

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять з дисципліни

«Збалансоване природокористування та поводження з відходами в галузі»

за темою: «Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від  
м'ясокомбінатів»

для студентів денної та заочної форми навчання.

спеціальності 103 «Науки про Землю»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять з дисципліни

«Збалансоване природокористування та поводження з відходами в галузі»

за темою: «Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від  
м'ясокомбінатів»

для студентів денної та заочної форми навчання.

спеціальності 103 «Науки про Землю»

Затверджено  
на засіданні групи  
забезпечення спеціальності  
Протокол № 12  
від « 23 » травня 2023р.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Збалансоване природокористування та поводження з відходами в галузі» за темою «Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від м'ясокомбінатів» для студентів I року навчання денної та заочної форм навчання за спеціальністю 103 «Науки про Землю», рівень вищої освіти магістр / Укладачі: Барсукова О.А., канд. геогр. наук., доц., Костюкевич Т.К., канд. геогр. наук., ас. Одеса, ОДЕКУ, 2023, 21 с.

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	5
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА .....	7
1.1 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від м'ясокомбінатів .....	7
1.2 Приклад розрахунку.....	14
Завдання для виконання практичної роботи.....	18
Контрольні питання.....	19
Список літератури.....	20

## ВСТУП

Харчову промисловість відносять до галузей, яка здійснює суттєвий негативний вплив на оточуюче середовище. Широка номенклатура різних видів сировини та готової продукції, що випускається, разом з різноманіттям та різним рівнем екологічної безпеки промислових технологій визначає значні відмінності у кількості та забрудненості виробничих відходів. До основних екологічних загроз у харчовому виробництві відносять: викиди у атмосферу, руйнування озонового шару при використанні холодоагентів, забруднення водного басейну стічними водами та ін.

Виробництво харчових продуктів супроводжується утворенням рідких, газоподібних та твердих відходів, що забруднюють гідросферу, атмосферу та ґрунти. Найбільший негативний вплив на довкілля створюють м'ясна, цукрова, спиртова та дріжджова галузі харчової промисловості.

Промислові комплекси по виробництву м'яса є джерелами забруднення атмосферного повітря.

Викиди в атмосферу різних цехів та виробництв м'ясокомбінатів та м'ясопереробних заводів відрізняються за якісним та кількісним складом, що обумовлено різноманітністю технологічних процесів переробки сировини тваринного походження. Особливістю цих викидів є присутність у газах, що викидаються неприємно пахнуть речовин (одорантів). Більшість технологічних процесів, пов'язаних з термічною обробкою м'яса у присутності води, супроводжується утворенням різноманітних за фізико-хімічними, токсикологічними та органолептичними характеристиками продуктів розпаду білка. Основними джерелами викидів на м'ясокомбінатах, що неприємно пахнуть, є опалочні відділення м'ясожирових цехів, термічні відділення ковбасних цехів і цехи технічних фабрикатів. Поряд із одорантами у викидах м'ясних виробництв присутні тверді частинки тваринного та рослинного походження. Крім того, з викидами аміачних компресорних в атмосферу надходить аміак, сірководень та інші шкідливі гази.

Метою методичних вказівок є:

1) методичне забезпечення виконання практичного завдання за темою «Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від м'ясокомбінатів», що забезпечить студентам відповідні сучасним вимогам знання студентів;

2) навчити студентів розраховувати максимальні і річні викиди забруднюючих речовин в атмосферу від обпалюючого обладнання м'ясокомбінату та копильного відділення.

Виконання практичних завдань сприяє закріпленню теоретичних знань та надає студентам можливість набути практичні навички у виконанні розрахунків.

Після виконання практичного заняття студенти повинні **знати**:

- основні речовини, що забруднюють атмосферу від обпалюючих печей;
- питомі викиди забруднюючих речовин від стандартного обпалюючого обладнання
- загальний викид забруднюючих речовин;

Після виконання завдань студенти повинні **вміти**:

- виконувати розрахунки викидів забруднюючих речовин від коптильного устаткування;
- виконувати розрахунки річних викидів забруднюючих речовин;
- виконувати розрахунки максимальних викидів забруднюючих речовин при «пікових» навантажень;
- виконувати розрахунки викидів забруднюючих речовин.

Методичні вказівки складаються із двох частин – теоретичної частини і практичної частини. В теоретичній частині стисло наводяться розрахунки максимальних і річних викидів забруднюючих речовин в атмосферу від обпалюючого обладнання м'ясокомбінату та коптильного відділення, в практичній – порядок виконання розрахунків.

На практичних заняттях студенти повинні: ознайомитись із теоретичними положеннями, виконати розрахунки за даними представлених викладачем матеріалів, самостійно проаналізувати.

На аудиторне заняття відводиться 5 години і 6 години на самостійну роботу студентів.

