

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання курсової роботи

«ДЖЕРЕЛА ТА ПРОЦЕСИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 101 – Екологія)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024**

Методичні рекомендації до виконання курсової роботи «Джерела та процеси забруднення атмосфери» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 101 – Екологія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. Є. Бекетов, О. С. Ломакіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 42 с.

Укладачі: канд. техн. наук В. Є. Бекетов,
ст. викл. О. С. Ломакіна

Рецензент

Ю. Л. Коваленко, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 2 від 2 вересня 2024 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Мета, завдання та структура курсової роботи	5
2 Рекомендації до виконання розділу «Забруднення атмосфери стаціонарними джерелами і розрахунок викидів забруднювальних речовин»	6
2.1 Структура розділу.....	6
2.2 Рекомендації до виконання розрахунків за розділом.....	6
2.2.1 Розрахунок валового викиду забруднювальної речовини.....	6
2.2.2 Розрахунок показника емісії твердих часток.....	8
2.2.3 Розрахунок показника емісії діюкиду сірки	10
2.2.4 Розрахунок показника емісії оксидів азоту	11
2.2.5 Розрахунок показника емісії оксиду вуглецю	12
2.2.6 Розрахунок показника емісії важких металів	13
3 Рекомендації до виконання розділу «Забруднення атмосфери автотранспортом і розрахунок викидів забруднювальних речовин»	17
3.1 Структура розділу.....	17
3.2 Рекомендації до виконання розрахунків за розділом.....	17
4 Рекомендації до виконання розділу «Побудова карти-схеми проммайданчика»	20
4.1 Структура розділу.....	20
4.2 Рекомендації до виконання розрахунків та оформлення розділу.....	20
Список рекомендованих джерел.....	22
ДОДАТКИ.....	23

ВСТУП

Внаслідок інтенсивного розвитку підприємств промисловості, транспорту та енергетики антропогенне забруднення навколишнього природного середовища постійно збільшується. Стійкі зони з підвищеними концентраціями забруднювальних 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. Цей матеріал слугує вихідними даними для розрахунку розсіювання речовин, що забруднюють атмосферу, визначення поля концентрацій та встановлення нормативів викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Під час проведення інвентаризації обстеженню підлягають усі джерела утворення забруднювальних речовин, незалежно від оснащення їх пилогазоочисними установками.

Під час виконання курсової роботи здобувачі повинні:

- закріпити знання з визначення якісного складу викидів від об'єктів енергетики та транспорту;
- засвоїти методи розрахунків кількості викидів забруднювальних речовин від них;
- опанувати навички узагальнення отриманих результатів та побудови план-схеми проммайданчику підприємства з позначкою джерел викидів.

1 МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ

Мета курсової роботи – формування знань з виявлення якісного складу й освоєння методів розрахунку кількості викидів забруднювальних речовин від об'єктів енергетики, автотранспорту та розрахунку параметрів джерел викидів.

Завдання курсової роботи:

а) визначити якісний склад та розрахувати кількість викидів забруднювальних речовин від об'єктів енергетики (на прикладі котельні);

б) визначити якісний склад та розрахувати кількість викидів забруднювальних речовин від автотранспорту;

в) визначити параметри, що характеризують джерела утворення та джерела викидів забруднювальних речовин.

Структура курсової роботи:

а) вступ (обґрунтування актуальності, мета та завдання курсової роботи);

б) розділи курсової роботи (теоретична та розрахункова частина);

в) графічний матеріал:

1) таблиця «Характеристика джерел утворення та джерел викидів забруднювальних речовин в атмосферу» (зразок оформлення таблиці наведений у додатку С);

2) план–схема підприємства з позначкою джерел викидів у загальнозаводській системі координат.

г) висновок;

д) список використаних джерел.

