

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання розрахунково-графічної роботи

**«ВИЗНАЧЕННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН
В АТМОСФЕРУ ВІД КОТЕЛЬНИ І АВТОТРАНСПОРТУ»**

з навчальної дисципліни
«ПРИКЛАДНА АЕРОЕКОЛОГІЯ»

*(для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання
спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019**

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Визначення викидів забруднюючих речовин в атмосферу від котельні і автотранспорту» з навчальної дисципліни «Прикладна аероекологія» (для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 37 с.

Укладачі: В. Є. Бекетов, Г. П. Євтухова

Рецензент

доктор технічних наук, професор Ф. В. Стольберг

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 8 від 11.03.2019.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
1 ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	4
2 СКЛАД РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ	5
3 ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ	6
3.1 Визначення викидів забруднювальних речовин від енергетичних установок	6
3.1.1 Розрахунок показника емісії твердих часток	7
3.1.2 Розрахунок показника емісії діюкиду сірки	8
3.1.3 Розрахунок показника емісії оксидів азоту	9
3.1.4 Розрахунок показника емісії оксиду вуглецю	10
3.1.5 Розрахунок показника емісії важких металів при спалюванні вугілля.....	11
3.1.6 Розрахунок показника емісії ванадію і п'ятиокису ванадію при спалюванні мазуту	12
3.2 Визначення викидів забруднювальних речовин від автомобільного транспорту	13
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	16
ДОДАТОК А	17
ДОДАТОК Б.....	22
ДОДАТОК В.....	25
ДОДАТОК Г	26
ДОДАТОК Д	30
ДОДАТОК Е.....	36

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Інтенсивний розвиток підприємств промисловості, транспорту, енергетики призводить до постійно зростаючого антропогенного забруднення навколишнього природного середовища. Стійкі зони з підвищеними концентраціями забруднюючих речовин в атмосфері формуються в районі промислових підприємств, уздовж автомагістралей з інтенсивним рухом транспорту. Для визначення впливу конкретного об'єкта на забруднення атмосферного повітря проводиться інвентаризація викидів забруднювальних речовин від джерел промислових підприємств. З метою виявлення процесів, в ході яких відбувається викид забруднюючих речовин визначаються стаціонарні і нестаціонарні (неорганізовані) джерела викидів в атмосферу, їх кількість і параметри. Інвентаризація стаціонарних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря – це систематизація відомостей про розподіл джерел на території підприємства, кількості і складі викидів забруднюючих речовин.

Метою розрахунково-графічної роботи (далі – РГР) є виявлення якісного складу й освоєння методів розрахунку кількості викидів забруднюючих речовин від об'єктів енергетики та автотранспорту, узагальнення отриманих результатів та побудову плану-схеми проммайданчику підприємства з позначкою джерел викидів.

Під час виконання розрахунково-графічної роботи, крім цих вказівок, рекомендується користуватися матеріалами, наведеними у списку літератури.

1 ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Для виконання розрахунково-графічної роботи необхідні такі дані:

1. Вихідні дані для розрахунку кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферу від котельні (вид палива, паропроодуктивність, витрата палива і т. ін.), автотранспорту наведено у додатках (дод. А і Б – варіанти завдань).

2. Розрахунок викидів виконується за формулами та з використанням допоміжних таблиць, які подані в методичних рекомендаціях.

2 СКЛАД РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Розрахунково-графічна робота складається з двох частин: теоретичної (розрахунково-пояснювальної записки) і графічного матеріалу (формат А4).

До складу розрахунково-пояснювальної записки входить таке:

- вступ;
- опис технологічних процесів;
- визначення якісного складу та розрахунок кількості викидів забруднювальних речовин в атмосферу;
- розрахунок параметрів джерел викидів (вихідні дані у дод. D);
- таблиця «Характеристика джерел утворення і джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу» (дод. С);
- графічний матеріал (план–схема підприємства з позначкою джерел викидів);
- висновки;
- список використаної літератури.

У вступі до розрахунково-графічної роботи необхідно подати опис антропогенного впливу підприємства на стан атмосферного повітря загалом. Також пояснити мету та завдання РГР.

Далі необхідно надати короткий опис кожного технологічного процесу з розкриттям складу та механізму утворення забруднювальних речовин; навести вихідні дані та виконати розрахунок кількості викидів. Розрахунок викидів виконується за формулами, які подані в розділі 3 методичних рекомендацій.

Після проведення розрахунку кількості викидів (т/рік, кг/годину, г/с та мг/м³) необхідно визначити об'ємну витрату газоповітряної суміші на виході з джерела (м³/с) для кожного джерела. Отримані дані за джерелами утворення та викидів забруднюючих речовин, кількості викидів в атмосферу та координати джерел викидів заносяться в таблицю Характеристика джерел утворення та джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферу (дод. В).

Графічний матеріал складається з:

- план-схеми підприємства з позначкою розташування цехів, ділянок і джерел викидів у загальнозаводській системі координат.

На план-схемі необхідно вказати масштаб, нанести джерела викидів, неорганізовані джерела викидів, межі підприємства. Усі джерела викидів мають бути пронумеровані та в умовних позначеннях необхідно надати їх повне найменування.

3 ТЕОРЕТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

3.1 Визначення викидів забруднювальних речовин від енергетичних установок

Визначення *валових викидів* забруднювальних речовин (інвентаризація) може проводитися розрахунковим методом через показники емісії або шляхом постійних вимірювань. Приоритет має визначення валових викидів шляхом постійних вимірювань з використанням приборів безперервного моніторинга вмісту речовини в димових газах.

За відсутності такої можливості валові викиди визначаються на підставі розрахунків. Розрахункові методи визначення викидів забруднювальних речовин базуються на використанні *показника емісії*. *Показник емісії* характеризує масову кількість забруднювальної речовини, яка викидається із енергетичної установки в атмосферу, віднесена до одиниці енергії, яка виділяється під час згоряння палива.

Під час згоряння органічного палива в енергетичних установках розрахунку підлягають викиди в атмосферне повітря таких забруднюючих речовин: *речовини у вигляді суспензованих твердих часток; оксиди сірки; оксиди азоту; окис вуглецю; важкі метали та їхні сполуки*.

Валові викиди забруднювальних речовин, які потрапляють в атмосферу разом з димовими газами, визначаються як сума валових викидів цієї речовини від усіх видів палива, які були використані.

Узагальнений показник емісії забруднювальної речовини є середньою питомою величиною викидів для певної категорії енергетичних установок, певної технології паління палива, певного виду палива з урахуванням заходів зі зниження викидів забруднювальної речовини. Він не враховує особливості хімічного складу палива.

Специфічний показник емісії є питомою величиною викидів, яка визначається для конкретної енергетичної установки з урахуванням індивідуальних характеристик палива, конкретних характеристик процесу паління та заходів зі зменшення викидів забруднюючих речовин.

За наявності обох показників емісії забруднювальної речовини необхідно використовувати *специфічний*.

Валовий викид j -го забруднювальної речовини E_j , т, що потрапляє в атмосферу з димовими газами від енергетичної установки, визначається як сума валових викидів цієї речовини під час спалювання різних видів палива, зокрема під час їх одночасного загального спалювання:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^r)_i, \text{ Т} \quad (2.1)$$

де E_{ji} – валовий викид j -ї забруднювальної речовини під час спалювання i -го палива, Т;

k_{ji} – показник емісії j -ї забруднювальної речовини для i -го палива, г/ГДж;

B_i – витрата i -го палива, Т;

$(Q_i^r)_i$ – нижча робоча теплота згоряння i -го палива, МДж/кг.