Методика проведення та оцінювання контрольних заходів ЗМ-П1, полягає в оцінюванні результатів виконаних розрахунків, умінні студента узагальнювати результати розрахунків, складати відповідні тексти, повноті відповідей на запитання. Оцінюється виконання практичного заняття і відповіді на запитання. За виконання цього завдання студент отримує 5 балів.

# 1 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від м'ясокомбінатів

**Обпалююче відділення.** Технологічний процес обробки свинячих туш, свинячих і баранячих голів, вовняних субпродуктів і тушок птахів передбачає полум'яну обпалювання. Мета обпалення - видалення волосся, щетини і пера після шпарки. Обпалка проводиться при високій температурі (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Технологічні режими обпалювання

Сировина	Тривалість обпалки, хв.	Температура, °С
Свинячі туші	0,25 – 0,5	1100 – 1200
Свинячі голови	3-5	800
Свинячі ніжки	3-5	800
Свинячі вуха і хвости	3-4	800
Яловичі губи і Путова суглоб	4-5	800
Яловичі вуха	3-5	800
Баранячі голови	5	800
Тушки птахів	5	800

Основними забруднюючими речовинами обпалюючих печей є оксид вуглецю (CO), діоксид азоту (NO<sub>2</sub>), сірки діоксид (SO<sub>2</sub>), тверді органічні речовини (сажа), аміак (NH<sub>3</sub>). У разі спалювання керосину, крім перерахованих речовин, в атмосферу надходять вуглеводні (СН).

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від стандартного обпалюючого обладнання проводиться за формулою

$$M_{co} = n_1 \cdot m_1 + n_2 \cdot m_2 + \dots + n_o \cdot m_o, \quad (1.1)$$

де  $M_{co}$  - сумарний викид забруднюючих речовин від стандартного устаткування в г/с;  $n_1, n_2, \dots, n_o$  - кількість одиниць стандартного обпалюючого обладнання, шт;  $m_1, m_2, \dots, m_o$  - питомі викиди забруднюючих речовин від стандартного обпалюючого обладнання в г/с, встановлюються по табл.1.2.

Таблиця 1.2 – Питомі викиди забруднюючих речовин (г/с) при обпалювання сировини

Тип обпалюючого обладнання	Паливо	Сировина	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Сажа	СН
Піч обпалююча ССЛ-2 АМ	Газ	Вовняні субпродукти	0,01	0,004	0,005	0,002	0,004	—
Піч обпалюючого Я2ФД2Ш	Газ	Вовняні субпродукти	0,015	0,006	0,004	0,0015	0,0035	—
Установка К7-Ф02Е	Газ	Свинячі туші	0,17	0,07	0,08	0,027	0,07	—
Тунельна обпалююча піч	Газ	Свинячі туші	0,18	0,075	0,1	0,033	0,08	—
Обпалюючий піч ФОЖ	Керосин	Свинячі туші	0,16	0,05	0,07	0,02	0,06	0,11
Обпалюючої печі періодичної дії	Мазут	Свинячі туші	0,06	0,05	0,11	0,02	0,06	—
Факельная горелка ФФГ	Керосин, бензин	Свинные туши	0,045	0,008	0,01	0,003	0,009	0,04
Факельна пальник ФФГ	«	Свинячі голови	0,03	0,005	0,006	0,002	0,004	0,04
Паяльна лампа	Керосин, бензин	Свинячі туші	0,05	0,01	0,01	0,003	0,01	0,045
Паяльна лампа	«	Свинячі голови	0,035	0,008	0,006	0,002	0,005	0,045
Обпалюючий пристрій в складі агрегату МК-2 (ФГБ)	Керосин	Свинячі голови	0,025	0,004	0,004	0,001	0,004	0,03
Обпалююча піч в складі лінії Я2-ФУГ	Газ	Свинячі голови	0,008	0,003	0,003	0,001	0,003	—
Обпалююча піч	Газ	Баранячі голови	0,016	0,008	0,006	0,002	0,005	—
Камера газової обпалювання РЗ-ФГО	Газ	Тушки птахів	0,017	0,01	0,012	0,006	0,01	—



Таблиця 1.3 - Питомі викиди ( $m_c$ ) забруднюючих речовин на одиницю оброблюваної сировини для обпалюючих відділень

Сировина	Од. вим.	NO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Сажа
Свинячі туші	г / тушу	8,7	18,2	2	4	10
Свинячі голови	г / голову	0,8	1,7	1,1	0,3	0,9
Баранячі голови	г / голову	0,5	0,8	0,7	0,2	0,6
Тушки птахів	г / тушку	0,1	0,2	0,15	0,04	0,12
Вовняні субпродукти	г/кг сировини	0,2	0,4	0,3	0,1	0,25

Таблиця 1.4 - Питомі викиди ( $m_m$ ) забруднюючих речовин від спалювання палива в обпалююче відділення

