

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально-науковий інститут

В. В. БЛАГОДАТНИЙ, Н. І. МАГАСЬ

УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ З МУНІЦИПАЛЬНИМИ ВІДХОДАМИ

Методичні вказівки

Рекомендовано Методичною радою НУК ім. адм. Макарова

Миколаїв
Видавець Румянцева Г.В.
2023

УДК 628.4.038(076)
Б 68

Автори:

В. В. Благодатний, кандидат техн. наук, доцент;

Н. І. Магась, кандидат техн. наук, доцент

Рецензент І. О. Ратушняк, канд. техн. наук, доцент

Благодатний В. В.

Б 68 Управління та поводження з муніципальними відходами : методичні вказівки / В. В. Благодатний, Н. І. Магась. – Миколаїв : Румянцева Г. В., 2023. – 62 с.

Рекомендовано Методичною радою НУК ім. адм. Макарова (протокол № 4 від 24 травня 2023 р.)

У методичних вказівках наведено методики визначення параметрів систем управління з побутовими відходами. Наведено приклади розрахунків апаратів переробки рідких та твердих відходів.

Методичні вказівки призначені для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальності 101 Екологія, освітньої програми «Екологія та охорона навколишнього середовища», а також для студентів за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» і можуть бути використані у курсовому та дипломному проєктуванні за названими спеціальностями.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
<i>Практична робота №1. Оцінка кількісних характеристик викидів біогазу в атмосферу від полігонів твердих побутових відходів</i>	6
<i>Практична робота № 2. Визначення потужності сміттєпереробного комплексу</i>	14
<i>Практична робота № 3. Розрахунок місткості полігону ТПВ</i>	23
<i>Практична робота № 4. Визначення кількості контейнерів для роздільного збирання відходів</i>	29
<i>Практична робота № 5. Розрахунок параметрів кульових барабанних млинів</i>	37
<i>Практична робота № 6. Розрахунок процесів сушіння осадів міських стічних вод</i>	45
<i>Практична робота № 7. Визначення об'єму продуктів згоряння твердих відходів</i>	54
Використана література	60

ВСТУП

Муніципальні відходи залишаються однією з найактуальніших проблем сьогодення. Розвиток сфери споживання призводить до істотного збільшення кількості та значних змін у якісному складі твердих побутових відходів (ТПВ). Протягом останніх десятиріч спостерігається стійка тенденція до збільшення вмісту небезпечних речовин у муніципальних відходах. Більшість з останніх складається на полігонах, де не передбачені заходи зі знешкодження відходів, а отже такі об'єкти можуть становити реальну загрозу для довкілля. Що ж до застосування спалювання муніципальних відходів воно супроводжується утворенням димових газів, леткої золи та шлаку і доцільним є тільки у тому випадку, коли воно дозволяє отримати та утилізувати теплову та електричну енергію.

Таким чином, постає нагальне завдання вдосконалення системи управління та поводження з відходами і координації дій органів державного управління, місцевого самоврядування, промислових підприємств та установ різних форм власності, а також громадських організацій у цьому напрямку. Важливою складовою стратегії управління відходами є підготовка фахівців, здатних розробляти та приймати технологічні та управлінські рішення у цій сфері, а також ознайомлення працівників інших галузей діяльності із сучасним станом та перспективними напрямками модернізації методів менеджменту та переробки муніципальних відходів.

Тому одне з провідних місць у підготовці спеціалістів з екології та охорони навколишнього середовища займає дисципліна «Управління та поводження з відходами», до якої входить модуль «Методи поводження з муніципальними відходами». Практичні роботи 1÷2 відносяться до теми «Основи стратегії управління муніципальними відходами» та спрямовані на набуття студентами навичок з оцінки поточної ситуації при управлінні побутовими відходами, практичні роботи 3÷4 – до теми «Методи управління муніципальними відходами» і мають на меті ознайомлення студентів із організацією збирання та

захоронення муніципальних відходів, а роботи 5÷7 – до теми «Методи поводження з муніципальними відходами» і мають на меті ознайомлення студентів із сучасними методами розрахунку засобів поводження з відходами. З цією метою студенти повинні засвоїти основні теоретичні положення, викладені у тексті відповідних робіт, а також виконати індивідуальні розрахункові завдання згідно з наведеними прикладами.

