцінку, № 6106 від 21.02.2017;
- Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від використання палива на побутові потреби в домогосподарствах. Наказ Держкомстату, 22.04.2011 № 98;
- Типова методика визначення питомих викидів від основних виробництв по галузях промисловості. Основні положення. - Міністерство екології та природних ресурсів України - Затверджено від

25 грудня 2000 р.;

- Галузева методика розрахунку шкідливих викидів, які надходять від теплогенеруючих установок комунальної теплоенергетики України. Наказ Мінбуду України 16.03.2006 N 67;
- Про затвердження Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, які заподіяні державі в результаті наднормативних викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, Мінприроди України; Наказ, Методика від 10.12.2008 № 639;
- Про затвердження Інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря. Мінекоресурсів України; Наказ, Інструкція від 10.05.2002 № 177;
- СО 153-34.02.304. Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций / Стандарт организации, дата введения 2003-07-01 (РФ);
- Галузева методика розрахунку шкідливих викидів, які надходять від теплогенеруючих установок комунальної теплоенергетики України (затверджено Наказом Мінбуду України від 16.03.06. – № 67);
- Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р;
- Національний План дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року;
- Постанова КМУ «Про стимулювання заміщення природного газу під час виробництва теплової енергії для установ та організацій, що фінансуються з державного і місцевих бюджетів» та «Про стимулювання заміщення природного газу у сфері теплопостачання»;
- Розпорядження КМУ «План коротко- та середньострокових заходів щодо скорочення обсягу споживання природного газу на період до 2017 року» ;
- та ряд документів щодо твердого палива:
- ТУ «Паливо гранульоване»;
- Технологічний регламент на виробництво брикетів і гранул паливних з лушпиння соняшнику;
- ТУ «Паливо з відходів деревини, сільськогосподарських культур гранульоване і брикетне»;
- ГОСТ 3243-88. Дрова. Технічні умови;
- ГОСТ 7657-84. Вугілля деревне. Технічні умови;
- ГОСТ 23246-78 Деревина здрібнена. Терміни та визначення;
- ДСТУ 7123:2009 Лушпиння соняшнику. Технічні умови;
- ДСТУ 7124:2009 Лушпиння соняшнику пресоване гранульоване. ТУ;
- Аналіз даних нормативно-правових актів та їх вплив на перегляд

Методики докладно розглянуто далі.

Аналіз нормативно-правових актів в галузі визначення викидів забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Перелік основних нормативно-правових актів в галузі визначення викидів забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок приведено вище. Наведемо деякі найбільш важливі в контексті Методики, що переглядається, результати їх аналізу.

Наприклад, щодо біопалива варто відзначити наступне. Згідно Закону України від 21.05.2009 № 1391-VI «Про внесення змін до деяких законів України щодо сприяння виробництву та використанню біологічних видів палива», в редакції від 01.01.2014, з 1 січня 2014 року діє вимога щодо обов'язкової сертифікації твердого біопалива. Без наявності такого сертифікату, тверде біопаливо не можливо буде використовувати у державних програмах по підтримці біоенергетичних технологій та закуповувати за державні кошти. Сама сертифікація – це процедура підтвердження стабільної якості продукції, до якої залучаються відповідно акредитовані органи сертифікації, аудиту і лабораторії. Вона передбачає постійний контроль якості на виробництві і ретельне виконання правил виготовлення, зберігання і транспортування твердого біопалива.

Проте, в зв'язку з відсутністю затверджених державних стандартів (за виключенням лушпиння соняшнику), сертифікація не здатна гарантувати належну якість твердого біопалива.

В якості стандартів на тверде паливо використовують документи, які наведені вище, але вони регулюють лише первинні види біопалива – дрова, здрібнену деревину, лушпиння соняшнику, деревне вугілля. При цьому, з тих видів біопалива, що розглядаються в цьому дослідженні, достатній рівень стандартизації має тільки лушпиння соняшнику та тріска деревини, інші види регулюються технічними умовами.