Паливо	Од. вим.	NO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	Сажа
Газ	г/м <sup>3</sup>	2,15	12,9	—	—	—
Керосин (бензин)	г/л	2	37	—	65	1,5
Мазут	г/кг	2,57	37,7	30,5	—	5,8

У разі використання для обпалювання нестандартного обладнання розрахунок викидів забруднюючих речовин здійснюється за формулою

$$M_{nc} = \frac{m_c \cdot \theta}{3600} + \frac{m_T \cdot V_T \cdot \sigma}{3600} \quad (1.2)$$

де  $M_{nc}$  - викиди забруднюючих речовин від нестандартного обладнання в г/с;  $m_c$  - питомі викиди забруднюючих речовин на одиницю обпалюючої сировини, г/с (див. табл. 1.3);  $\theta$  - годинна продуктивність нестандартного обладнання (голів/год; кг/год);  $m_T$  - питомі викиди забруднюючих речовин на одиницю палива, що спалюється (див. табл. 1.4);  $V_T$  - максимальна годинна витрата палива на обпалювання (кг/год; м<sup>3</sup>/год);  $\sigma$  - коефіцієнт, що враховує неповноту згоряння палива:  $\sigma = 1,25$  - застаріле обладнання;  $\sigma = 1,2$  - модернізоване і нестандартне обладнання;  $\sigma = 1$  - імпортне і стандартне обладнання, не включене в табл. 1.2.

Загальний викид забруднюючих речовин ( $M_o$ , г/с) від стандартного ( $M_{co}$ , г/с) і нестандартного ( $M_{nc}$ , г/с) обладнання визначається їх підсумовуванням:

$$M_o = M_{co} + M_{nc}. \quad (1.3)$$

Максимальний викид забруднюючих речовин при «пікових» навантажень ( $M_{max}$ , г/с) знаходиться з рівняння:

$$M_{max} = n_{п1} \cdot m_{п1} + n_{п2} \cdot m_{п2} + \dots + n_{пн} \cdot m_{пн}, \quad (1.4)$$

де  $n_{п1}, n_{п2}, \dots, n_{пн}$  - кількість одиниць опалюючого обладнання, що працює при «пікових» навантажень, шт.;  $m_{п1}, m_{п2}, \dots, m_{пн}$  - питомі викиди забруднюючих речовин від опалюючого обладнання при «пікових» навантажень в г/с (табл. 1.2).

Річні викиди забруднюючих речовин ( $M_{гв}$ , т/рік) розраховуються за формулою

$$M_{гв} = 0,0036 (M_o \cdot \tau_o + M_{max} \cdot \tau_{п}), \quad (1.5)$$

де 0,0036 - число, коригуючий розмірність показників;  $M_o$  - загальний викид забруднюючих речовин від стандартного і нестандартного опалюючого обладнання в г/с, визначається за рівнянням (1.3);  $\tau_o$  - час роботи стандартного і нестандартного опалюючого обладнання, ч / рік;  $M_{max}$  - максимальний викид забруднюючих речовин при «пікових» навантажень в г/с, встановлюється за формулою (1.4);  $\tau_{п}$  - час роботи опалюючого обладнання при «пікових» навантажень, ч/рік.

**Коптильне відділення.** У термічних (коптильних) відділеннях ковбасних цехів здійснюють термічну обробку м'ясопродуктів, що надходять з м'ясожирового і ковбасного цехів підприємства. У відділенні проводять копчення, обсмажування і запікання в диму ковбасних виробів.

Дим для копчення і обжарювання м'ясопродуктів отримують шляхом неповного спалювання тирси дерев листяних порід. Для розігріву тирси до температури, при якій починається тління деревини, використовують газ, мазут, дрова. Мета термічної обробки м'ясопродуктів коптильним димом - надання їм присмного смаку, запаху і кольору і підвищення стійкості м'ясопродуктів дії гнильної мікрофлори. Копчення проводять при різних температурних режимах (табл. 1.5).

Коптильний дим отримують в димогенераторах. Найбільш широкого поширення набули димогенератори поличного типу, в яких дим отримують за допомогою спалювання тирси в курей. У цих пристроях повне згорання незначної частини деревини служить джерелом тепла забезпечення термічного розкладання (гниття) решті, більшої частини деревини, з якої виходить коптильний дим.

За своєю природою коптильний дим - складний багатокомпонентний аерозоль, в якій виявлено понад 1000 сполук, куди входять до 250 поліциклічних ароматичних вуглеводнів, в тому числі бенз (а) пірен. В. Восса, В. Crebelli, Е. Menichini відзначають, що при використанні високоавтоматизованого обладнання, з регульованою температурою

піролізу деревини, цілком можливо виготовити копчену продукцію з вмістом бенз (а) пірену менше 1 мг/кг.