3.1.1 Розрахунок показника емісії твердих часток

Показник емісії речовини у вигляді суспензованих твердих часток (далі – твердих часток) визначається як специфічний й розраховується за формулою:

$$k_{me} = \frac{10^6}{Q_i^r} \left(a_{вих} \frac{A^r}{100} + \frac{q_4}{100} \cdot \frac{Q_i^r}{Q_c} \right) (1 - \eta_{zy}) + k_{meS},$$

де k_{me} – показник емісії твердих часток, г/ГДж;

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

A^r – масовий вміст золи в паливі на робочу масу, %;

$a_{вих}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді летучої золи виносу;

Q_c – теплота згоряння вуглецю до CO_2 , яка дорівнює 32,68 МДж/кг;

q_4 – втрати тепла, які пов'язні з механічним недоспалюванням палива %;

η_{zy} – ефективність очищення димових газів від твердих часток;

k_{meS} – показник емісії твердих продуктів взаємодії сорбенту та оксидів сірки й твердих часток сорбенту, г/ГДж.

Нижчу робочу теплоту згоряння палива Q_i^r та масовий вміст золи у паливі A^r визначають за характеристиками палива, яке спалюється (табл. А.1).

Доля золи, яка виходить із котла у вигляді летучої золи виносу $a_{вих}$, залежить від технології спалювання палива і визначається або експериментально, або за паспортними даними установки. При відсутності цих даних $a_{вих}$ приймають з таблиці А.2.

Ефективність очищення димових газів від твердих часток η_{zy} визначається або експериментально, або за паспортними даними установки.

Під час використання сорбенту для з'язування оксидів сірки в топці котла (наприклад, за технологіями спалювання палива у киплячому шарі або за використанням технологій сухого або напівсухого з'язування сірки) утворюються тверді частки сульфату й сульфїту та невикористованого сорбенту.

Показник емісії твердих часток невикористованого в енергетичній установці сорбенту й утворених сульфатів і сульфідів $k_{mвS}$ – г/ГДж розраховують за формулою:

$$k_{mвS} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \frac{S^r}{100} \left[\eta_1 \frac{\mu_{prod}}{\mu_S} + (m - \eta_1) \frac{\mu_{сorb}}{\mu_S} \right] a_{вих} (1 - \eta_{зy}),$$

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

S^r – вміст сірки в паливі на робочую масу, %;

$a_{вих}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді летучої золи;

μ_{prod} – молекулярна маса твердого продукта взаємодії сорбенту й оксидів сірки, кг/кмоль;

$\mu_{сorb}$ – молекулярна маса сорбента, кг/моль;

μ_S – молекулярна маса сірки, яка дорівнює 32, кг/моль;

m – мольне співвідношення активного хімічного елемента сорбенту і сірки (табл. А.3);

η_1 – ефективність з'язування сірки сорбентом у топці або при використанні методів десульфурації димових газів (табл. А.3, А.4);

$\eta_{зy}$ – ефективність очистки газів від твердих часток.

3.1.2 Розрахунок показника емісії діоксиду сірки

Показник емісії діоксиду сірки розраховують за формулою:

$$k_{SO_2} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \frac{2S^r}{100} (1 - \eta_1)(1 - \eta_{11}\beta),$$

де Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг; (табл. А.1);

S^r – вміст сірки в паливі на робочую масу, % (табл. А.1);

η_1 – ефективність з'язування сірки золою або сорбентом (табл. А.3);

η_{11} – ефективність очищення димових газів від оксидів сірки;

β – коефіцієнт роботи сірководяжної установки.

Коефіцієнт роботи сірководяжної установки β визначається як співвідношення часу роботи сірководяжної установки до часу роботи енергетичної установки. Коефіцієнт β визначається під час аналізу даних про роботу очисної та енергетичної установок загалом. За відсутності таких даних значення ефективності сіркоочищення димових газів η_{11} і коефіцієнта роботи сіркоочищення установки β за різними технологіями десульфурації приймаються згідно з таблицею А.4.

До установок десульфурізації димових газів належать і деякі види золоуловлювачів. Для електростатичних фільтрів і циклонів ефективність уловлювання оксидів сірки дорівнює нулю. Для мокрих золоуловлювальних установок – мокрих скрубєрів – величина η_{II} залежить від загальної лужності води на зрошення та від вмісту сірки в паливі S^r . Наведений вміст сірки S^r визначається як співвідношення масового вмісту сірки (на робочу масу палива) до нижчої робочої теплоти згоряння палива ($S^l = S^r/Q^r_i$). Дані про ефективність уловлювання оксидів сірки в мокрих скрубєрах наведені в таблиці А.5.

3.1.3 Розрахунок показника емісії оксидів азоту

При згорянні органічного палива утворюються оксиди азоту NOx (оксид азоту NO і діоксид азоту NO₂), викиди яких визначаються в перерахунку на NO₂.

Показник емісії оксидів азоту k_{NOx} , г/ГДж, з урахуванням заходів зі зменшення викидів розраховується за формулою:

$$k_{NOx} = k_{(NO_x)_0} f_n (1 - \eta_1)(1 - \eta_{II}\beta),$$

де $k_{(NO_x)_0}$ – показник емісії оксидів азоту без урахування заходів по зменшенню викидів, г/ГДж;

f_n – ступінь зменшення викидів під час роботи при низькому навантаженні;

η_1 – ефективність первинних (режимно-технологічних) заходів зі зменшення викидів;

η_{II} – ефективність вторинних заходів (азотоочисної установки);

β – коефіцієнт роботи азотоочисної установки.

Для конкретної енергетичної установки специфічний показник емісії оксидів азоту визначають на підставі результатів випробувань енергетичної установки.

Узагальнений показник емісії оксидів азоту $k_{(NO_x)_0}$ під час спалювання органічного палива за різними технологіями без урахування заходів зі зменшення викидів NO_x, визначається згідно з таблицею А.6.

Під час роботи енергетичної установки при низьких навантаженнях зменшується температура процесу згоряння палива, завдяки чому зменшуються викиди оксидів азоту.

Ступінь зменшення викидів NO_x, f_n при цьому визначається за емпіричною формулою:

$$f_n = (Q_\phi / Q_n)^z,$$

де Q_ϕ – фактична теплова потужність енергетичної установки, МВт;

Q_n – номінальна теплова потужність енергетичної установки, МВт;

Z – емпіричний коефіцієнт, який залежить від виду енергетичної установки, її потужності, типу палива тощо.

Для парових котлів теплова потужність Q_n залежить від паропродуктивності D_o , параметрів пари та інших характеристик котла. Теплову потужність Q_n , МВт на підставі даних про його паропродуктивність D_o розраховують за формулою:

$$Q_n = D_o/w,$$

де D_o – паропродуктивність парового котла, т/год;

w – відношення паропродуктивності до теплової потужності котла, т/(год МВт).

Значення w приймається з таблиці А.7.

Емпіричний коефіцієнт Z визначається за час випробувань енергетичної установки. За їх відсутності значення Z береться з таблиці А.8.

Первинні (режимно-технологічні) заходи спрямовані на зменшення утворення оксидів азоту в топці або камері згоряння енергетичної установки. Перелік та орієнтовні значення ефективності первинних заходів η_1 зменшення викидів оксидів азоту наведені в таблиці А.9.

За неможливості досягти за допомогою первинних заходів необхідного зменшення концентрації оксидів азоту в димових газах використовують очисні установки. Значення ефективності η_{11} і коефіцієнта роботи азотоочисної установки β (відношення часу роботи азотоочисної установки до часу роботи енергетичної установки) визначають під час випробувань, а за їх відсутності – згідно з таблицею А.10.

3.1.4 Розрахунок показника емісії оксиду вуглецю

Утворення оксиду вуглецю СО є результатом неповного згоряння вуглецю органічного палива. Зі зменшенням потужності енергетичної установки концентрація СО в димових газах росте.

Основним методом визначення викидів оксиду вуглецю є вимірювання його концентрації. За відсутності постійних вимірювань концентрації СО його валові викиди розраховують за формулою (2.1) із використанням усереднених показників емісії СО залежно від виду палива, потужності енергетичної установки та технології спалювання. Усреднені показників емісії СО подані в таблиці А.11.