При оформленні теоретичної частини обов'язково потрібно наводити в тексті бібліографічні посилання на використані джерела інформації (наприклад [1]) та вносити їх до списку використаних джерел. В якості джерел можуть використовуватись підручники, навчальні посібники, наукові статті, матеріали конференцій, тощо. При використанні інтернет-джерел обов'язково подається посилання на ресурс. Слід пам'ятати про необхідність дотримання вимог академічної доброчесності.

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ СТАЦІОНАРНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ І РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН»

2.1 Структура розділу

Розділ має містити таке:

- а) теоретична частина, яка містить опис впливу об'єктів енергетики на довкілля: опис процесів, що призводять до утворення викидів забруднювальних речовин на об'єктах енергетики з розкриттям складу та механізму утворення забруднювальних речовин (які речовини викидаються від об'єктів енергетики, що є причиною їх утворення, від чого залежить їх кількість);
- б) вихідні данні до розділу (варіанти вихідних даних наведено у додатку Д);
- в) розрахунок викидів забруднюючих речовин від об'єкту енергетики (на прикладі котельні).

2.2 Рекомендації до виконання розрахунків за розділом

Для кожної забруднювальної речовини розраховується показник емісії k_{ji} та валовий викид E_j .

2.2.1 Розрахунок валового викиду забруднювальної речовини

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 моніторингу 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 забруднювальних 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 -ї 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, за формулою:

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

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 – нижча робоча теплота згоряння i -го палива, МДж/кг (визначається в залежності від виду палива за дод. А, табл. А1).

2.2.2 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 леткої 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 (дод. А, 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 $a_{\text{вих}}$ приймають таблиці А.2 додатку А.

Ефективність очищення димових газів від твердих часток $\eta_{\text{зр}}$ визначається або експериментально, або за паспортними даними установки. В даній курсовій роботі він наданий у вихідних даних до розрахунку.

Під час використання сорбенту для з'язування оксидів сірки в топці котла (наприклад, при використанні технології спалювання палива у киплячому шарі або при використанні технології 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 сульфїтів $k_{\text{мвS}}$ у г/ГДж розраховують за формулою:

$$k_{\text{мвS}} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \frac{S^r}{100} \left[\eta_1 \frac{\mu_{\text{прод}}}{\mu_S} + (m - \eta_1) \frac{\mu_{\text{сорб}}}{\mu_S} \right] a_{\text{вих}} (1 - \eta_{\text{зр}}),$$

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

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

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

$\mu_{\text{прод}}$ – молекулярна маса твердого продукта взаємодії сорбенту й оксидів сірки, кг/кмоль;

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

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

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

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

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

2.2.3 Розрахунок показника емісії діоксиду сірки

Показник емісії діоксиду сірки визначається як специфічний й розраховується за формулою:

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

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

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

η_I – ефективність зв'язування сірки золою або сорбентом;

η_{II} – 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_{II} і коефіцієнта роботи сірководяжної установки β за різними технологіями десульфурізації приймаються згідно з додатком А, 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 ($S^l = S^r/Q_i^r$). Дані про ефективність уловлювання оксидів сірки в мокрих скрубєрах наведені в додатку А, таблиці А.5.

2.2.4 Розрахунок показника емісії оксидів азоту

При згорянні органічного палива утворюються оксиди азоту NO_x (оксид азоту NO і діоксид азоту NO_2), викиди яких визначаються в перерахунку на NO_2 .

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

$$k_{\text{NO}_x} = k_{(\text{NO}_x)_0} f_n (1 - \eta_1) (1 - \eta_{II} \beta),$$

де $k_{(\text{NO}_x)_0}$ – 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 $k_{(\text{NO}_x)_0}$ під час спалювання органічного палива за різними технологіями без урахування заходів зі зменшення викидів NO_x , визначається згідно з додатком А, таблицею А.6.

Під час роботи енергетичної установки при низьких навантаженнях зменшується температура процесу згорання 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 згідно з додатком А, таблиця А.7.

Емпіричний коефіцієнт Z визначається за час випробувань енергетичної установки. За їх відсутності значення Z приймається згідно з додатком А., таблицею 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 додатку А, таблицею А.9.