Матеріали методичних вказівок можуть бути використані студентами денної та заочної форми навчання за напрямом за спеціальності 101 Екологія, освітньої програми «Екологія та охорона навколишнього середовища», а також для студентів за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» і можуть бути використані при виконанні курсових робіт з дисциплін: «Управління та поводження з відходами», «Технології утилізації та рекуперації відходів», «Техноекологія», «Природоохоронні технології» та при написанні дипломних робіт.

Практична робота №1

Оцінка кількісних характеристик викидів біогазу в атмосферу від полігонів твердих побутових відходів

Під час підготовки плану поводження з відходами місцевими органами влади робиться опис та оцінка поточної ситуації, визначаються питання та проблеми поводження з відходами і ретельно розробляються заходи з розвитку та покращення системи управління відходами.

Розглянемо оцінку поточної ситуації при реконструкції та введення в дію нових ділянок на існуючих полігонах, які б відповідали сучасним екологічним вимогам,

Важливою екологічною проблемою при захороненні муніципальних відходів, є виділення біогазу. Він утворюється внаслідок анаеробного розкладання органічних речовин, які входять до складу відходів. Максимальне утворення газу спостерігається протягом 3-5 років після розміщення відходів, а потім поступово зменшується кожного наступного року приблизно на 8 %.

Оскільки суміш метану з повітрям є пожеже-небезпечною, а за вмісту CH_4 7÷15 % вибухонебезпечною, виділення полігонного газу або накопичення його у порожнинах у тілі полігону можуть становити серйозну небезпеку. Токсичні компоненти полігонного газу можуть негативно впливати на рослинність та інші живі організми. Слід враховувати також можливість переміщення біогазу на прилеглі до полігона території, що може завдати значної шкоди довкіллю. До того ж метан та двоокис вуглецю збільшують парниковий ефект, внаслідок чого й полігонний газ також віднесено до особливо небезпечних парникових газів.

Питомий вихід біогазу за період його активної стабілізованої генерації, кг/кг відходів, при метановому бродінні вологих відходів визначається за рівнянням:

$$Q_w = 10^{-6} \cdot R(100 - W)(0,92Ж + 0,62В + 0,34Б) \quad (1.1)$$

де співмножник $10^{-2} \cdot (100 - W)$ враховує, яка частка абсолютно сухих відходів, для яких складено рівняння (1), в загальній кількості реальних

вологих відходів ; R - вміст органічної складової в відходах, %; $Ж$ - вміст жироподібних речовин в органіці відходів, %; B - вміст вуглеводоподібних речовин в органіці відходів, %; $Б$ - вміст білкових речовин в органіці відходів, %.

Період повного зброджування органічної частини відходів, в роках, який визначається за наближеною емпіричною формулою:

$$t_{збр} = \frac{10248}{T_{тепл} \cdot (t_{сер.тепл})^{0,301966}}, \quad (1.2)$$

де $t_{сер.тепл}$ - середня із середньомісячних температура повітря в районі полігону твердих побутових і промислових відходів (ТПВ і ПВ) за теплий період року ($t_{сер.міс.} > 0$) , у °С; $T_{тепл}$ - тривалість теплового періоду року в районі полігону ТПВ та ПО, в добах

Кількісний вихід біогазу за рік, віднесений до однієї тонни відходів, , кг/т відходів в рік, визначається за формулою:

$$P_{нит} = \frac{Q_W}{t_{збр}} \cdot 10^3 \quad (1.3)$$

При використанні розрахункового методу інвентаризації викидів діючого полігону і при проектуванні нового або розширення існуючого полігону ТПВ може прийматися наступний середньостатистичний склад біогазу, рекомендований при проектуванні показана у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Середньостатистичний склад біогазу

Компонент	$C_{мас.і}$, %
Метан	52,915
Толуол	0,723
Аміак	0,533
Ксилол	0,443
Вуглецю оксид	0,252
Азота діоксид	0,111
Формальдегід	0,096
Етилбензол	0,095
Ангідрид сірний	0,07
Сірководень	0,026

За розрахованими кількісному виходу біогазу за рік, віднесеному до однієї тонни відходів згідно рівнянням (1.3) і ваговим відсотковим вмістом компонентів в біогазі $C_{мас.і}$, % таблиці 1.1 визначаються питомі маси компонентів, що викидаються на рік, за формулою:

$$P_{num.i} = \frac{C_{мас.і} \cdot P_{num}}{100} \quad (1.4)$$

Для розрахунку величин викидів підраховується кількість активних відходів, що стабільно генерують біогаз. При визнанні маси відходів для полігонів, що функціонують понад двадцяти років, тобто більше періоду повного зброджування ($t_{збр}$), враховують останні двадцять років, а у випадку функціонування менше двадцяти років – з початку роботи полігону. При цьому в обох випадках виключають відходи, завезених в останні два роки.