3.1.5 Розрахунок показника емісії важких металів при спалюванні вугілля

Викиди важких металів та їхніх сполук пов'язані з наявністю в мінеральній частині палива сполук важких металів. До важких металів, сполуки яких найбільш небезпечні для навколишнього середовища, належать: арсен (As), кадмій (Cd), хром (Cr), мідь (Cu), ртуть (Hg), нікель (Ni), свинець (Pb), селен (Se), цинк (Zn). Під час спалювання мазуту або важкого дизельного палива до важких металів цієї групи віднесен також ванадій (V) та його сполуки. У частках летучої золи більшість цих елементів зустрічаються у вигляді оксидів і хлоридів. У газоподібних викидах вірогідна наявність ртуті, селена й арсена, які частково випаровуються з палива.

Показник емісії важкого металу $k_{эм}$, г/ГДж при спалюванні сжигании вугілля є специфічним і визначається за формулою:

$$k_{эм} = \frac{c_{в.м.}}{Q_i^r} [a_{вих} f_{зб} (1 - \eta_{зy}) (1 - f_2) + f_2 (1 - \eta_{зyу})],$$

де $c_{в.м.}$ – масовий вміст важкого металу в паливі, мг/кг;

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

$a_{вих}$ – частка золи, яка виходить з котла у виді летучої золи;

$f_{зб}$ – коефіцієнт збагачення важкого металу;

$\eta_{зy}$ – ефективність золоуловлюючої установки;

f_2 – частка важкого металу, яка виходить у газоподібній формі;

$\eta_{зyу}$ – ефективність уловлення газоподібної фракції важкого металу в золоуловлювальній установці.

Масовий вміст важкого металу в паливі $c_{вм}$ визначається шляхом проведення елементного аналізу палива, яке спалюється. За відсутності даних аналізу орієнтовні значення $c_{вм}$ визначають згідно з таблицею А.12.

Частка золи $a_{вих}$, яка виноситься з енергетичної установки у вигляді летучої золи, залежить від технології спалювання палива, наведена в таблиці А.2.

Коефіцієнт збагачення $f_{зб}$ характеризує властивість «збагачення» (збільшення вмісту) важкого металу в частках золи. Вміст важких металів у дрібній фракції золи вище, ніж у крупній. Оскільки в золоуловлювальній установці найефективніше уловлюється крупна фракція, то в атмосферне повітря викидається дрібна фракція, у якій вміст важких металів більше. У разі відсутності да-

них для конкретних видів і марок твердого палива, яке спалюється, у розрахунках використовують табличні коефіцієнти $f_{3б}$, які наведені в таблиці А.13.

Частка важкого металу, яка виходить із вугілля в газоподібному вигляді f_2 залежить від фізико-хімічних властивостей важкого металу. Орієнтовні значення f_2 наведені в таблиці А.14.

Ефективність уловлювання твердих часток золоуловлюваною установкою η_{zy} залежить від типу очищувального обладнання, яке встановлено на енергетичній установці, наприклад, електростатичного фільтра, рукавного фільтра, мокрого скрубера або батарейного циклону.

Ефективність уловлювання газоподібних важких металів η_{zzy} залежить від властивостей важкого металу, типу золоуловлювача та наявності інших заходів очищення димових газів, таких, як сіркоочисні й азотоочисні установки. Ефективність уловлювання газоподібної фракції важких металів в електрофільтрах становить $\eta_{zzy} = 0,35$, для всіх інших золоуловлювачів – $\eta_{zzy} = 0$.

3.1.6 Розрахунок показника емісії ванадію і п'ятиокису ванадію при спалюванні мазуту

При згорянні в енергетичній установці мазуту утворюються сполуки важких металів, які входять у склад мазутної золи. Сполуки ванадію належать до основних складових мазутної золи. Тому кількість викидів ванадію слугує критерієм небезпечного шкідливого впливу мазутної золи на навколишнє середовище.

Показник емісії мазутної золи k_v , г/ГДж, у перерахунку на ванадій є специфічним і розраховується за формулою:

$$k_v = \frac{c_v}{Q_i^r} (1 - \eta_{oc}) (1 - \eta_{zy(v)}) ,$$

де Q_i^r – нижня теплота згоряння палива, МДж/кг;

c_v – масовий вміст ванадію в паливі, мг/кг;

η_{oc} – доля ванадію, яка осідає з твердими частками на поверхнях нагріву котла;

$\eta_{zy(v)}$ – ефективність уловлювання ванадію в золоуловлювачі.

Масовий вміст ванадію в мазуті c_v , мг/кг, визначається за результатами хімічного аналізу мазута або розраховується за формулою:

$$c_v = 2\,222 A^r ,$$

де A^r – масовий вміст золи в мазуті на робочу масу, %.

Частка ванадію η_{oc} , яка осідає з твердими частками на поверхнях нагріву котлів, залежить від конструктивних особливостей котлів: $\eta_{oc} = 0,07$ (для котла з проміжними пароперегрівачами, очищення поверхностей при зупинці котла); $\eta_{oc} = 0,05$ (для котла без проміжних пароперегрівачів, очистка поверхностей при зупинці котла).

Ефективність очистки димових газів від мазутної золи (в перерахунку на ванадій) $\eta_{zy(v)}$ у газомазутних котлах батарейними циклонами, які спеціально використовуються для цього (діапазон ефективності очищення $0,65 \div 0,85$), визначається за емпіричною формулою:

$$\eta_{zy(v)} = 3,1277 \eta_{zy}^2 - 1,4948 \eta_{zy} - 0,1412,$$

де η_{zy} – ступінь очищення димових газів від твердих часток.

Показник емісії п'ятиокису ванадію $k_{V_2O_5}$ розраховують за формулою:

$$k_{V_2O_5} = k_v \frac{\mu_{V_2O_5}}{2\mu_V} = k_v \frac{182}{2 \cdot 51} \approx 1,8k_v,$$

де k_v – показник емісії мазутної золи в перерахунку на ванадій;
 $\mu_{V_2O_5}$ – молекулярна маса п'ятиокису ванадію, 182 кг/моль;
 μ_V – молекулярна маса ванадію, 51 кг/моль.

3.2 Визначення викидів забруднювальних речовин від автомобільного транспорту

В основі методики розрахунку лежить маса використаного палива з урахуванням експлуатаційних факторів і технічного стану автотехніки. Викиди вуглеводнів із картерними газами та у вигляді випаровувань палива враховуються відповідним зростанням викидів вуглеводнів із відпрацьованими газами.

Маса викиду j -ї забруднюючої речовини за період τ рухомим складом автомобільного транспорту, який має в своєму складі n груп автомобілей k -го типу, визначається за формулою:

$$M_j^\tau = \sum_{i=1}^n (g_{j1i} \cdot G_{1i}^\tau + g_{j2i} \cdot G_{2i}^\tau) \cdot K_{Tji} \cdot 10^{-3}, m$$

де g_{j1i} і g_{j2i} – питомі викиди j -ї забруднюючої речовини з одиниці маси палива, яке використано автомобілями k -го типу в умовах руху в містах, населених пунктах та поза ними відповідно;

G_{1i}^{τ} і G_{2i}^{τ} – витрата палива автомобілями k-го типу в умовах руху в містах, населених пунктах та поза ними відповідно за період τ , т;

K_{Tji} – коефіцієнт технічного стану автомобілей. Для діоксиду сірки та сполук свинця $K_{Tji} = 1$.

Значення питомих викидів забруднювальних речовин для сучасних автомобілей приведені в таблиці Б.1.

Значення коефіцієнта K_{Tji} , який враховує вплив технічного стану автомобілей, приведені в таблиці Б.3.

Якщо немає даних по витратах палива автомобілями окремо в містах, населених пунктах та по за ними, то маса викидів j-ї забруднювальної речовини рухомим складом автомобільного транспорту, який має n груп автомобілей k-го типу, за період τ визначається за формулою:

$$M_j^{\tau} = \sum_{i=1}^n g_{jvi} \cdot G_i^{\tau} \cdot K_{Tji} \cdot 10^{-3}, m$$

де g_{jvi} – усереднений питомий викид j-ї забруднювальної речовини з одиниці палива, яке використано автомобілями k-го типу, кг/т;

G_{ti} – витрата палива автомобілями k-го типу, т.

Значення усереднених питомих викидів забруднювальних речовин для сучасних автомобілей приведені в таблиці Б.2.