За неможливості досягти за допомогою первинних заходів необхідного зменшення концентрації оксидів азоту в димових газах використовують очисні установки. Значення ефективності вторинних заходів η_{II} 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 додатком А, таблицею А.10.

2.2.5 Розрахунок показника емісії оксиду вуглецю

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

Основним методом визначення викидів оксиду вуглецю є вимірювання його концентрації. За відсутності постійних вимірювань концентрації CO його

валові викиди розраховують із використанням усереднених показників емісії CO залежно від виду палива, потужності енергетичної установки та технології спалювання. Усереднені показники емісії CO наведені в додатку А, таблиці А.11.

2.2.6 Розрахунок показника емісії важких металів

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 віднесено 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.

Емісія важких металів при спалюванні вугілля

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Коефіцієнт збагачення $f_{\text{зо}}$ 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 даних для конкретних видів і марок твердого палива, яке спалюється, у розрахунках використовують табличні коефіцієнти $f_{\text{зо}}$, які наведені в додатку А, 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 додатку А, таблиці А.14.

Ефективність уловлювання твердих часток золоуловлюваною установкою $\eta_{\text{зу}}$ залежить від типу очисного обладнання, яке встановлено на енергетичній установці, наприклад, електростатичного або рукавного фільтра, мокрого скрубера або батарейного циклону.

Ефективність уловлювання газоподібних важких металів $\eta_{\text{ззу}}$ 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 $\eta_{zy} = 0,35$, для всіх інших типів золоуловлювачів $\eta_{zy} = 0$.

Емісія важких металів при спалюванні мазуту

При згорянні в енергетичній установці мазуту, утворюються сполуки важких металів, які входять до складу мазутної золи. Сполуки ванадія 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 ванадія, яка осідає з твердими частками на поверхнях нагріву котла;

$\eta_{zy(v)}$ – ефективність уловлювання ванадія 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:

а) для котла з проміжними пароперегрівачами, очищення поверхностей при зупинці котла $\eta_{oc} = 0,07$;

б) для котла без проміжних пароперегрівачів, очистка поверхностей при зупинці котла $\eta_{oc} = 0,05$.

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, $\mu_{V_2O_5} = 182$ кг/моль;

μ_V – молекулярна маса ванадію; $\mu_V = 51$ кг/моль.

3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ АВТОТРАНСПОРТОМ І РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН»

3.1 Структура розділу

Розділ має містити таке:

а) теоретична частина, яка містить: опис впливу автотранспорту на довкілля; перелік основних забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферне повітря від автотранспорту та основні причини їх утворення; чинники, що впливають на обсяги викидів від автотранспорту;

б) вихідні дані до розрахунку (варіанти вихідних даних наведено у додатку Ж);

в) розрахунок викидів забруднюючих речовин від автомобільного транспорту.

3.2 Рекомендації до виконання розрахунків за розділом

В основі методики розрахунку викидів забруднювальних речовин від автотранспорту 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 (τ):

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

де g_{ji} 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}^r і G_{2i}^r – 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 додатку Б, таблиці Б.1.

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

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

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

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

G_i^r – витрата палива автомобілями k -го типу, т.

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

Значення коефіцієнта K_{Tji} визначаються за додатком Б, 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 на СПГ.

Методика може бути використана для приблизного розрахунку забруднювальних речовин від сільськогосподарської техніки. У такому разі питомі викиди забруднювальних речовин приймаються такими, як для вантажних автомобілей, які працюють на відповідному виді палива (дод.Б, 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 формулою (т):

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

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.

Середній питомий викид g_{jci} визначається за додатком Б, таблицею Б.4.