Таким чином кількість активних відходів, що стабільно генерують біогаз дорівнюють, т:

$$\sum D = (t_{збр} - 2) \cdot M_{рік} \quad (1.5)$$

де $M_{рік}$ – маса відходів, що вивозяться на полігон, т/рік.

Максимальні разові викиди i -го компонента біогазу з полігону, г/с, визначаються за формулою:

$$G_{сум} = \frac{P_{num} \cdot \sum D}{T_{тепл} \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 10^3 \quad (1.6)$$

Максимальні разові викиди i – го компонента біогазу з полігону, г/с :

$$G_i = 0,01 \cdot C_{мас.і} \cdot G_{сум} \quad (1.7)$$

З урахуванням коефіцієнта нерівномірності валові викиди i -го забруднюючої речовини ,т/рік, з полігону визначаються за формулою:

$$M_{сум} = G_{сум} \cdot \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (1.8)$$

де a і b – відповідно періоди теплої і холодної пори року в місяцях (a при $t_{сер.міс} > 8^{\circ}C$; b при $0 < t_{сер.міс} \leq 8^{\circ}C$).

Валові викиди i -го забруднюючої речовини, т/рік, з полігону:

$$M_i = 0,01 \cdot C_{\text{мас.}i} \cdot M_{\text{сум}} \quad (1.9)$$

Приклад 1. Визначити кількість шкідливих речовин, що потрапляють у атмосферу при виділенні біогазу на полігоні ТПВ, що експлуатується понад 20 років. Результати аналізів проб відходів, відібраних на полігоні показали :вміст органічної складової у відходах $R = 54 \%$; вміст жироподібних речовин в органіці відходів $Ж = 5 \%$; вміст вуглеводоподібних речовин в органіці відходів $B = 85 \%$; вміст білкових речовин в органіці відходів $Б = 10\%$; середня вологість відходів $W = 50 \%$. Середня із середньомісячних температура повітря у районі полігону ТПВ за теплий період року $t_{\text{сер.тепл}} = 12,11 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Тривалість теплого періоду року в районі полігону ТПВ $T_{\text{тепл}} = 240$ діб . Періоди пори року теплої - $a = 5$ міс та холодної - $b = 3$ міс. Маса відходів, що вивозяться на полігон $M_{\text{рік}} = 50000$ т/рік.

Розв'язок:

За формулою (1.2) визначаємо питомий вихід біогазу за період активного його виділення :

$$Q_w = 10^{-6} \cdot 54(100 - 50)(0,92 \cdot 5 + 0,62 \cdot 85 + 0,34 \cdot 10) = 0,164 \text{ кг/кг відходів}$$

Період активного виділення біогазу згідно з рівнянням (1.2):

$$t_{\text{збр}} = \frac{10248}{240 \cdot (12,11)^{0,301966}} = 20 \text{ років}$$

Питомий кількісний вихід біогазу:

$$P_{\text{пит}} = \frac{0,164}{20} \cdot 10^3 = 8,2 \text{ кг / (т відходів на рік)}$$