Значення коефіцієнта K_{Tji} визначаються за таблицею Б.3.

Викиди забруднювальних речовин легковими автомобілями з дизелями розраховуються за питомими викидами для вантажних грузових автомобілей із дизелями.

Викиди забруднювальних речовин легковими автомобілями з ДВЗ, які працюють на стиснутому природному газі (далі СПГ), розраховуються за питомими викидами для вантажних грузових автомобілей із ДВЗ, які працюють (СПГ).

Методика може бути використана для приблизного розрахунку забруднюючих речовин від сільськогосподарської техніки. У такому разі питомі викиди забруднювальних речовин приймаються такими, як для вантажних автомобілей, які працюють на відповідному виді палива (табл. Б.1) під час руху поза містом й населених пунктів.

У разі відсутності даних по витраті палива автомобілями різних типів приблизний розрахунок викидів забруднюючих речовин рухомим складом автомобільного транспорту проводять відповідно до витрат палива конкретного виду за нижченаведеною формулою:

$$M_i = \sum_{j=1}^m g_{jci} \cdot G_i^r \cdot K_{Tji} \cdot 10^{-3}, m$$

де g_{jci} – середній питомий викид j -ї забруднюючої речовини з одиниці використаного i -го палива, кг/т;

G_i^r – витрата i -го палива рухомим складом автопідприємства, т (визначається зі звітності за формою № 4 – МТП або витрата палива в конкретному регіоні);

Середній питомий викид g_{jci} обирається за таблицею Б.4.

Коефіцієнт K_{Tji} визначається за таблицею Б.3.

За формулою (2.3) можна також приблизно визначити викиди забруднювальних речовин сільськогосподарською технікою.

Викиди забруднювальних речовин від ДВЗ автомобілей під час роботи в режимі стаціонарних джерел (внутрішньогаражні роз'їзди, пости техобслуговування, мийки) визначаються в кількості 0,5 % від викидів при використанні заданої кількості палива. В тому числі на гаражні роз'їзди – 70 %, на техобслуговування 30 % від них.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беликов С. Е. Котлы теплових электростанций и защита атмосферы / С. Е. Беликов, В. Р. Котлер. – М. : Аква – Терм, 2008. – 212 с.
2. Викиди забруднюючих речовин в атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – Київ : 2002. – 43 с.
3. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. – Донецьк : Український науковий центр технічної екології ОАО «УкрНТЕК», 2004. – том 1–3.
4. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту. – Київ : – 2000. – 14 с.
5. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту. – Київ : 2000.– 14 с.
6. Методика визначення «Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок». – Затв. Міністерством палива та енергетики України та Міністерством екології та природних ресурсів України. – Київ – 43 с.
7. Экология города / Под ред. Ф. В. Стольберга. – Київ : Либра, 2000. – 464 с.

ДОДАТОК А

Таблиці до розрахунків викидів забруднюючих речовин від енергетичних установок

Таблиця А.1 – Характеристики палив

Марка вугілля	Волоість	Зольність	Вміст сірки	Низша теплота згоряння, МДж/кг
Антрацитовий штиб АШ	8,5	30,0	1,9	16,39
Тощі вугілля ТР	6,0	25,0	2,7	24,07
Донецький газовий ГР	10,0	28,0	3,5	20,47
Донецький довго-полум'яний ДР	13,0	28,0	3,5	18,50
Львівсько-Волинський ГР	10,0	23,0	3,4	21,4
Александрівський бурий Б1Р	56,7	34,2	4,6	5,0
Паливо – мазут				
Мазут малосірчаний	–	0,1	0,5	40,30
Мазут сірчаний	–	0,1	1,9	39,85
Мазут високосірчаний	–	0,1	4,1	38,89

Таблиця А.2 – Частка летучої золи $a_{вих}$ та втрати тепла від механічної неповноти згоряння q_4 при різних технологіях спалювання

Технологія спалювання	$a_{вих}, \%$		$q_4, \%$		
	Вугілля	Мазут	Кам'яне вугілля	Антрацити	Мазут
З твердим (сухим) шлаковидаленням	0,95	1	1,5	1	0
Відкрита топка з рідким шлаковидаленням	0,80	1	0,5	0,5	0
Двохкамерна топка з вертикальним передтопком	0,30	1	0,5	0,2	0
Двохкамерна топка горизонтальна циклонна	0,15	1	1	0,2	0
Топка з циркулюючим киплячим шаром	0,50	–			
Топка з нерухомим шаром	0,15	–			

Таблиця А.3 – Ефективність зв’язування оксидів сірки золою або сорбентом у топці

Технологія спалювання	η_1	Примітка
Факельне спалювання вугілля в котлах з рідким шлаковидаленням	0,05	Зв’язування золою топлива
Факельне спалювання вугілля в котлах с твердим шлаковидаленням	0,1	Те само
Факельне спалювання мазута в котлах	0,02`	Те само
Спалювання у киплячому шарі, сухе (полусухе) зв’язування сірки CaO	0,95	Зв’язування сорбентом у котлі при мольному співвідношенні Ca/S m = 2,5

Таблиця А.4 – Ефективність та коефіцієнт роботи сіркоочисної установки

Технологія десульфурації димових газів	Параметри установки сіркоочищення	
	η_{II}	β
Мокре очищення в скруббері з використанням вапняку або доломіту з отриманням гіпсу	0,95	0,99
Мокре очищення – процес Вельмана–Лорда з використанням солей натрію	0,97	0,99
Мокре очищення – процес Вальтера з використанням аміачної води	0,88	0,99
Сухе очищення – адсорбція активірованим вуглем	0,95	0,99

Таблиця А.5 – Ефективність уловлювання оксидів сірки під час золоуловлювання в мокрому скруббері

Приведений вміст сірки, %/(МДж/кг)	Лужність зрошувальної води, мг-екв/л		
	0	5	10
1	2	3	4
0,01	0,025	0,145	0,300
0,02	0,022	0,085	0,168
0,03	0,019 5	0,052	0,101
0,04	0,018	0,039	0,066
0,05	0,017 5	0,030	0,052
0,06	0,017	0,026	0,043
0,07	0,0165	0,021 5	0,035
0,08	0,016	0,020	0,030
0,09	0,015 5	0,019	0,027 5
0,10	0,0150	0,018	0,023

Продовження таблиці А.5

1	2	3	4
0,11	0,014 5	0,017	0,020 5
0,12	0,013 5	0,016	0,020
0,13	0,013	0,015	0,018 5
0,18	0,012	0,012	0,012

Таблиця А.6 – Показник емісії оксидів азоту без урахування первинних заходів $k_{(NOx)o}$

Технологія спалювання	Тверде паливо	Мазут	Природний газ
Факельне спалювання: Теплова потужність котла ≥ 300 МВт:		200	150
із рідким шлаковидаленням при спалюванні антрациту	420		
із рідким шлаковидаленням при спалюванні кам'яного вугілля	250		
із твердим шлаковидаленням при спалюванні кам'яного вугілля	230		
Факельне спалювання: потужність котла < 300 МВт:		140	
із рідким шлаковидаленням при спалюванні антрациту	250		
із рідким шлаковидаленням при спалюванні кам'яного вугілля	180		
із твердим шлаковидаленням при спалюванні кам'яного вугілля	160		
із горизонтальною циклонною топкою для кам'яного вугілля	480		

Таблиця А.7 – Коефіцієнт w – відношення паропродуктивності котла D_o до його теплової потужності Q

Обладнання	Значення w
Котел із тиском свіжої пари $P_o > 13,8$ МПа (при $D_o \geq 500$ т/год з проміжним перегрівом)	1,35
Котел із тиском пари $9,8$ МПа $\leq P_o \leq 13,8$ МПа (при $D_o < 500$ т/год без проміжного перегріву)	1,45
Котел із тиском пари $1,4$ МПа $< P_o < 9,8$ МПа (при $D_o = 6,5 - 75$ т/год для перегрітої пари) без проміжного перегріву	1,35
Котел із тиском пари $P_o \leq 1,4$ МПа (при $D_o \leq 20$ т/год для насиченої пари) без проміжного перегріву	1,5