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

За вищенаведеною формулою 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.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛУ «ПОБУДОВА КАРТИ-СХЕМИ ПРОММАЙДАНЧИКА»

4.1 Структура розділу

Розділ має містити таке:

- а) вихідні дані до розділу (наведені у додатку Г);
- б) розрахунок параметрів джерел викидів;
- в) розрахунок потужностей викидів забруднювальних речовин;
- г) таблиця «Характеристика джерел утворення та джерел викиду забруднювальних речовин». Шаблон таблиці наведений у Додатку В;
- д) карта-схема проммайданчика

4.2 Рекомендації до виконання розрахунків та оформлення розділу

У розділі потрібно виконати такі розрахунки:

- а) витрата газопилового потоку для точкових стаціонарних джерел викидів (окремо для котельні та станції техобслуговування (далі СТО) за формулою (м³/с):

$$Q = v \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4},$$

де v – швидкість газопилового потоку, м/с;

d – діаметр вихідного отвору, м.

- б) потужність викидів від котельні для кожної забруднювальної речовини у кг/год виконується за формулою:

$$E_{ii} = 10^{-3} \cdot k_i \cdot Q_i^r \cdot \beta,$$

де k_i – показник емісії i -ї забруднюючої речовини, г/ГДж;

β – максимальна витрата палива, т; (дод.Г).

в) потужність викидів від котельні для кожної забруднювальної речовини у г/с розраховується за формулою:

$$E_{2i} = \frac{E_{1i}}{3600} \cdot 10^{-3}.$$

г) потужність викидів від СТО та стоянки автотранспорту для кожної забруднювальної речовини у кг/год виконується за формулою:

$$M_{1i} = \frac{M_i}{\Phi PC} \cdot 10^3,$$

де M_i – маса викидів j -ї забруднювальної речовини рухомим складом автомобільного транспорту, визначена у другому розділі курсової роботи, т/рік;
 ΦPC – фонд робочого часу.

д) потужність викидів від СТО та стоянки автотранспорту для кожної забруднювальної речовини у г/с виконується за формулою:

$$M_{2i} = 0,278 \cdot M_{1i}.$$

ж) максимальна масова концентрація забруднювальної речовини у викидах від котельні розраховується за формулою (мг/м³):

$$C_{max} = \frac{E_{2i}}{Q} \cdot 10^3.$$

з) максимальна масова концентрація забруднювальної речовини у викидах від СТО розраховується за формулою, (мг/м³):

$$C_{max} = \frac{M_{2i}}{Q} \cdot 10^3.$$

Графічний матеріал до розділу містить таке:

а) таблиця «Характеристика джерел утворення та джерел викиду забруднювальних речовин», шаблон якої наведений у додатку В. Таблиця заповнюється на основі вихідних даних, наведених у додатку Г, та всіх розрахунків, які попередньо були виконані у курсовій роботі;

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

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т.1. — Донецьк : Укр. наук. центр технічної екології, 2004 . — 184 с.
2. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т.2. — Донецьк : Укр. наук. центр технічної екології, 2004 . — 220 с.
3. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. Т.3.. — Донецьк : Укр. наук. центр технічної екології, 2004 . — 121 с.
4. Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення: ГКД 34.02.305–2002 : затв. М-вом палива та енергетики України, М-вом екології та природних ресурсів України : чинний від 01.07.2022. – Київ : М-во палива та енергетики України, 2002. – 43 с.

ДОДАТОК А

Довідкові таблиці до розрахунків викидів забруднюючих речовин від енергетичних установок

Таблиця А.1 – Характеристики палив

Вид палива	Вологість	Зольність	Вміст сірки	Нижчаа температура згоряння, МДж/кг
Антрацитовий штиб АШ	8,5	30,0	1,9	16,39
Тоще 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 бурій БІР	56,7	34,2	4,6	5,0
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 леткої 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 палива
Факельне спалювання вугілля в котлах с твердим шлаковидаленням	0,1	То само
Факельне спалювання мазута в котлах	0,02`	То само
Спалювання у киплячому шарі, сухе (полусухе) зв'язування сірки СаО	0,95	Зв'язування сорбентом у котлі при мольному співвідношенні Са/S m = 2,5