Зводимо у таблицю 1.2 величини питомих мас компонентів біогазу

Таблиця 1.2 Величини питомих мас компонентів біогазу

№	Компонент	$P_{num.i} = \frac{C_{мас.i} \cdot P_{num}}{100}$, кг/т відходів на рік
1	Метан	$P_{num.1} = \frac{52,915 \cdot 8,2}{100} = 4,3390$
2	Толуол	$P_{num.2} = \frac{0,723 \cdot 8,2}{100} = 0,0592$
3	Аміак	$P_{num.3} = \frac{0,533 \cdot 8,2}{100} = 0,0437$
4	Ксилол	$P_{num.4} = \frac{0,443 \cdot 8,2}{100} = 0,0363$
5	Вуглецю оксид	$P_{num.5} = \frac{0,252 \cdot 8,2}{100} = 0,0207$
6	Азоту діоксид	$P_{num.6} = \frac{0,111 \cdot 8,2}{100} = 0,0091$
7	Формальдегід	$P_{num.7} = \frac{0,096 \cdot 8,2}{100} = 0,0079$
8	Етилбензол	$P_{num.8} = \frac{0,095 \cdot 8,2}{100} = 0,0078$
9	Ангідрид сірчистий	$P_{num.9} = \frac{0,070 \cdot 8,2}{100} = 0,0057$
10	Сірководень	$P_{num.10} = \frac{0,026 \cdot 8,2}{100} = 0,0021$

Кількість активних відходів, що стабільно генерують біогаз, згідно з формулою (1.5) :

$$\sum D = (20 - 2) \cdot 50000 = 9 \cdot 10^5 \text{ т}$$

Максимальні разові викиди i -го компонента біогазу з полігону , г/с, розраховують за формулою (1.6):

$$G_{sum} = \frac{8,2 \cdot 9 \cdot 10^5}{240 \cdot 24 \cdot 3600} \cdot 10^3 = 355,9 \text{ г/с}$$

Зводимо у таблицю 1.3 максимальні разові викиди i – х компонентів біогазу з полігону:

Таблиця 1.3 Максимальні разові викиди компонентів біогазу з полігону

№	Компонент	$G_i = 0,01 \cdot C_{мас.і} \cdot G_{сум}, \text{ г/с}$
1	Метан	$G_1 = 0,01 \cdot 59,915 \cdot 355,9 = 213,237$
2	Толуол	$G_2 = 0,01 \cdot 0,723 \cdot 355,9 = 2,573$
3	Аміак	$G_3 = 0,01 \cdot 0,533 \cdot 355,9 = 1,896$
4	Ксилол	$G_4 = 0,01 \cdot 0,433 \cdot 355,9 = 1,541$
5	Вуглецю оксид	$G_5 = 0,01 \cdot 0,252 \cdot 355,9 = 0,897$
6	Азоту діоксид	$G_6 = 0,01 \cdot 0,111 \cdot 355,9 = 0,395$
7	Формальдегід	$G_7 = 0,01 \cdot 0,096 \cdot 355,9 = 0,342$
8	Етилбензол	$G_8 = 0,01 \cdot 0,095 \cdot 355,9 = 0,338 =$
9	Ангідрид сірчистий	$G_9 = 0,01 \cdot 0,070 \cdot 355,9 = 0,249$
10	Сірководень	$G_{10} = 0,01 \cdot 0,026 \cdot 355,9 = 0,092$

Валові викиди біогазу з полігону визначають за формулою (1.8):

$$M_{сум} = 355,9 \cdot \left(\frac{5 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{3 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1,3} \right) \cdot 10^{-6} = 6814,116 \text{ т/рік}$$

Зводимо у таблицю 1.4 валові викиди і-х забруднюючих речовин з полігону:

Таблиця 1.4 Валові викиди забруднюючих речовин з полігону

№	Компонент	$M_i = 0,01 \cdot C_{мас.і} \cdot M_{сум}, \text{ т / рік}$
1	Метан	$M_1 = 0,01 \cdot 59,915 \cdot 6814,116 = 4082,678$
2	Толуол	$M_2 = 0,01 \cdot 0,723 \cdot 6814,116 = 49,266$
3	Аміак	$M_3 = 0,01 \cdot 0,533 \cdot 6814,116 = 36,319$
4	Ксилол	$M_4 = 0,01 \cdot 0,433 \cdot 6814,116 = 29,505$
5	Вуглецю оксид	$M_5 = 0,01 \cdot 0,252 \cdot 6814,116 = 17,172$
6	Азоту діоксид	$M_6 = 0,01 \cdot 0,111 \cdot 6814,116 = 7,564$
7	Формальдегід	$M_7 = 0,01 \cdot 0,096 \cdot 6814,116 = 6,542$
8	Етилбензол	$M_8 = 0,01 \cdot 0,095 \cdot 6814,116 = 6,473$
9	Ангідрид сірчистий	$M_9 = 0,01 \cdot 0,070 \cdot 6814,116 = 4,770$
10	Сірководень	$M_{10} = 0,01 \cdot 0,026 \cdot 6814,116 = 1,771$