Таблиця А.8 – Значення емпіричного коефіцієнта z

Теплова потужність (паропродуктивність) котельної установки	Тверде паливо	Природний газ, мазут
Паровий котел 140 МВт і вище (200 т/рік і вище)	1,15	1,25
Паровий котел від 22 МВт до 140 МВт (віт 30 до 200 т/рік)	1,15	1,25
Водогрійний котел	1,15	1,25

Таблиця А.9 – Ефективність первинних заходів зі зменшення викидів NO_x

Тип первинних заходів	Ефективність заходу, η_1
Малотоксичні пальники	0,20
Ступінчаста подача повітря	0,30
Подача третичного повітря	0,20
Рециркуляція димових газів	0,10
Триступінчаста подача повітря та палива	0,35
Малотоксичні пальники + ступінчаста подача повітря	0,45
Малотоксичні пальники + подача третинного повітря	0,40
Малотоксичні пальники + рециркуляція димових газів	0,30
Ступінчаста подача повітря + подача третинного повітря	0,45
Ступінчаста подача повітря + рециркуляція димових газів	0,40
Малотоксичні пальники + ступенчаста подача повітря + рециркуляція димових газів	0,50
Малотоксичні пальники + ступінчаста подача повітря + подача третинного повітря	0,60

Таблиця А.10 – Ефективність і коефіцієнти робіт установки очистки газів від NO_x

Технологія очистки газів від NO_x	Ефективність η_{11}	Коефіцієнт роботи β
Селективне некаталітичне відновлення (СНКВ)	0,5	0,99
Селективне некаталітичне відновлення (СКВ)	0,8	0,99
Активоване вугілля	0,7	0,99
Процес DESONOX-SNOX	0,95	0,99

Таблиця А.11 – Показники емісії оксиду вуглецю k_{CO}

Технологія спалювання палива	Вид палива		
	Твере паливо	Мазут	Природний газ
Факельне спалювання		15	17
Котел із рідким шлаковидаленням	11,4		
Котел із твердим шлаковидаленням	11,4		
Спалювання в киплячому шарі	9,7		
Спалювання в нерухомому шарі	121		
Спалювання в камері згоряння ГТУ		15	15

Таблиця А.12 – Вміст важких металів в енергетичних вуглях

Марка вугля	Вміст металу c_{em} , мг/кг								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Антрацитовий штиб АШ	20	0	47	29	0,28	26	20	0	40
Тощі вуглі ГР	20	0	47	29	0,2	26	18	0	40
Донецький газовий ГР	20	0	47	29	0,14	26	14	0	40
Донецький довго-полум'яний ДР	20	0	47	29	0,16	26	16	0	40
Львівсько-Волинський ГР	20	0	47	29	0,16	26	16	0	40
Александрівський бурій Б1Р	20	0	47	29	0,16	26	14	0	40

Таблиця А.13 – Коефіцієнт «збагачення» важких металів після золоуловлювання

Метал	$f_{зб}$			
	Ступінь уловлювання			
	$\eta \leq 0,7$	$0,7 < \eta \leq 0,97$	$0,97 < \eta \leq 0,99$	$\eta > 0,99$
Арсен (As)	1,0	$\eta = 3,7 \eta - 1,59$	$\eta = 175 \eta - 167,75$	5,5
Кадмій (Cd)	1,0	$\eta = 7,04 \eta - 3,93$	$\eta = 205 \eta - 195,55$	7,0
Хром (Cr)	1,0	1,0	1,0	1,0
Мідь (Cu)	1,0	$\eta = 0,37 \eta + 0,74$	$\eta = 60 \eta - 57,1$	2,3
Ртуть (Hg)	1,0	1,0	1,0	1,0
Нікель (Ni)	1,0	$\eta = 1,48 \eta - 0,04$	$\eta = 95 \eta - 90,75$	3,3
Свинець (Pb)	1,0	$\eta = 5,56 \eta - 2,89$	$\eta = 175 \eta - 167,25$	6,0
Селен (Se)	1,0	$\eta = 7,78 \eta - 4,44$	$\eta = 220 \eta - 210,3$	7,5
Цинк (Zn)	1,0	$\eta = 7,04 \eta - 3,93$	$\eta = 205 \eta - 195,55$	7,0

Таблиця А.14 – Частка газоподібної фракції важкого металу f_z при спалюванні вугля

Важкі метали	Частка газоподібної фракції f_z
Арсен (As)	0,005
Ртуть (Hg)	0,900
Селен (Se)	0,150

ДОДАТОК Б

Таблиці до розрахунку викидів забруднюючих речовин від автотранспорту

Таблиця Б.1 – Значення питомих викидів забруднюючих речовин автомобілями (кг/т палива)

<i>Під час руху в умовах міста та населених пунктів</i>						
Група автомобілів	g _{1CO}	g _{1CH}	g _{1NOx}	g _{1C}	g _{1SO2}	g _{1Pb}
Грузові автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та зрідженому нафтяному газі (СНГ)	233	56,9	16,37	–	0,6	0,23
Грузові автомобілі з дизелями	41,5	6,93	29,6	3,85	5,0	–
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ	233	56,9	16,37	–	0,6	0,23
Автобуси з дизелями	41,5	6,93	29,6	3,85	5,0	–
Грузові автомобілі та автобуси з ДВЗ, які працюють на стисненому природному газі	92	30,8	23,2	–	–	–
Легкові службові та спеціальні легкові автомобілі, автомобілі індивідуальних власників з ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ	233	33,5	1,37	–	0,6	0,5
<i>Під час руху поза містами та населеними пунктами</i>						
Група автомобілів	g _{2CO}	g _{2CH}	g _{2NOx}	g _{2C}	g _{2SO2}	g _{2Pb}
Грузові автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та зрідженому нафтяному газі (СНГ)	152	34,2	28,5	–	0,6	0,23
Грузові автомобілі з дизелями	29,3	5,3	33,7	3,85	5,0	–
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ	152	34,2	28,5	–	0,6	0,23
Автобуси з дизелями	29,3	5,3	33,7	3,85	5,0	–
Грузові автомобілі та автобуси з ДВЗ, які працюють на стисненому природному газі	82,0	12,12	33	–	–	–
Легкові службові та спеціальні легкові автомобілі, автомобілі індивідуальних власників з ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ	152	20,15	28,5	–	0,6	0,5

Таблиця Б.2 – Значення усереднених питомих викидів забруднювальних речовин автомобілями (кг/т палива)

Група автомобілей	g_{CO}	g_{CH}	g_{NOx}	g_{C}	g_{SO_2}	g_{Pb}
Грузові автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ у міських перевезеннях	225,7	54,8	17,46	–	0,6	0,23
Ті самі автомобілі при інших перевезеннях	169,8	39,2	25,8	–	0,6	0,23
Грузові автомобілі з дизелями у міських перевезеннях	40,4	6,8	30,0	3,85	5,0	–
Ті самі автомобілі при інших перевезеннях	32,0	5,65	32,8	3,85	5,0	–
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ при міських перевезеннях	233	56,9	16,37	–	0,6	0,23
Ті самі автобуси під час роботи на приміських та туристичних маршрутах	210,36	50,5	19,76	–	0,6	0,23
Ті самі автобуси під час міжміських перевезень	169,0	38,97	25,95	–	0,6	0,23
Ті самі автобуси під час перевезень у сільській місцевості	177,92	41,45	24,6	–	0,6	0,23
Автобуси з дизелями у міських перевезеннях	41,5	6,93	29,6	3,85	5,0	–
Ті самі автобуси під час роботи на приміських та туристичних маршрутах	38,08	6,47	30,74	3,85	5,0	–
Ті самі автобуси при міжміських перевезеннях	31,86	5,64	32,84	3,85	5,0	–
Ті самі автобуси при перевезеннях у сільській місцевості	33,2	5,81	32,38	3,85	5,0	–
Грузові автомобілі з ДВЗ, які працюють на стисненому природному газі (СПГ) при міських перевезеннях	91,1	29,13	24,07	–	–	–
Ті самі автомобілі при інших перевезеннях	84,2	16,29	30,8	–	–	–
Автобуси з ДВЗ, які працюють на стисненому природному газі (СПГ) при міських перевезеннях	92	30,8	23,2	–	–	–
Ті самі автобуси при робот на приміських та туристичних маршрутах	89,2	25,6	25,94	–	–	–
Ті самі автобуси при міжміських перевезеннях	84,1	16,1	30,94	–	–	–
Ті самі автобуси при перевезеннях у сільській місцевості	85,2	18,15	29,86	–	–	–
Легкові службові та спеціальні легкові автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ і які знаходяться на обліку в містах	225,7	32,3	17,46	–	0,6	0,5
Ті самі автомобілі, які знаходяться на обліку в сільській місцевості	177,92	24,42	24,62	–	0,6	0,5
Автомобілі індивідуальних власників з ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ, які знаходяться на обліку в містах	202,22	28,43	20,98	–	0,6	0,5
Ті самі автомобілі, які знаходяться на обліку в сільській місцевості	177,92	24,42	22,91	–	0,6	0,5
Примітка: Викиди сполук свинцю для автомобілей, які працюють на зрідженому нафтяному газі (СНГ) не визначаються						