Таблиця А.4 – Ефективність та коефіцієнт роботи сіркоочисної установки

Технологія десульфурації димових газів	Параметри установки сіркоочищення	
	η_{11}	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 активованим вугіллям	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
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
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: теплова 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 $9,8 \text{ МПа} \leq P_o \leq 13,8 \text{ МПа}$ (при $D_o < 500$ т/год без проміжного перегріву)	1,45
Котел із тиском пари $1,4 \text{ МПа} < P_o < 9,8 \text{ МПа}$ (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
Ступеневе подавання повітря	0,30
Подавання третинного повітря	0,20
Рециркуляція димових газів	0,10
Триступеневе подавання повітря та палива	0,35
Малотоксичні пальники + ступеневе подавання повітря	0,45
Малотоксичні пальники + подавання третинного повітря	0,40
Малотоксичні пальники + рециркуляція димових газів	0,30
Ступеневе подавання повітря + подавання третинного повітря	0,45
Ступеневе подавання повітря + рециркуляція димових газів	0,40
Малотоксичні пальники + ступеневе подавання повітря + рециркуляція димових газів	0,50
Малотоксичні пальники + ступеневе подавання повітря + подавання 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 каталітичне 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		
	Тверде 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 енергетичному вугіллі

Марка вугля	Вміст металу $c_{вм}$, 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 ТР	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 бурий 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	$= 3,7 \eta - 1,59$	$= 175 \eta - 167,75$	5,5
Кадмій (Cd)	1,0	$= 7,04 \eta - 3,93$	$= 205 \eta - 195,55$	7,0
Хром (Cr)	1,0	1,0	1,0	1,0
Мідь (Cu)	1,0	$= 0,37 \eta + 0,74$	$= 60 \eta - 57,1$	2,3
Ртуть (Hg)	1,0	1,0	1,0	1,0
Нікель (Ni)	1,0	$= 1,48 \eta - 0,04$	$= 95 \eta - 90,75$	3,3
Свинець (Pb)	1,0	$= 5,56 \eta - 2,89$	$= 175 \eta - 167,25$	6,0
Селен (Se)	1,0	$= 7,78 \eta - 4,44$	$= 220 \eta - 210,3$	7,5
Цинк (Zn)	1,0	$= 7,04 \eta - 3,93$	$= 205 \eta - 195,55$	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

Довідкові таблиці до розрахунку викидів забруднюючих речовин від автотранспорту

Таблиця Б.1 – Значення питомих викидів забруднюючих речовин автомобілями

Група автомобілів	Питомий викид g, кг/т палива					
	CO	CH	NO _x	Сажа	SO ₂	Pb
Під час руху в умовах міста та населених пунктів						
Вантажні автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та зрідженому нафтяному газі (ЗНГ)	233	56,9	16,37	–	0,6	0,23
Вантажні автомобілі з дизелями	41,5	6,93	29,6	3,85	5,0	–
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та ЗНГ	233	56,9	16,37	–	0,6	0,23
Автобуси з дизелями	41,5	6,93	29,6	3,85	5,0	–
Вантажні 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 ЗНГ	233	33,5	1,37	–	0,6	0,5
Під час руху поза містами та населеними пунктами						
Вантажні автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та зрідженому нафтяному газі (ЗНГ)	152	34,2	28,5	–	0,6	0,23
Вантажні автомобілі з дизелями	29,3	5,3	33,7	3,85	5,0	–
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та ЗНГ	152	34,2	28,5	–	0,6	0,23
Автобуси з дизелями	29,3	5,3	33,7	3,85	5,0	–
Вантажні 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 ЗНГ	152	20,15	28,5	–	0,6	0,5

Таблиця Б.2 – Значення усереднених питомих викидів забруднювальних речовин автомобілями

Група автомобілей	Усереднені питомі викиди g _y , кг/т палива					
	CO	CH	NO _x	Сажа	SO ₂	Pb
Вантажні автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та ЗНГ 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
Вантажні 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 ЗНГ 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	–
Вантажні 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 ЗНГ 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 ЗНГ, 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 (ЗНГ) не визначаються