Як зазначають в Українському Пелетному Союзі [13], діючі ТУ, на практиці, не виступають нормативними документами. До того ж норми, встановлені у них, значно нижче ніж норми, діючі в ЄС та характеризують здебільшого низькоякісне паливо.

На думку експертів, в Україні необхідне запровадження сертифікації за нормами ENplus, яка відповідає кращим світовим стандартам якості твердого біопалива – EN 14961 та ISO EN 17225. Система сертифікації ENplus базується на ряді європейських стандартів, що стосуються, в першу чергу, покращеного твердого біопалива з деревини. Для сертифікації пелет та брикетів з агросировини єдиний стандарт в ЄС відсутній, тому з метою забезпечення якості агропелет та брикетів, у європейських країнах використовують стандарти, що прийняті в інших країнах ЄС. Наприклад, у Франції діють стандарти AGRO+, AGRO [6].

В якості єдиного стандарту для різних видів твердого біопалива в світовій практиці використовується міжнародний стандарт ISO EN 17225. Він вступив у дію в 2014 році і визначає класи якості палива та специфікації для

твердого біопалива з сировини і оброблених матеріалів, що мають таке походження: лісове господарство та розведення лісів, сільське господарство і садівництво, аквакультура.

Дотримання вимог міжнародних стандартів необхідне як виробникам, оскільки дозволяє експортувати продукцію на експорт, так і споживачам.

Неякісне біопаливо не тільки знижує ефективність спалювання, але і призводить до пошкодження обладнання, зниження терміну його використання, збільшує шкідливі викиди у атмосферне повітря.

В Україні відсутні або застаріли нормативні документи та процедури, які мають гарантувати екологічну безпеку при використанні теплогенеруючого обладнання. В зв'язку з цим, необхідно розробити та ввести у дію технологічні нормативи щодо допустимих викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин, які утворюються при роботі теплогенеруючого обладнання, що використовує біопаливо з метою забезпечення тепlopостачання населених пунктів України [6].

Інші результати аналізу нормативно-правових актів в галузі визначення викидів забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок є або мало важливими або будуть безпосередньо описані далі разом з відповідними змінами в Методики.

Внесення змін до ГКД 34.02.305-2002 з врахуванням чинного законодавства та сучасних наукових досліджень в галузі визначення викидів забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок.

Перш за все, слід відзначити, що втратили чинність Закон України “Про електроенергетику”. – Затв. пост. Верховної Ради України від 16.10.1997 № 575/97-ВР та Закон України “Про внесення змін до Закону України “Про електроенергетику”. – Затв. пост. Верховної Ради України від 22.06.2000 № 1821-III. Тому їх виключено з переліку нормативних посилань Методики.

Натомість, до переліку нормативних посилань Методики додано:

— Закон України “Про ринок електричної енергії”. – Затв. пост. Верховної Ради України від 13.04.2017 № 2019-VIII;

— Закон України “Про оцінку впливу на довкілля”. – Затв. пост. Верховної Ради України від 23.05.2017 № 2059-VIII.

Досліджено ряд наукових публікацій, що пов'язані з Методикою [4, 5, 18]. Наприклад у роботі [4] отримано значення коефіцієнта емісії оксиду азоту розрахунковим методом з урахуванням часу хімічної релаксації NO у продуктах згоряння. Автори зазначають, що значення коефіцієнта емісії NO_x для кожного конкретного випадку може бути отримано після визначення T_{max} з рівняння теплового балансу, а це в свою чергу ускладнює використання такого підходу, проте в п. 5.3. Методики додано абзац «Крім того, можна використати залежність коефіцієнта емісії NO_x від максимальної температури горіння палива» з відповідним посиланням.

В роботі [5] розроблено інженерний метод визначення питомих викидів сухих димових газів на вугільних ТЕС України та очікуваної концентрації

діоксиду сірки. Розроблений метод дає змогу зробити оцінку очікуваного викиду діоксиду сірки в димових газах та обрати необхідну технологію десульфуризації для дотримання вимог екологічного законодавства. Проте результати даної роботи не вимагають їх включення до Методики.