Крім того кількість біогазу що утворюється на полігоні ТПВ, м³, можна визначити за формулою:

$$V_{\text{б}} = P_{\text{в}} \cdot K_{\text{ор}} \cdot (1 - Z) \cdot K_{\text{р}} \cdot K_{\text{е}} \cdot K_{\text{з}}, \quad (1.10)$$

де $P_{\text{в}}$ – загальна маса муніципальних відходів, кг; $K_{\text{ор}}$ – вміст органічних речовин, що легко розкладаються, у 1 т відходів ($K_{\text{ор}} = 0,5 \dots 0,7$); Z – зольність органічної речовини ($Z = 0,2 \dots 0,3$); $K_{\text{р}}$ – максимально можливий ступінь анаеробного розкладання органічної речовини за розрахунковий період ($K_{\text{р}} = 0,4 \dots 0,5$); $K_{\text{е}}$ – коефіцієнт ефективності системи збирання біогазу ($K_{\text{е}} = 0,5$); $K_{\text{з}}$ – коефіцієнт запасу на непередбачені обставини ($K_{\text{з}} = 0,65 \dots 0,70$).

Для використання полігонного газу розробляють системи поводження, до яких і входять свердловини, газозбірні пункти з трубопроводами транспортування біогазу від свердловин, проміжні і магістральний газопроводи, дегазаційна установка для вилучення біогазу зі свердловин, вузол підготування біогазу до утилізації, накопичувальна ємність біогазу (газгольдер), свіча для спалювання біогазу у аварійних ситуаціях або за наявності його надлишку, вузол використання газу, наприклад, газовий двигун чи генератор.

Збирання полігонного газу здійснюється за допомогою системи перфорованих або щілинних труб з поліетилену високої густини (HDPE), встановлених у заповнених ґравієм траншеях або шахтах, які часто називають газозбірними колодязями. Кожен такий колодязь обладнують регулювальними засувками, манометром, а також пристроями для вимірювання витрат газу та контролю за його складом. Це дає змогу коригувати надходження газу до системи відповідно його якості.

Ефективність збирання біогазу суттєво підвищується, якщо вертикальні газозбірні колодязі доповнити системою горизонтальних газозбірних труб (рис 1.1).