Таблиця 1.5 – Технологічні параметри термічної обробки продукції

Вид продукції	Технологічний процес	Температура дима, °С	Тривалість
Сирокопчені ковбаси	Холодне копчення	18-22	5-7 суток
Напівкопчені ковбаси	Гаряче копчення	35	24 часа
		50	12 часов
Варено-копчені ковбаси	Гаряче копчення	30-35	48 часов
	Гаряче копчення	45-50	24 часа
Сосиски, сардельки	Обжарка	70-120	0,5 часа
Корейка, грудинка	Обжарка	75-85	7 часов
Окості	Обжарка	70-120	12 часов
М'ясні хліба	Запікання в диму	70-150	3,5 часа
Копчено-запечені окості	Запікання в диму	70-120	19 часов
Ковбаси в широкій оболонці	Обжарка	70-120	3,5 часа

До складу коптильного диму входять багато шкідливі для здоров'я людини сполуки, які мають сумарним ефектом дії: ацетон і ацетофенол; ацетон і фенол; ацетальдегід і вінілацетат; бензол і ацетофенол; валеріанова, капронова та масляна кислоти; озон, діоксид азоту і формальдегід; циклогексан і бензол; оксид вуглецю, діоксид азоту, формальдегід і гексан; сірчистий ангідрид і діоксид азоту; сірчистий ангідрид, оксид вуглецю і фенол; сірчистий ангідрид і фенол; аміак, оксид азоту, сірчаний і сірчистий ангідриди; оцтова кислота і оцтовий ангідрид, фенол і ацетофенол; сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, фенол і діоксид азоту. За даними НДІ онкології ім. Н.П.Петрова (м.Санкт-Петербург), концентрація бенз (а) пірену в коптильні димі залежно від виду використовуваної деревини, способу і умов піролізу тирси може досягати 7 мкг/м<sup>3</sup> (ГДК<sub>рз</sub> бенз (а) пірену 0,00015 мг/м<sup>3</sup>).

До найбільш токсичним поліциклічні ароматичних вуглеводнів крім бенз (а) пірену відносять також дібензоантрацен, 1,12-бензопірелен, 3,4-флюорантен і ін. На думку фахівців, бенз (а) пірен є своєрідним «індикатором канцерогенності» копченого продукту. Нижче вказано зміст найбільш характерних компонентів димо-повітряної суміші, що викидається в атмосферу з камер холодного і гарячого копчення.

Речовини і клас їх небезпеки	Камера холодного коптіння, 20-30°C	Камера холодного коптіння, 50-95°C
	Концентрація речовин, мг/м <sup>3</sup>	
Конденсат	8300-30000	30000-56000
Смолисті речовини	40-120	550-1640
Бенз (а) пірен, 1 кл	0,0004	0,0009
1,12-бензопірен, 1 кл	0,0003	0,0007
1, 2, 3, 4-дібензопірен, 1 кл	0,0042	0,011
Феноли (по фенолу), 2 кл	8,7-20,3	47-74
Органічні кислоти (по оцтової кислоти), 3 кл	10-93	205-312
Аміни (по діетиламіно), 3 кл	1,3-1,6	23-46
Карбонільні сполуки (по фурфуролу), 4 кл	140-200	250-400

З наведених даних видно, що димові викиди камер гарячого копчення більше насичені високотоксичними органічними сполуками, ніж викиди камер холодного копчення.

З екологічних позицій найбільш безпечним є метод генерування диму в пристроях з електрообігрівом, у викидах яких знижений вміст неорганічних продуктів горіння. Перед подачею диму з димогенератора в коптильну камеру його пропускають через фільтри і вловлювачі для видалення смолистих речовин, дьогтю і золи. У коптильних камерах незначна частина забруднюючих речовин, присутніх в димі, сорбується продуктом і осідає на стінках камер, а основна маса коптильного диму викидається в атмосферу через димові шахти за допомогою вентиляторів.

У викидах коптильного диму превалює діоксид азоту (NO<sub>2</sub>), оксид вуглецю (CO), сірки діоксид (SO<sub>2</sub>), тверді речовини (сажа), аміак (NH<sub>3</sub>), фенольні речовини (фенол) і карбоксильні речовини (пропіоновий альдегід). Дані про питомі викиди цих речовин наведені в табл. 1.6.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин від коптильного устаткування (M<sub>к</sub>, г/с) здійснюється за формулою

$$M_k = 0,001 (n_{k1} \cdot m_{k1} + n_{k2} \cdot m_{k2} + \dots + n_{ki} \cdot m_{i1}), \quad (1.6)$$

де  $n_{k1}, n_{k2}, \dots, n_{ki}$  - кількість димогенераторів і-го типу, шт.;  $m_{k1}, m_{k2}, \dots, m_{ki}$  - питомі викиди забруднюючих речовин від і-го типу димогенератора, встановлюються по табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Питомі викиди забруднюючих речовин від коптильного устаткування, мг/хв.