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

Група автомобілей	Коефіцієнт K_{Tji}			
	CO	CH	NOx	C
Вантажні автомобілі з ДВЗ, які працюють на бензині та зрідженому нафтяному газі (ЗНГ)	1,7	1,8	0,9	–
Вантажні автомобілі з дизелями	1,5	1,4	0,95	1,8
Автобуси з ДВЗ, які працюють на бензині та ЗНГ	1,7	1,8	0,9	–
Автобуси з дизелями	1,5	1,4	0,95	1,8
Вантажні 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 ЗНГ	1,5	1,5	0,9	–

Примітка: Для діоксиду сірки SO₂ та сполук свинцю Pb коефіцієнт КТ дорівнює 1.

Таблиця Б.4 – Значення середніх питомих викидів забруднювальних речовин автомобілями

Вид палива	Середні питомі викиди g _c , кг/т палива					
	CO	CH	NOx	Сажа	SO ₂	Pb
Бензин	196,5	37,0	21,8	–	0,6	0,35
Зріджений нафтяний газ (ЗНГ)	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 місті вимірювання			Код забруднювальної речовини	Найменування забруднювальної речовини	Максимальна масова концентрація забруднювальної речовини, мг/м ³	Потужність викиду			
			Висота, м	Діаметр вихідного отвору, м	Точкового / початок 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	13	14	15	16	17	18	19	

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Варіанти вихідних даних до розділу «Побудова карти-схеми проммайданчика»

Установка, обладнання	Котельня, котел на вугіллі		Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі		Автотранспортне підприємство, гараж		Котельня, котел на вугіллі		Автотранспортне підприємство, гараж	
	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело	1 – труба	2 – труба (СТО)	3 – лінійне джерело
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Номер варіанту	Варіант 1			Варіант 2			Варіант 3					
Максимальна витрата палива, тон/рік	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)			
Y (Y1)	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, °C	180	30	20	180	30	20	180	30	20			
Номер варіанту	Варіант 4			Варіант 5			Варіант 6					
Максимальна витрата палива, тон/рік	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				

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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
Номер варіанту	Варіант 7			Варіант 8			Варіант 9		
Максимальна витрата палива, тон/рік	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
Номер варіанту	Варіант 10			Варіант 11			Варіант 12		
Максимальна витрата палива, тон/рік	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)

Продовження таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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
Номер варіанту	Варіант 13			Варіант 14			Варіант 15		
Максимальна витрата палива, тон/рік	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, °С	180	30	20	100	30	20	140	30	20
Номер варіанту	Варіант 16			Варіант 17			Варіант 18		
Максимальна витрата палива, тон/рік	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, °С	100	30	20	80	30	20	90	30	20

Закінчення таблиці Г.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер варіанту	Варіант 19			Варіант 20			Варіант 21		
Максимальна витрата палива, тон/рік	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)	3,7			7,2			28		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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, °С	60	30	20	80	30	20	140	30	20
Номер варіанту	Варіант 22			Варіант 23			Варіант 24		
Максимальна витрата палива, тон/рік	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, °С	160	30	20	180	30	20	200	30	20

ДОДАТОК Д

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

Варіанти	Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4		Варіант 5	
Теплова потужність котла, МВт	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 довгополум'яний ДР		Антрацитовий штиб АШ		Антрацитовий штиб АШ		Донецький довгополум'яний ДР	
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 жидким шлаковидаленням.	
Заходи зі зменшення викидів забруднювальних речовин										
Первинні заходи зі зменшення NO _x	Ступеневе подавання повітря		Рециркуляція димових газів		Ступеневе подавання повітря + рециркуляція димових газів		Подавання третинного повітря		Ступеневе подавання повітря + подавання 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	
	Селективне некаталітичне відновлення NO _x		Селективне каталітичне відновлення NO _x		Процес DESONOX-SNOX		Процес DESONOX-SNOX		Процес DESONOX-SNOX	
Ефективність очистки газів від твердих часток η_{zy}	0,95		0,96		0,96		0,96		0,97	