Таблиця Б.3 – Коефіцієнт K_{Tji} , який враховує вплив технічного стану автомобілей на величину викидів забруднювальних речовин

Група автомобілей	$K_{T_{CO}}$	$K_{T_{CH}}$	$K_{T_{NOx}}$	K_{TC}
Грузові автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та зрідженому нафтяному газі (СНГ)	1,7	1,8	0,9	–
Грузові автомобілі з дизелями	1,5	1,4	0,95	1,8
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ	1,7	1,8	0,9	–
Автобуси з дизелями	1,5	1,4	0,95	1,8
Грузові автомобілі й автобуси з ДВЗ, які працюють на стисненому природному газі	1,7	1,8	0,9	–
Легкові службові та спеціальні легкові автомобілі, автомобілі індивідуальних власників із ДВЗ, які працюють на бензині та СНГ	1,5	1,5	0,9	–
Примітка Для діоксиду сірки SO_2 та сполук свинцю Pb коефіцієнт K_T дорівнює 1.				

Таблиця Б.4 – Значення середніх питомих викидів забруднювальних речовин автомобілями (кг/т палива)

Вид палива	g_{CO}	g_{CH}	g_{NOx}	g_C	g_{SO_2}	g_{Pb}
Бензин	196,5	37,0	21,8	–	0,6	0,35
Зріджений нафтяний газ (СНГ)	196,5	37,0	21,89	–	0,3	–
Дизельне паливо	36,0	6,2	31,5	3,85	5,0	–
Стиснений природний газ (СПГ)	87,5	22,4	27,8	–	–	–

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Характеристика джерел утворення та джерел викидів забруднювальних речовин в атмосферу

Виробництво, процес, установка	Номер джерела викиду	Найменування джерела викиду	Параметри джерела викиду		Координати джерела на карті-схемі				Місце відбору проб	Параметри газопилового потоку у місці вимірювання			Код забруднюючої речовини	Найменування забруднюючої речовини	Максимальна масова конц. забруднюючої речовини, мг/м ³	Потужність викиду		
			Висота, м	Діаметр вихідного отвору, м	точкового/-начало лінійного/-діаметр сіметрії		Кінця - лінійного/-ширина та довжина			Витрата, м ³ /с	Швидкість, м/с	Температура, °С				г/с	кг/год	т/рік
					X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂										
			1	2	3	4	5	6		7	8	9				10	11	12

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Варіанти вихідних даних до РГР

Параметри джерала	Варіант 1			Варіант 2			Варіант 3		
Установка, обладнання	Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж	
Номер, назва джерела викиду	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 - труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 - труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело
Макс. витрата палива, тон/год	30	–	–	38	–	–	46	–	–
Фонд робочого часу: днів на рік/годин у зміну (однорічний режим)	–	250/2	250/1	–	250/1,5	250/1	–	250/3	250/1
Висота, м	100	40	–	120	40	–	100	40	–
Діаметр, м	5	1	–	6	1	–	5	1	–
Координати X (X1)	0	-40	-30 (30)	-20	-30	-20 (20)	10	0	-30 (0)
У (У1)	0	-40	-40 (10)	10	-20	-20 (20)	-20	-40	20 (-30)
Швидкість, м/с	5,10	1,5	–	4,48	1,5	–	7,81	1,5	–
Температура, °С	180	30	20	180	30	20	180	30	20
Параметри джерала	Варіант 4			Варіант 5			Варіант 6		
Установка, обладнання	Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж	
Номер, назва джерела викиду	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело
Макс. витрата палива, тон/год	54	–	–	54	–	–	30	–	–
Фонд робочого часу: днів на рік/годин у зміну (однорічний режим)	–	250/3	250/2	–	250/1	250/2	–	250/1	250/2
Висота, м	100	40	–	100	40	–	100	40	–
Діаметр, м	6	1	–	5	1	–	4,5	1	–
Координати X (X1)	-10	-10	-100 (-40)	10	0	0 (-40)	0	-40	-30 (30)
У (У1)	20	10	0 (-30)	20	20	30 (-10)	0	-60	-60 (20)
Швидкість, м/с	6,37	1,5	–	9,17	1,5	–	6,29	1,5	–
Температура, °С	180	30	20	180	30	20	180	30	20

Продовження таблиці Г.1

Параметри джерела	Варіант 7			Варіант 8			Варіант 9		
Установка, обладнання	Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж	
Номер, назва джерела викиду	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело
Макс. витрата палива, тон/год	38	–	–	45	–	–	53	–	–
Фонд робочого часу: днів на рік/годин у зміну (однорічний режим)	–	250/2	250/1	–	250/1,5	250/1	–	250/3	250/1
Висота, м	100	40	–	120	40	–	100	40	–
Діаметр, м	5	1	–	6	1	–	5	1	–
Координати X (X1)	-20	-20	-10 (-10)	0	0	-10 (30)	-20	0	-10 (10)
У (У1)	10	-30	-30 (30)	10	-30	-30 (30)	0	-20	-20 (40)
Швидкість, м/с	6,45	1,5	–	5,31	1,5	–	9,00	1,5	–
Температура, °С	180	30	20	190	30	20	200	30	20
Параметри джерела	Варіант 10			Варіант 11			Варіант 12		
Установка, обладнання	Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж	
Номер, назва джерела викиду	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело
Макс. витрата палива, тон/год	60	–	–	17	–	–	26	–	–
Фонд робочого часу: днів на рік/годин у зміну (однорічний режим)	–	250/3	250/2	–	250/1	250/2	–	250/1	250/2
Висота, м	100	40	–	100	40	–	100	40	–
Діаметр, м	6	1	–	5	1	–	4,5	1	–
Координати X (X1)	10	-20	-10 (10)	-20	0	-10 (10)	-20	20	10 (-10)
У (У1)	-10	-40	-40 (30)	0	-20	-20 (40)	20	-30	-30(30)
Швидкість, м/с	7,08	1,5	–	2,89	1,5	–	5,45	1,5	–
Температура, °С	210	30	20	140	30	20	180	30	20

Продовження таблиці Г.1

Параметри джерела	Варіант 13			Варіант 14			Варіант 15		
Установка, обладнання	Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж	
Номер, назва джерела викиду	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело
Макс. витрата палива, тон/год	30	–	–	9	–	–	13	–	–
Фонд робочого часу: днів на рік/годин у зміну (однорічний режим)	–	250/2	250/1	–	250/1,5	250/1	–	250/3	250/1
Висота, м	100	40	–	60	40	–	65	40	–
Діаметр, м	5	1	–	2	1	–	2,5	1	–
Координати X (X1)	0	70	60 (10)	20	60	40 (40)	40	10	10 (70)
У (У1)	0	20	10 (80)	10	50	10 (90)	20	50	40 (90)
Швидкість, м/с	5,10	1,5	–	9,55	1,5	–	8,83	1,5	–
Температура, оС	180	30	20	100	30	20	140	30	20
Параметри джерела	Варіант 16			Варіант 17			Варіант 18		
Установка, обладнання	Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж	
Номер, назва джерела викиду	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело
Макс. витрата палива, тон/год	16,5	–	–	1,8	–	–	3,7	–	–
Фонд робочого часу: днів на рік/годин у зміну (однорічний режим)	–	250/3	250/2	–	250/1	250/2	–	250/1	250/2
Висота, м	60	40	–	40	40	–	30	40	–
Діаметр, м	2,2	1	–	1,2	1	–	1,2	1	–
Координати X (X1)	-20	40	20 (-80)	-60	-20	-40 (40)	-40	20	-60 (-20)
У (У1)	20	-60	-60 (40)	-40	-80	-60(60)	60	40	-60 (60)
Швидкість, м/с	14,48	1,5	–	5,31	1,5	–	10,91	1,5	–
Температура, оС	100	30	20	80	30	20	90	30	20