Одним з факторів внесення найбільших змін до Методики стало включення до відповідних пунктів інформації щодо неметанових летких органічних сполук (НМЛОС).

Утворення НМЛОС пов'язане з неповним горінням органічного палива [9]. Об'єкти, які здійснюють викиди НМЛОС більш чим 1,5 тон/рік згідно наказу Мінекоресурсів України взяті на державний облік [14]. Згідно наказів Держкомстату та Мінбуду України [6, 12] об'єми викидів НМЛОС теж необхідно розраховувати для побутових потреб в домогосподарствах та від теплогенеруючих установок комунальної теплоенергетики. Тому, вважаємо додати у Методику, при необхідності розрахунок узагальненого показника емісії НМЛОС.

Тому в п. 3. «Основні положення» додано, що за цією Методикою обліковуються також «неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС)», тоді речення «Валові викиди інших забруднювальних речовин, (наприклад, неметанових летких органічних сполук, стійких органічних забруднювачів та ін.) будуть визначатись окремими нормативними документами.» пропонуємо замінити на «Валові викиди інших забруднювальних речовин, будуть визначатись окремими нормативними документами.»

В п. 5.1. «Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок» для полегшення розрахунків вважаємо за необхідне додати наступне [9, 16, 17]:

«Для малопотужних котлів $\Gamma_{\text{вин}}$ визначається згідно з таблицею Д.1-а (додаток Д) з співвідношення $\mathbf{a_{вин}/(100 - \Gamma_{\text{вин}})}$. Втрати тепла, пов'язані з механічним недопалом палива q_4 , залежать від конструкції топкового пристрою та виду палива, що спалюється. Величина q_4 визначається при налагоджувальних випробуваннях установок або приймається за характеристиками топків, наведеними в таблицях Д.3 та Д.4 збірника [9]». Відповідно додано таблицю Д.1-а (додаток Д).

В п. 5.4 «Важкі метали» також додано посилання на таблицю Д.1-а (додаток Д): «Частка золи $a_{\text{вин}}$, яка виноситься з енергетичної установки у вигляді легкої золи, залежить від технології спалювання палива (див. таблиці Д.1, Д.1-а додатка Д)». В цьому ж пункті додано і наступне [9, 10]: «Крім того, в таблиці Д.9-а (додаток Д) приведені значення f_{36} при ефективності золоуловлювальної установки $0,7 \leq \eta \leq 0,99$ ». Відповідно додано таблицю Д.9-а (додаток Д).

В зв'язку з додаванням в Методику нових даних про деякі види палива (солома, лушпиння соняшника, гречки, відходи деревини, торф, штучні палні гази тощо), в 5.7 «Оксид діазоту N_2O » додано посилання на таблицю Е.3-а (додаток Е), в якій представлено показник емісії оксиду діазоту N_2O для деяких видів палива, г/ГДж [3]: «Значення узагальненого показника емісії N_2O залежно від виду палива, потужності енергетичної установки та

технології спалювання наведено в таблицях Е.3 та Е.3-а (додаток Е)». Відповідно додано таблицю Е.3-а (додаток Е).

Також додано в:

- Додаток Г. Склад і характеристики різних видів органічного палива [19]
- Таблицю Г.5 — Характеристики штучних пальних газів та Таблицю Г.6. Склад деяких видів палива [1, 15].
- Таблицю Е.3а. Показник емісії оксиду діазоту N_2O для деяких видів палива, г/ГДж [3].
- Таблицю Е.5 - Показник емісії НМЛОС, г/ГДж [3].

Розширено:

- Таблицю Д.5. Показник емісії оксидів азоту без урахування первинних заходів, г/ГДж [16].
- Таблицю Е.1. Узагальнені показники емісії оксиду вуглецю K_{CO} для установок різної потужності, г/ГДж (при відсутності механічного недопалу палива) [3, 16].
- Таблицю Е.2. Показник емісії вуглецю для різних видів палива K_C , г/ГДж використовуючи дані (таблиці Г.6) та формулу (21) Методики.
- Таблицю Е.4. Показник емісії метану CH_4 для різних видів палива, г/ГДж [3].
- Таблицю Д.11. Ефективність уловлювання газоподібної фракції важкого металу золоуловлювальною установкою під час спалювання твердого палива [11].