Тип коптильного устаткування (димогенератора)	Питомі викиди						
	СО	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Сажа	NH <sub>3</sub>	Фенол	Пропіон. альдегід
Горнових димогенератор	11,2	1,5	0,2	4,5	0,1	4,5	3,8
Димогенератор Д9-ФД2Г	8	1	0,3	2	0,1	2,7	2
Димогенератор Д9-ФДГ	8	1	0,3	2	0,1	2,7	2
Димогенератор ЕЛРО-500	8	1	0,3	2	0,1	2,7	2
Димогенератор ЕЛРО-2000	30	4	1	10	0,5	13,1	10
Димогенератор автокоптилки з топкою горнового типу	10	2	0,3	5	0,1	4,5	3,8
Димогенератор автокоптилки з газовим обігрівом	12	2,8	0,35	5	0,1	4,2	3,5
Холодильні камери	5	2	0,3	1	0,1	0,8	1
Димогенератор з електрообігрівом	2	0,5	0,1	0,5	0,1	2	1,5

Річні викиди забруднюючих речовин ( $M_{кг}$ , т/рік) розраховуються з урахуванням часу роботи кожної одиниці обладнання за формулою

$$M_{кг} = 0,0000036 [(P_{к1} \cdot m_{к1}) \tau_1 + (P_{к2} \cdot m_{к2}) \tau_2 + \dots + (P_{кi} \cdot T_{кi}) \tau_i], \quad (1.7)$$

де  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_i$  - час роботи і-го типу димогенератора (ч/рік).

## 1.2 Приклад розрахунку

*Приклад.* Потрібно розрахувати максимальні і річні викиди забруднюючих речовин в атмосферу від обпалюючого обладнання м'ясокомбінату.

*Початкові дані.* На м'ясокомбінаті встановлено: три обпалюючі печі Я2-ФД2Ш ( $n_1 = 3$ ); дві обпалюючі печі ФОЖ ( $n_2 = 2$ ); одна обпалююча піч в складі лінії Я2-ФУГ ( $n_3 = 1$ ). При «пікових» сезонних навантаженнях для обпалювання свинячих голів використовується одна паяльна лампа ( $n_{п1} = 1$ ) і дві факельні пальника ФФГ ( $n_{п2} = 2$ ). Для обпалювання тушок птиці використовується нестандартне обладнання продуктивністю 400 тушок/ч при витраті мазуту 6 кг/ч. Час роботи стандартного і нестандартного обпалюючого обладнання  $\tau_o = 5000$  год/рік, а час роботи обпалюючого обладнання при «пікових» навантаженнях  $\tau_n = 300$  ч/рік.

*Рішення.* Розрахуємо викиди:

Оксиду вуглецю (СО):

від стандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.1) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{co} = 3 \cdot 0,015 + 2 \cdot 0,16 + 1 \cdot 0,008 = 0,373 \text{ г/с};$$

від нестандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.2) з використанням даних табл. 3.3 і 3.4:

$$M_{nc} = (0,2 \cdot 400) / 3600 + (37,7 \cdot 6 \cdot 1,2) / 3600 = 0,0974 \text{ г / с}$$

від стандартного і нестандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.3):

$$M_o = 0,373 + 0,0974 = 0,47 \text{ г / с};$$

від обпалюючого обладнання, що працює при «пікових» навантаженнях за формулою (1.4) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{max} = 1 \cdot 0,035 + 2 \cdot 0,03 = 0,095 \text{ г / с};$$

річні викиди СО за формулою (1.5):

$$M_r = 0,0036 (0,47 \cdot 5000 + 0,095 \cdot 300) = 8,56 \text{ т/рік}$$

Діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>):

від стандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.1) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{co} = 3 \cdot 0,006 + 2 \cdot 0,05 + 1 \cdot 0,003 = 0,121 \text{ г/с};$$

від нестандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.3) з використанням даних табл. 1.3 і 1.4:

$$M_{nc} = (0,1 \cdot 400) / 3600 + (2,57 \cdot 6 \cdot 1,2) / 3600 = 0,0161 \text{ г/с}$$

від стандартного і нестандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.3):

$$M_o = 0,121 + 0,0161 = 0,137 \text{ г/с};$$

від обпалюючого обладнання при «пікових» навантажень за формулою (1.4) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{max} = 1 \cdot 0,008 + 2 \cdot 0,005 = 0,018 \text{ г/с};$$

річні викиди  $\text{NO}_2$  за формулою (1.5):

$$M_r = 0,0036 (0,137 \cdot 5000 + 0,018 \cdot 300) = 2,48 \text{ т/рік.}$$

Діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ):

від стандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.1) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{co} = 3 \cdot 0,004 + 2 \cdot 0,07 + 1 \cdot 0,003 = 0,155 \text{ г/с};$$

від нестандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.2) з використанням даних табл. 1.3 і 1.4:

$$M_{nc} = (0,15 \cdot 400) / 3600 + (30,5 \cdot 6 \cdot 1,2) / 3600 = 0,0776 \text{ г/с}$$