Закінчення таблиці Г.1

Параметри джерела	Варіант 19			Варіант 20			Варіант 21		
Установка, обладнання	Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на мазуті	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж	
Номер, назва джерела викиду	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело
Макс. витрата палива, тон/год	3,7	--	–	7,2	–	–	28	–	–
Фонд робочого часу: днів на рік/годин у зміну (однорічний режим)	–	250/2	250/1	–	250/1,5	250/1	–	250/3	250/1
Висота, м	45	40	–	60	40	–	65	40	–
Діаметр, м	1,2	1	–	2	1	–	3,5	1	–
Координати X (X1)	0	-40	-30 (30)	0	-60	-40 (40)	10	0	-30 (0)
У (У1)	0	-40	-40 (10)	60	40	40 (-60)	-20	-40	20 (-30)
Швидкість, м/с	10,91	1,5	–	7,64	1,5	–	9,71	1,5	–
Температура, оС	60	30	20	80	30	20	140	30	20
Параметри джерела	Варіант 22			Варіант 23			Варіант 24		
Установка, обладнання	Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі	Автотранспортне підприємство, гараж	
Номер, назва джерела викиду	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело
Макс. витрата палива, тон/год	39	–	–	45	–	–	53	–	–
Фонд робочого часу: днів на рік/годин у зміну (однорічний режим)	–	250/3	250/2	–	250/1	250/2	–	250/1	250/2
Висота, м	60	40	–	80	40	–	90	40	–
Діаметр, м	4,5	1	–	5	1	–	5,5	1	–
Координати X (X1)	-20	0	-40 (40)	-60	-40	-40 (60)	0	-40	-20 (-60)
У (У1)	20	-80	-80 (60)	-20	20	0 (-60)	0	-60	-60 (60)
Швидкість, м/с	8,18	1,5	–	7,64	1,5	–	7,44	1,5	–
Температура, оС	160	30	20	180	30	20	200	30	20

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 – Варіанти завдань до розрахунку викидів від енергетичної установки

Теплова потужність котла, МВт			ВАРІАНТ 2		ВАРІАНТ 3		ВАРІАНТ 4		ВАРІАНТ 5	
	Номінальна	200	Номінальна	250	Номінальна	300	Номінальна	350	Номінальна	350
	Фактична	180	Фактична	200	Фактична	250	Фактична	290	Фактична	290
Витрата палива, т	100 000		120 000		150 000		200 000		180 000	
Вид палива (марка)	Донецький газовий ГР		Донецький длиннопламенний ДР		Антрацитовий штиб АШ		Антрацитовий штиб АШ		Донецький длиннопламенний ДР	
Технологія згорання	Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням		Факельне спалювання з жидким шлаковидаленням.	
Заходи зі зменшення викидів ЗР										
Первинні заходи зі зменш..NOx	Ступенчата подача повітря		Рециркуляція димових газів		Ступ.подача повітря +рецирк. димових газів		Подача третинного повітря		Ступенч.подача повітря +подача третинного повітря	
Газоочисні установки:	Мокра очистка від SO ₂ в скрубєрі з використанням вапняка		Мокра очистка від SO ₂ – процес Вельмана-Лорда		Мокра очистка від SO ₂ – процес Вальтера		Мокра очистка від SO ₂ в скрубєрі з використанням вапняка		Мокра очистка від SO ₂ – процес Вальтера	
Ефективність очистки газів від твердих часток $\eta_{зy}$	Селект.некаталітичне востановлення NOx		Селект.каталітичне востановлення NOx		Процес DESONOX-SNOX		Процес DESONOX-SNOX		Процес DESONOX-SNOX	
	$\eta_{зy}$	0,95	$\eta_{зy}$	0,96	$\eta_{зy}$	0,96	$\eta_{зy}$	0,96	$\eta_{зy}$	0,97

Продовження таблиці Д.1

Теплова потужність котла, МВт	ВАРІАНТ 6		ВАРІАНТ 7		ВАРІАНТ 8		ВАРІАНТ 9		ВАРІАНТ 10	
	Номінальна	200	Номінальна	250	Номінальна	300	Номінальна	350	Номінальна	400
	Фактична	180	Фактична	200	Фактична	250	Фактична	290	Фактична	360
Витрата палива, т	100 000		150 000		200 000		250 000		300 000	
Вид палива (марка)	Донецкий газовий ГР		Донецкий длиннопламенный ДР		Львовско-вольинский ГР		Антрацитовый штыб АШ		Тощі вугли ГР	
Технологія згорання	Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням		Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням	
Заходи зі зменшення викидів ЗР:										
Первинні заходи зі зменш..NOx	Ступенчата подача воздуха		Рециркуляція димових газів		Ступ.подача повітря + рецирк. димових газів		Подача третичного воздуха		Ступенч.подача повітря + подача третинного повітря	
Газоочисні установки:	Мокра очистка від SO ₂ в скрубери з використанням вапняка		Мокрая очистка від SO ₂ – процес Вельмана-Лорда		Мокра очистка від SO ₂ – процес Вальтера		Мокра очистка від SO ₂ в скрубери з використанням вапняка		Мокра очистка від SO ₂ – процес Вальтера	
Ефективність очистки газів від твердих часток η_{zy}	Селект.некаталітичне восстановление NOx		Селект.каталітичне восстановление NOx		Процес DESONOX-SNOX		Процес DESONOX-SNOX		Селект.каталітичне восстановление NOx	
	η_{zy}	0,95	η_{zy}	0,96	η_{zy}	0,96	η_{zy}	0,96	η_{zy}	0,97

Продовження таблиці Д.1

	ВАРІАНТ 11		ВАРІАНТ 12		ВАРІАНТ 13		ВАРІАНТ 14		ВАРІАНТ 15	
	Номінальна	200	Номінальна	300	Номінальна	350	Номінальна	100	Номінальна	150
	Фактична	180	Фактична	260	Фактична	290	Фактична	80	Фактична	120
Теплова потужність котла, МВт	Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхней при зупинці котла		Котел без проміжних пароперегрівачів, очистка поверхней при зупинці котла		Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхней при зупинці котла		Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхней при зупинці котла		Котел без проміжних пароперегрівачів, очистка поверхней при зупинці котла	
Витрата палива, т	100 000		150 000		200 000		50 000		70 000	
Вид палива (марка)	Мазут малосірчастий		Мазут сірчастий		Мазут високосірчастий		Мазут малосірчастий		Мазут сірчастий	
Технологія згорання	Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням		Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням	
Заходи зі зменшення викидів ЗР										
Первинні заходи зі зменш. NOx	3х-ступенчата подача повітря й палива		3х-ступенч.подача повітря + третинне повітря		Малотоксичні палинки + подача третинного повітря		Ступенчата подача повітря		Ступенч.подача повітря + рециркуляція димових газів	
Газоочисні установки:	Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні	Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5	Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні	Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5	Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні	Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5	Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні	Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5	Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні	Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5
Ефективність очистки газів від твердих часток η_{zy}	0,800		0,750		0,850		0,700		0,750	
	Селективне некаталітичне відновлення NOx		Процес DESONOX-SNOX		Селект.каталітичне відновлення NOx		Селективне некаталітичне відновлення NOx		Процес DESONOX-SNOX	