Продовження таблиці Д.1

Варіанти	Варіант 6		Варіант 7		Варіант 8		Варіант 9		Варіант 10	
Теплова потужність котла, МВт	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)	Донецький газовий ГР		Донецький довгополум'яний ДР		Львівсько-волинський ГР		Антрацитовий штиб АШ		Тоще вугілля ТР	
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 забруднювальних речовин										
Первинні заходи зі зменшення NO _x	Ступеневе подавання повітря		Рециркуляція димових газів		Ступеневе подавання повітря + рециркуляція димових газів		Подавання третинного повітря		Ступеневе подавання повітря + подавання 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	
	Селективне некаталітичне відновлення NO _x		Селективне каталітичне відновлення NO _x		Процес DESONOX-SNOX		Процес DESONOX-SNOX		Селективне каталітичне відновлення NO _x	
Ефективність очистки газів від твердих часток η_{zy}	0,95		0,96		0,96		0,96		0,97	

Продовження таблиці Д.1

Варіанти	Варіант 11		Варіант 12		Варіант 13		Варіант 14		Варіант 15	
Теплова потужність котла, МВт	Номінальна	200	Номінальна	300	Номінальна	350	Номінальна	100	Номінальна	150
	Фактична	180	Фактична	260	Фактична	290	Фактична	80	Фактична	120
	Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхонь при зупинці котла		Котел без проміжних пароперегрівачів, очистка поверхонь при зупинці котла		Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхонь при зупинці котла		Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхонь при зупинці котла		Котел без проміжних пароперегрівачів, очистка поверхонь при зупинці котла	
Витрата палива, т	100 000		150 000		200 000		50 000		70 000	
Вид палива	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 забруднювальних речовин										
Первинні заходи зі зменшення NO _x	Трьохступеневе подавання повітря й палива		Трьохступеневе подавання повітря + третинне повітря		Малотоксичні пальники + подавання третинного повітря		Ступеневе подавання повітря		Ступеневе подавання повітря + рециркуляція димових газів	
Газоочисні установки	Селективне некаталітичне відновлення NO _x		Процес DESONOX-SNOX		Селективне каталітичне відновлення NO _x		Селективне некаталітичне відновлення NO _x		Процес DESONOX-SNOX	
	Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5		Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5		Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5		Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5		Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,	
	Очистка від мазутної золи в батарейному циклоні		Очистка від мазутної золи в батарейному циклоні		Очистка від мазутної золи в батарейному циклоні		Очистка від мазутної золи в батарейному циклоні		Очистка від мазутної золи в батарейному циклоні	
Ефективність очистки η _{зу}	0,800		0,750		0,850		0,700		0,750	

Продовження таблиці Д.1

Варіанти	Варіант 16		Варіант 17		Варіант 18		Варіант 19		Варіант 20	
Теплова потужність котла, МВт	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 поверхонь при зупинці котла		Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхонь при зупинці котла		Котел з проміжними пароперегрівачами, очистка поверхонь при зупинці котла		Котел без проміжних пароперегрівачів, очистка поверхонь при зупинці котла	
Витрата палива, т	90 000		800		1 000		1 300		1 500	
Вид палива	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 забруднювальних речовин										
Первинні заходи зі зменшення NO _x	Малотоксичні пальники + ступеневе подавання повітря		Трьохступеневе подавання повітря + третинне повітря		Малотоксичні пальники + подавання третинного повітря		Ступеневе подавання повітря		Ступеневе подавання повітря + рециркуляція димових газів	
Газоочисні установки	Селект.каталітичне восстановление NO _x		Процес DESONOX-SNOX		Селективне каталітичне відновлення NO _x		Селективне некаталітичне восстановление NO _x		Процес DESONOX-SNOX	
	Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні		Очистка від мазутної золи у батарейному циклоні		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				Зв'язування S сорбентом CaO у котлі при Ca/S = 2,5					
Ефективність очистки η_{zy}	0,800		0,790		0,810		0,790		0,800	