від стандартного і нестандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.3):

$$M_o = 0,155 + 0,0776 = 0,2326 \text{ г / с};$$

від обпалюючого обладнання при «пікових» навантажень за формулою (1.4) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{max} = 1 \cdot 0,006 + 2 \cdot 0,006 = 0,018 \text{ г / с};$$

річні викиди  $\text{SO}_2$  від обпалюючого обладнання за формулою (3.5):

$$M_r = 0,0036 (0,2326 \cdot 5000 + 0,018 \cdot 300) = 4,21 \text{ т/рік.}$$

Аміаку ( $\text{NH}_3$ ):

від стандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.1) з використанням даних табл.1.2:

$$M_{co} = 3 \cdot 0,0015 + 2 \cdot 0,02 + 1 \cdot 0,001 = 0,0455 \text{ г/с};$$

від нестандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.2) з використанням даних табл. 1.3 і 1.4:

$$M_{nc} = (0,04 \cdot 400) / 3600 + (0 \cdot 6 \cdot 1,2) / 3600 = 0,0044 \text{ г/с}$$

від стандартного і нестандартного обпалюючого й обладнання за формулою (1.3)

$$M_o = 0,0455 + 0,0044 = 0,0499 \text{ г/с};$$

від обпалюючого обладнання при «пікових» навантажень за формулою (1.4) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{max} = 1 \cdot 0,002 + 2 \cdot 0,002 = 0,006 \text{ г/с};$$

річні викиди  $\text{NH}_3$  від обпалюючого й обладнання за формулою (1.5):

$$M_r = 0,0036 (0,0499 \cdot 5000 + 0,006 \cdot 300) = 0,9 \text{ т/рік.}$$

Твердих частинок:

від стандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.1) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{co} = 3 \cdot 0,0035 + 2 \cdot 0,06 + 1 \cdot 0,003 = 0,1335 \text{ г/с};$$

від нестандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.2) з використанням даних табл. 1.3 і 1.4:

$$M_{nc} = (0,12 \cdot 400) / 3600 + (5,8 \cdot 6 \cdot 1,2) / 3600 = 0,0249 \text{ г/с}$$

від стандартного і нестандартного обпалюючого й обладнання за формулою (1.3)

$$M_o = 0,1335 + 0,0397 = 0,1732 \text{ г/с};$$

від обпалюючого обладнання при «пікових» навантажень за формулою (1.4) з використанням даних табл. 3.2:

$$M_{max} = 1 \cdot 0,005 + 2 \cdot 0,004 = 0,013 \text{ г/с};$$

річні викиди твердих частинок від обпалюючого обладнання за формулою (1.5):

$$M_r = 0,0036 (0,1732 \cdot 5000 + 0,013 \cdot 300) = 3,13 \text{ т/рік.}$$

Вуглеводнів (СН):

від стандартного обпалюючого й обладнання за формулою (1.1) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{co} = 3 \cdot 0 + 2 \cdot 0,11 + 10 = 0,22 \text{ г/с};$$

від нестандартного обпалюючого й обладнання за формулою (1.2) з використанням даних табл. 1.3 і 1.4:

$$M_{nc} = (0 \cdot 400) / 3600 + (0 \cdot 6 \cdot 1,2) / 3600 = 0 \text{ г/с}$$

від стандартного і нестандартного обпалюючого обладнання за формулою (1.3):

$$M_o = 0,22 + 0 = 0,22 \text{ г / с}$$

від обпалюючого обладнання при «пікових» навантажень за формулою (1.4) з використанням даних табл. 1.2:

$$M_{max} = 1 \cdot 0,045 + 2 \cdot 0,04 = 0,125 \text{ г/с};$$

річні викиди вуглеводнів від обпалюючого й обладнання за формулою (1.5)

$$M_r = 0,0036 (0,22 \cdot 5000 + 0,125 \cdot 300) = 4,1 \text{ т/рік.}$$

Розрахунки показують, що максимум викидів в атмосферу від обпалюючого відділення м'ясокомбінату доводиться на оксид вуглецю, сірчистий ангідрид і вуглеводні.

*Приклад.* Потрібно визначити максимальні і річні викиди забруднюючих речовин від копильного відділення.

*Вихідні дані.* У копильні відділенні працюють: два димогенератора горнового типу ( $p_{к1} = 2$ ), що обслуговують три копильних камери; два димогенератора з газовим обігрівом ( $p_{к2} = 2$ ), які обслуговують дві



автокоптилки; два димогенератора Д9-ФДГ ( $p_{к3} = 2$ ), які обслуговують чотири термокамери; одна ротаційна піч для випікання м'ясних хлібів ( $p_{к4} = 1$ ). М'ясокомбінат працює по двозмінному графіку 280 днів в році. Два димогенератора горнового типу, два з газовим обігрівом і два димогенератора Д9-ФДГ працюють по 16 год/день, тобто 4480 год/рік. Холодильні камери працює по 5 ч/зміну, тобто 2800 год/рік.