Більш детальний елементний склад сухої маси біопалив показано в роботах [2, 17].

Додано п. 5.9 щодо обчислення узагальненого показника емісії НМЛОС [9]:

«5.9. Неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС).

Утворення неметанових летких органічних сполук пов'язане з неповним горінням органічного палива. За відсутності прямих вимірювань валовий викид НМЛОС визначається за формулою (7). Узагальнений показник емісії НМЛОС для деяких видів органічного палива приведено у таблиці Е.5 (додаток Е).»

В додатку А уточнена формула А.9 для визначення специфічного (конкретного) показника емісії [6, 9] та додана Таблиця А.1 – Значення відношення $v_{дгн}/Q^r_i$ та коефіцієнтів полінома $v_{дгн}/Q^r_i = A + b Q^r_i$

«Специфічний (конкретний) показник емісії може визначатися як на основі характеристик палива, наприклад для твердих частинок та оксиду сірки, так і на основі вимірювань концентрацій забруднюючих речовин, наприклад, оксидів азоту і вуглецю, при проведенні режимних випробувань установок спалювання. Результати режимних випробувань мають бути документально підтверджені відповідними актами та узгоджені місцевим органом Мінприроди України.

Специфічний показник емісії j -ї забруднюючої речовини для конкретного джерела викиду розраховується через вимірювану концентрацію за

формулою [6, 9]:

$$k_j = c'_j v_{\text{дз}} / Q_i^r = c'_j \frac{v_{\text{дз}}}{Q_i^r} f_n (1 - q_4 / 100), \quad (\text{A.9})$$

де k_j – показник емісії j -ї забруднюючої речовини, г/ГДж;

c'_j – виміряна масова концентрація j -ї забруднюючої речовини в сухих димових газах, приведена до нормальних умов та стандартного вмісту кисню, мг/нм³;

f_n – ступінь зміни викиду забруднюючої речовини при зменшенні навантаження теплосилової установки (для оксидів азоту – див. розділ 5.3, для інших забруднюючих речовин f_n , як правило, дорівнює 1);

$v_{\text{дз}}$ – питомий об'єм сухих димових газів при відсутності втрат тепла через його механічний недопал, приведений до стандартного вмісту кисню, нм³/кг;

$v_{\text{дз}}$ – питомий об'єм сухих димових газів, приведений до стандартного вмісту кисню, нм³/кг;

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг;

q_4 – втрати тепла через механічний недопал палива, %.

При одночасному спільному спалюванні двох або більше видів палива виміряна масова концентрація, приведена до нормальних умов та стандартного вмісту кисню, відноситься до основного виду палива.

При невідомому масовому вмісті елементарних складових палива значення відношення $v_{\text{дз}}/Q_i^r$ при 6% та 3% вмісті кисню у сухих димових газах береться з таблиці А.1 Додатка А.»

Змінено назву Додатка Е. Показники емісії СО, вуглецю палива, N₂O, CH₄ і НМЛОС.

Висновки.

Галузевий керівний документ (ГКД) 34.02.305-2002 «Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення» встановлює порядок визначення викидів основних забруднювальних речовин та парникових газів, що надходять у атмосферне повітря з димовими газами, які утворюються під час спалювання органічного палива в енергетичних установках. Дослідження чинної версії Методики показало, що загалом вона складена на високому практичному та науковому рівні. Значних претензій чи зауважень до Методики також не було знайдено. Користувачі та експерти в загальному відгукуються про неї позитивно. Її положення були перенесені до відповідних пунктів документу [9] та в цілому відповідають загальноєвропейській методиці [3]. Досліджено ряд нормативно-правових актів та наукових публікацій взаємопов'язаних з Методикою, і на їх основі внесено відповідні зміни до неї. Одним з факторів внесення найбільших змін до Методики стало включення до відповідних пунктів інформації щодо неметанових летких органічних сполук (НМЛОС) та додавання в Методику нових даних про деякі види палива (солома, лушпиння соняшника, гречки, відходи деревини, торф, штучні пальні гази тощо).