Продовження таблиці Д.1

Теплова потужність котла,, МВт	ВАРІАНТ 16		ВАРІАНТ 17		ВАРІАНТ 18		ВАРІАНТ 19		ВАРІАНТ 20	
	Номінальна	200	Номінальна	20	Номінальна	40	Номінальна	60	Номінальна	80
	Фактична	170	Фактична	18	Фактична	35	Фактична	55	Фактична	71
	Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхней при зупинці котла		Котел без проміжних пароперегрівачів, очистка поверхней при зупинці котла		Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхней при зупинці котла		Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхней при зупинці котла		Котел без проміжних пароперегрівачів, очистка поверхней при зупинці котла	
Витрата палива, т	90 000		800		1 000		1 300		1 500	
Вид палива (марка)	Мазут високосірчастий		Мазут сірчастий		Мазут високосірчастий		Мазут малосірчастий		Мазут сірчастий	
Технологія згоряння	Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням.		Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням	
Заходи зі зменшення викидів ЗР										
Первинні заходи зі зменшення.NOx	Малотоксичні палинки + ступенчата подача повітря		3х-ступенч.подача повітря + третинне повітря		Малотоксичні палинки + подача третинного повітря		Ступенчата подача повітря		Ступенч.подача повітря + рециркуляція димових газів	
Газоочисні установки	Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні	Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5	Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні		Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5	Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні	Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5		Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні	Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5
Ефективність очистки газів від твердих часток $\eta_{\text{тв}}$	0,800		0,790		0,810		0,790		0,800	
	Селект.каталітичне встановлення NOx		Процес DESONOX-SNOX		Селект.каталітичне встановлення NOx		Селективное некаталітичне встановлення NOx		Процес DESONOX-SNOX	

Продовження таблиці Д.1

Теплова потужність котла, МВт	ВАРІАНТ 21		ВАРІАНТ 22		ВАРІАНТ 23		ВАРІАНТ 24		ВАРІАНТ 25	
	Номінальна	200	Номінальна	250	Номінальна	300	Номінальна	350	Номінальна	350
	Фактична	180	Фактична	200	Фактична	250	Фактична	290	Фактична	290
Витрата палива, т	100 000		120 000		150 000		200 000		180 000	
Вид палива (марка)	Донецький газовий ГР		Тощі вуглі ГР		Антрацитовий штиб АШ		Тощі вуглі ГР		Донецький газовий ГР	
Технологія згоряння	Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням	
Заходи зі зменшення викидів ЗР:										
Первинні заходи зі зменш. NOx	Ступенчата подача повітря		Рециркуляція димових газів		Ступ.подача повітря +рецирк. димових газів		Подача третинного повітря		Ступенч.подача повітря +подача третинного повітря	
Газоочисні установки	Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 10 мг-екв/л		Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 10 мг-екв/л		Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 10 мг-екв/л		Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 10 мг-екв/л		Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 10 мг-екв/л	
Ефективність очистки газів від твердих часток	Селект.некаталітичне встановлення NOx		Селект.каталітичне встановлення NOx		Процес DESONOX-SNOX		Адсорбція на активованому вугіллі		Процес DESONOX-SNOX	
	η_{zy}	0,95	η_{zy}	0,97	η_{zy}	0,98	η_{zy}	0,96	η_{zy}	0,97

Закінчення таблиці Д.1

Теплова потужність котла , МВт	ВАРІАНТ 26		ВАРІАНТ 27		ВАРІАНТ 28		ВАРІАНТ 29		ВАРІАНТ 30	
	Номінальна	200	Номінальна	250	Номінальна	300	Номінальна	320	Номінальна	390
	Фактична	180	Фактична	200	Фактична	250	Фактична	290	Фактична	360
Витрата палива, т	100 000		150 000		200 000		100 000		120 000	
Вид палива (марка)	Тощі вуглі TP		Антрацитовий штиб АШ		Тощі вуглі TP		Антрацитовий штиб АШ		Тощі вуглі TP	
Технологія згоряння	Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням		Факельне спалювання з рідким шлаковидаленням		Факельне спалювання з твердим (сухим) шлаковидаленням	
Заходи зі зменшення викидів ЗР:										
Первинні заходи зменш..NOx	Ступенчата подача повітря		Рециркуляція димових газів		Ступ.подача повітря + рецирк. димових газів		Подача третинного повітря		Ступенч.подача повітря + подача третинного повітря	
Газоочисні установки:	Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 5 мг-екв/л		Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 5 мг-екв/л		Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 0 мг-екв/л		Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 0 мг-екв/л		Золоуловлювання у мокрому скрубєрі, лужність води 10 мг-екв/л	
Ефективність очистки газів від твердих часток	Селект.некаталітичне восстановлення NOx		Адсорбція на активованому вугіллі		Процес DESONOX-SNOX		Селект.некаталітичне восстановлення NOx		Селект.каталітичне восстановлення NOx	
	η_{zy}	0,95	η_{zy}	0,96	η_{zy}	0,96	η_{zy}	0,96	η_{zy}	0,97

ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1 – Варіанти завдань на розрахунок викидів від автотранспорту

Номер варіанта	Група автотранспорту	Витрата палива, т зокрема:		Номер варіанта	Група автотранспорту	Витрата палива, т зокрема:	
		у місті	поза містом			у місті	поза містом
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Грузові авто з ДВЗ на бензині і СНГ	30		16	Грузові авто з ДВЗ на бензині та СНГ	35	
		15	15			20	15
2	Грузові автомобілі з дизелями	40		17	Грузові автомобілі з дизелями	45	
		20	20			30	15
3	Автобуси с ДВЗ на бензині та СНГ	50		18	Автобуси з ДВЗ на бензині та СНГ	55	
		30	20			25	30
4	Автобуси з дизелями	60		19	Автобуси з дизелями	65	
		40	20			25	40
5	Грузові авто й автобуси з ДВС на СПГ	70		20	Грузові авто й автобуси з ДВЗ на СПГ	75	
		40	30			30	45
6	Грузові авто з ДВЗ на бензині та СНГ	30		21	Грузові авто з ДВЗ на бензині та СНГ	80	
		міські перевезення				міські перевезення	
7	Грузові автомобілі з дизелями	40		22	Грузові автомобілі з дизелями	90	
		міські перевезення				міські перевезення	
8	Автобуси з ДВЗ на бензині та СНГ	50		23	Автобуси з ДВЗ на бензині та СНГ	100	
		міські перевезення				міські перевезення	
9	Автобуси з дизелями	60		24	Автобуси з дизелями	110	
		міські перевезення				міські перевезення	
10	Автобуси з ДВЗ на стисненому природному газі	70		25	Автобуси з ДВЗ на стисненому природному газі	120	
		міські перевезення				міські перевезення	
11	Автотранспорт із ДВЗ на бензині	30		26	Автотранспорт з ДВЗ на бензині	80	

Продовження таблиці Е.1

1	2	3	4	5	6	7	8
12	Автотранспорт із ДВЗ на СНГ	40		27	Автотранспорт із ДВЗ на СНГ	90	
13	Автотранспорт із ДВЗ на дизелі	50		28	Автотранспорт із ДВЗ на дизелі	100	
14	Автотранспорт із ДВЗ на СПГ	60		29	Автотранспорт із ДВЗ на СПГ	110	
15	Автотранспорт із ДВЗ на СПГ	70		30	Автотранспорт із ДВЗ на СПГ	120	

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання розрахунково-графічної роботи

**«ВИЗНАЧЕННЯ ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН
В АТМОСФЕРУ ВІД КОТЕЛЬНІ І АВТОТРАНСПОРТУ»**

з навчальної дисципліни

«ПРИКЛАДНА АЕРОЕКОЛОГІЯ»

*(для студентів 3 курсу денної та заочної форм навчання
спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Укладачі: **БЕКЕТОВ** Володимир Єгорович,
ЄВТУХОВА Галина Петрівна

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*
За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *В. Є. Бекетов*

План 2019, поз. 102 М

Підп. до друку 18.04.2019. Формат 60 × 84/16
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,2
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса : rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи :
ДК № 5328 від 11.04.2017.