*Рішення.*

За формулою (1.6) визначаємо максимальні викиди:

$$\text{CO: } M = 0,001 (2 \cdot 11,2 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 8 + 1 \cdot 5) = 0,0674 \text{ г/с;}$$

$$\text{NO}_2: M = 0,001 (2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 2,8 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 2) = 0,0126 \text{ г/с;}$$

$$\text{SO}_2: M = 0,001 (2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,35 + 1 \cdot 0,3) = 0,002 \text{ г/с;}$$

$$\text{Сажа: } M = 0,001 (2 \cdot 4,5 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 5 + 1 \cdot 1) = 0,024 \text{ г/с;}$$

$$\text{NH}_3: M = 0,001 (2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 1 \cdot 0,1) = 0,0007 \text{ г/с;}$$

$$\text{Фенол: } M = 0,001 (2 \cdot 4,5 + 2 \cdot 2,7 + 2 \cdot 4,2 + 1 \cdot 0,8) = 0,0236 \text{ г/с;}$$

$$\text{Пропіоновий альдегід: } M = 0,001 (2 \cdot 3,8 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 3,5 + 1 \cdot 1) = 0,0196 \text{ г/с.}$$

Річні викиди забруднюючих речовин розраховуємо за формулою (1.7)

$$\text{CO: } M = 0,0000036 [(2 \cdot 11,2 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 8) 4480 + (1 \cdot 5) 2800] = 1,06 \text{ т / рік;}$$

$$\text{NO}_2: M = 0,0000036 [(2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 2,8 + 2 \cdot 1) 4480 + (1 \cdot 2) 2800] = 0,191 \text{ т / рік;}$$

$$\text{SO}_2: M = 0,0000036 [(2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,35) 4480 + (1 \cdot 0,3) 2800] = 0,03 \text{ т / рік;}$$

$$\text{Сажа: } M = 0,0000036 [(2 \cdot 4,5 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 5) 4480 + (1 \cdot 1) 2800] = 0,381 \text{ т / рік;}$$

$$\text{NH}_3: M = 0,0000036 [(2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,1) 4480 + (1 \cdot 0,1) 2800] = 0,011 \text{ т / рік;}$$

$$\text{Фенол: } M = 0,0000036 [(2 \cdot 4,5 + 2 \cdot 2,7 + 2 \cdot 4,2) 4480 + (1 \cdot 0,8) 2800] = 0,376 \text{ т / рік;}$$

$$\text{Пропіоновий альдегід: } M = 0,0000036 [(2 \cdot 3,8 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 3,5) 4480 + (1 \cdot 1) 2800] = 0,31 \text{ т / рік.}$$

Таким чином, у викидах забруднюючих речовин від коптильного відділення м'ясокомбінату переважають оксид вуглецю, сажа, фенол і пропіоновий альдегід.

### *Завдання для виконання практичної роботи*

Варіант 1. Потрібно розрахувати максимальні і річні викиди забруднюючих речовин в атмосферу від обпалюючого обладнання м'ясокомбінату.

Початкові дані. На м'ясокомбінаті встановлено: три обпалюючі печі Я2-ФД2Ш ( $n_1 = 2$ ); дві обпалюючі печі ФОЖ ( $n_2 = 1$ ); одна обпалююча піч в складі лінії Я2-ФУГ ( $n_3 = 1$ ). При «пікових» сезонних навантаженнях для обпалювання свинячих голів використовується одна паяльна лампа ( $n_{п1} = 2$ ) і дві факельні пальника ФФГ ( $n_{п2} = 2$ ). Для обпалювання тушок птиці використовується нестандартне обладнання продуктивністю 450 тушок/ч при витраті мазуту 7 кг/ч. Час роботи стандартного і нестандартного обпалюючого обладнання  $\tau_o = 5500$  год/рік, а час роботи обпалюючого обладнання при «пікових» навантажень  $\tau_n = 350$  ч/рік.

Варіант 2. Потрібно визначити максимальні і річні викиди забруднюючих речовин від коптильного відділення.

Вихідні дані. У коптильні відділенні працюють: два димогенератора горнового типу ( $n_{к1} = 3$ ), що обслуговують три коптильних камери; два димогенератора з газовим обігрівом ( $n_{к2} = 3$ ), які обслуговують дві автокоптилки; два димогенератора Д9-ФДГ ( $n_{к3} = 3$ ), які обслуговують чотири термокамери; одна ротаційна піч для випікання м'ясних хлібів ( $n_{к4} = 1$ ). М'ясокомбінат працює по двозмінному графіку 290 днів в році. Два димогенератора горнового типу, два з газовим обігрівом і два димогенератора Д9-ФДГ працюють по 16 год/день, тобто 4480 год/рік. Холодильні камери працює по 5 ч/зміну, тобто 2900 год/рік.