Закінчення таблиці Д.1

Варіанти	Варіант 21		Варіант 22		Варіант 23		Варіант 24		Варіант 25	
Теплова потужність котла, МВт	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	Донецький газовий ГР		Тоще вугілля ТР		Антрацитовий штиб АШ		Тоще вугілля ТР		Донецький газовий 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 рідким шлаковидаленням	
Заходи зі зменшення викидів забруднювальних речовин										
Первинні заходи зі зменшення NO _x	Ступеневе подавання повітря		Рециркуляція димових газів		Ступеневе подавання повітря + рециркуляція димових газів		Подавання третинного повітря		Ступеневе подавання повітря + подавання 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	
	Селективне некаталітичне відновлення NO _x		Селективне каталітичне відновлення NO _x		Процес DESONOX-SNOX		Адсорбція на активованому вугіллі		Процес DESONOX-SNOX	
Ефективність очистки газів від твердих часток $\eta_{зч}$	0,95		0,97		0,98		0,96		0,97	

ДОДАТОК Ж

Таблиця Ж.1 – Вихідні дані до розділу «Забруднення атмосфери автотранспортом і розрахунок викидів забруднювальних речовин»

Номер варіанта	Група автотранспорту	Витрата палива, т	
		у місті	поза містом
1	Вантажні авто з ДВЗ на бензині і ЗНГ	у місті	поза містом
		15	15
2	Вантажні автомобілі з дизелями	у місті	поза містом
		20	20
3	Автобуси с ДВЗ на бензині та ЗНГ	у місті	поза містом
		30	20
4	Автобуси з дизелями	у місті	поза містом
		40	20
5	Грузові авто й автобуси з ДВС на СПГ	у місті	поза містом
		40	30
6	Вантажні авто з ДВЗ на бензині та ЗНГ	30 – міські перевезення	
7	Вантажні автомобілі з дизелями	40 – міські перевезення	
8	Автобуси з ДВЗ на бензині та ЗНГ	50 – міські перевезення	
9	Автобуси з дизелями	60 – міські перевезення	
10	Автобуси з ДВЗ на СПГ	70 – міські перевезення	
11	Автотранспорт із ДВЗ на бензині	30	
12	Автотранспорт із ДВЗ на ЗНГ	40	
13	Автотранспорт із ДВЗ на дизелі	50	
14	Автотранспорт із ДВЗ на СПГ	60	
15	Автотранспорт із ДВЗ на СПГ	70	
16	Вантажні авто з ДВЗ на бензині та ЗНГ	у місті	поза містом
		20	15
17	Вантажні автомобілі з дизелями	у місті	поза містом
		30	15
18	Автобуси з ДВЗ на бензині та ЗНГ	у місті	поза містом
		25	30
19	Автобуси з дизелями	у місті	поза містом
		25	40
20	Вантажні авто й автобуси з ДВЗ на СПГ	у місті	поза містом
		30	45
21	Вантажні авто з ДВЗ на бензині та ЗНГ	80 – міські перевезення	
22	Вантажні автомобілі з дизелями	90 – міські перевезення	
23	Автобуси з ДВЗ на бензині та ЗНГ	100 – міські перевезення	
24	Автобуси з дизелями	110 – міські перевезення	
25	Автобуси з ДВЗ на СПГ	120 – міські перевезення	

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до виконання курсової роботи

«ДЖЕРЕЛА ТА ПРОЦЕСИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 101 – Екологія)*

Укладачі: **БЄКЄТОВ** Володимир Єгорович,
ЛОМАКІНА Ольга Сергіївна

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *О. С. Ломакіна*

План 2024, поз. 71М

Підп. до друку 23.10.2024. Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 2,4

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