1. «Підготовка та впровадження проектів заміщення природного газу біомасою при виробництві теплової енергії в Україні». Практичний посібник/За ред. Г. Гелетуки. – К.: «Поліграф плюс», 2016. – 74 с.
2. Alakangas E. Properties of wood fuels used in Finland // VTT Espoo, 2005, p. 100.
3. CORINAIR Инвентаризация атмосферных выбросов в Европе; IPPC; Руководство по инвентаризации выбросов ЕМЕП/ЕАОС 2013
4. Бабін М.Є. Емісія оксидів азоту в теплоенергетичних установках / М.Є. Бабін, С.В. Дубовський, В.С. Коберник, В.А. Рейсіг // Проблеми загальної енергетики. – 2008. – № 17. – С.46-49.
5. Вольчин І.А. Розрахунок параметрів димових газів вугільних теплових електростанцій на основі характеристик твердого палива / І.А. Вольчин, Л.С. Гапонич // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2016. – № 1. – С.49-56.
6. Галузева методика розрахунку шкідливих викидів, які надходять від теплогенеруючих установок комунальної теплоенергетики України. Наказ Мінбуду України 16.03.2006 N 67.
7. ГКД 34.02.305 – 2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення.
8. Данчук І. Документування найкращих практик застосування біоенергетичних технологій в муніципальному секторі в Україні, 2015. – 157 с.
9. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Том І. Донецьк: УкрНТЕК, 2004. – 187 с.
10. Какарека С.В., Хомич В.С. и др. Выбросы тяжелых металлов в атмосферу: Опыт оценки удельных показателей – Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси. 1998. – 156 с.
11. Лист Виконавчого органу з Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великі відстані ЕВ.AIR/WG.5/2002/6 від 04 липня 2002 р. "Боротьба з викидами ртуті з котлоагрегатів підприємств, які працюють на вугіллі"
12. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від використання палива на побутові потреби в домогосподарствах. Наказ Держкомстату, 22.04.2011 № 98.
13. Посібник «Економічне обґрунтування доцільності переходу на опалення твердим біопаливом. Гармонізація українських стандартів та стандартів ЄС». Упорядник: «Український Пелетний Союз». [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://saee.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20\(1\).pdf](http://saee.gov.ua/documents/Posibnik_for-web-UUP-2014%20(1).pdf).
14. Про затвердження Інструкції про порядок та критерії взяття на державний облік об'єктів, які справляють або можуть справити шкідливий вплив на здоров'я людей і стан атмосферного повітря, видів та обсягів забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря. Мінекоресурсів України; Наказ, Інструкція від 10.05.2002 № 177.
15. Роддатис К.Ф. Котельные установки. Учеб. пособие для студентов неэнергетических специальностей вузов. – М.: Энергия, 1977. – 432 с.
16. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 184 с.
17. Снежкін Ю.Ф. Композиційні палива на основі торфу і рослинної біомаси / Ю.Ф. Снежкін, Д.М. Корінчук, В.А. Михайлик. – К.: Поліграф-Сервіс, 2012. – 212 с.
18. Теоретичні та прикладні основи економічного, екологічного та технологічного функціонування об'єктів енергетики / [В. О. Артемчук, Т. Р. Білан, І. В. Блінов та ін.; за ред. А. О. Запорожця, Т. Р. Білан]. – Київ, 2017. – 312 с.
19. Энергетическое топливо СССР (ископаемые угли, горючие сланцы, мазут и горючий природный газ): Справочник / В.С. Вдовченко, М.И. Мартынова, Н.В. Новицкий, Г.Д. Юшина. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 184 с.

Поступила 11.09.2017р.