Варіант 3. Потрібно визначити максимальні і річні викиди забруднюючих речовин від коптильного відділення.

Вихідні дані. У коптильні відділенні працюють: два димогенератора горнового типу ( $n_{к1} = 1$ ), що обслуговують три коптильних камери; два димогенератора з газовим обігрівом ( $n_{к2} = 2$ ), які обслуговують дві автокоптилки; два димогенератора Д9-ФДГ ( $n_{к3} = 1$ ), які обслуговують чотири термокамери; одна ротаційна піч для випікання м'ясних хлібів ( $n_{к4} = 2$ ). М'ясокомбінат працює по двозмінному графіку 250 днів в році. Два димогенератора горнового типу, два з газовим обігрівом і два димогенератора Д9-ФДГ працюють по 15 год/день, тобто 4400 год/рік. Холодильні камери працює по 4 ч/зміну, тобто 2600 год/рік.

Варіант 4. Потрібно визначити максимальні і річні викиди забруднюючих речовин від коптильного відділення.

Вихідні дані. У копильні відділенні працюють: два димогенератора горнового типу ( $p_{к1} = 2$ ), що обслуговують три копильних камери; два димогенератора з газовим обігрівом ( $p_{к2} = 1$ ), які обслуговують дві автокоптилки; два димогенератора Д9-ФДГ ( $p_{к3} = 2$ ), які обслуговують чотири термокамери; одна ротаційна піч для випікання м'ясних хлібів ( $p_{к4} = 2$ ). М'ясокомбінат працює по двозмінному графіку 250 днів в році. Два димогенератора горнового типу, два з газовим обігрівом і два димогенератора Д9-ФДГ працюють по 12 год/день, тобто 4000 год/рік. Холодильні камери працює по 5 ч/зміну, тобто 2000 год/рік.

Варіант 5. Потрібно розрахувати максимальні і річні викиди забруднюючих речовин в атмосферу від обпалюючого обладнання м'ясокомбінату.

Початкові дані. На м'ясокомбінаті встановлено: три обпалюючі печі Я2-ФД2Ш ( $p_1 = 2$ ); дві обпалюючі печі ФОЖ ( $p_2 = 2$ ); одна обпалююча піч в складі лінії Я2-ФУГ ( $p_3 = 1$ ). При «пікових» сезонних навантаженнях для обпалювання свинячих голів використовується одна паяльна лампа ( $p_{п1} = 2$ ) і дві факельні пальника ФФГ ( $p_{п2} = 3$ ). Для обпалювання тушок птиці використовується нестандартне обладнання продуктивністю 500 тушок/ч при витраті мазуту 5 кг/ч. Час роботи стандартного і нестандартного обпалюючого обладнання  $\tau_0 = 5200$  год/рік, а час роботи обпалюючого обладнання при «пікових» навантаженнях  $\tau_n = 320$  ч/рік.

#### Контрольні питання.

1. Як розраховують річні викиди забруднюючих речовин?
2. Як здійснюється розрахунок викидів забруднюючих речовин від копильного устаткування?
3. Що здійснюють у термічних (копильних) відділеннях ковбасних цехів?
4. Як проводиться розрахунок викидів забруднюючих речовин від стандартного обпалюючого обладнання?
5. Яка ціль термічної обробки м'ясопродуктів копильним димом?
6. Як отримують копильний дим?
7. Що передбачає технологічний процес обробки свинячих туш, свинячих і баранячих голів, вовняних субпродуктів і тушок птахів та яка мета обпалення?
8. Що входить до складу копильного диму?
9. Який метод з екологічних позицій є найбільш безпечним?
10. Що відносить до основних забруднюючих речовин обпалюючої печі?

## Список літератури

1. Свидерська С.М. Збалансоване природокористування в галузі. Одеса: Вид-во „ТЭС”, 2015. 139 с.  
<http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/7183/>.
2. Жигайло О.Л. Поводження з відходами та вплив відходів виробництва і споживання на ґрунти і природні води. Конспект лекцій. Одеса, 2015. 104 с.  
<http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/2216/>.
3. <http://library.odku.edu.ua/> (офіційний веб-сайт бібліотеки ОДЕКУ).
4. <http://eprints.library.odku.edu.ua/> (офіційний веб-сайт репозитарію бібліотеки ОДЕКУ).

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять з дисципліни  
«Збалансоване природокористування та поводження з відходами в галузі»  
темою: «Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від  
м'ясокомбінатів»  
для студентів денної та заочної форми навчання.  
спеціальності 103 «Науки про Землю»

Укладачі:

канд. геогр. наук., доц. Барсукова О.А.,  
канд. геогр. наук., ас. Костюкевич Т.К.

Підписано до друку . Формат .

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, вул. Львівська, 15

---