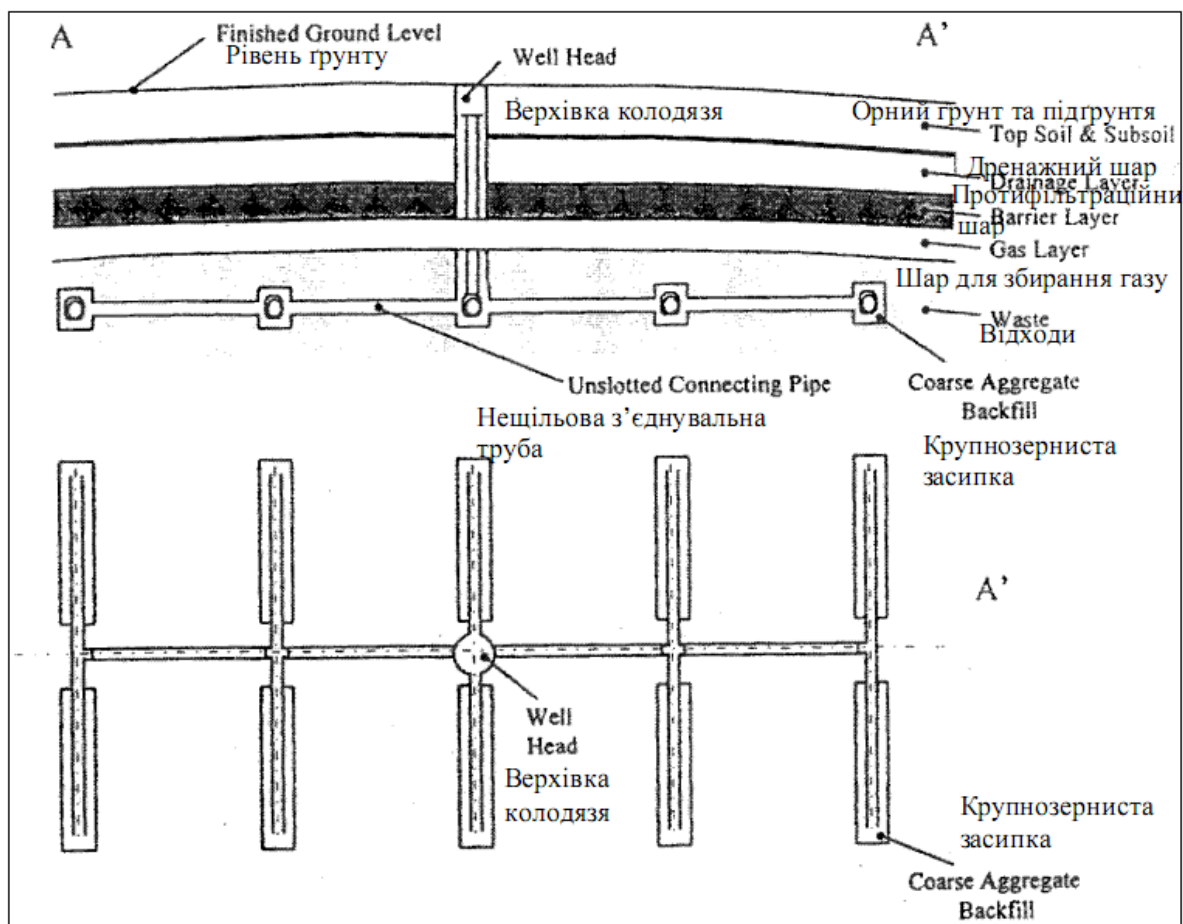


Рис. 1.1. Приклад горизонтальних газозбірних колодязів

Транспортування полігонного газу може здійснюватися за рахунок тиску зібраного газу (пасивна система) або всмоктування насосами, приєднаними до мережі збирання (активна системи). Як правило, для видобування полігонного газу використовуються водо кільцеві насоси або відцентрові компресори продуктивністю від 150 м³/год. до 3000 м³/ год.

Підготування біогазу до утилізації полягає у його осушенні та очищенні від негорючих та токсичних речовин.

Найбільш поширеним видом використання отриманого газу є виробництво електроенергії для внутрішніх потреб або для реалізації зовнішнім споживачам. Однак такий спосіб потребує обов'язкової утилізації теплоти відхідних газів з метою підвищення ефективності використання енергії, яка за відсутності засобів рекуперації складає 25-40.

Набагато простішим та дешевшим способом використання полігонного газу є його спалювання з метою отримання теплової енергії. Проте рентабельність такого способу значною мірою залежить від вартості транспортування газу. На практиці відстань від установки спалювання до споживача не повинна перевищувати 5-10 км, в залежності від місцевих умов.

Якщо якість полігонного газу є занадто низькою, щоб його можна було використовувати для отримання енергії, його слід спалювати у факельних установках.

Практична робота № 2

Визначення потужності сміттєпереробного комплексу

Сміттєпереробні комплекси призначені для відділення та переробки цінних компонентів побутових відходів. Основними складовими частинами таких комплексів є сортувальні лінії. На сучасних сміттєпереробних комплексах може бути відділено до 10–15 різних видів вторинних матеріалів, зокрема, папір, картон, пластмаси, скло, алюмінієві та сталеві банки, текстильні матеріали, чорні та кольорові метали, деревина. Передбачається також утилізація холодильників та інших предметів домашнього вжитку, електричних та електронних товарів, відходів будівництва та руйнування, садових відходів, великогабаритних відходів, спалювання неутилізованих відходів, для спеціальна обробки побутових небезпечних відходів тощо.

Процес переробки включає декілька ступенів, які, за винятком ручного сортування, контролюються електронними мікропроцесорними системами і управляються оператором, який здійснює моніторинг процесів та через систему зв'язку повідомляє обслуговуючий персонал про будь-які проблеми, що виникають.

Схему сучасного сміттєпереробного комплексу показано на рис 2.1. Відходи надходять на перекидний майданчик, звідки за допомогою перекидної плити спрямовуються на дробарку сміттєвих пакетів, де останні розривають за

допомогою високошвидкісного циліндра. Рівномірне наповнення дробарки досягається за рахунок зміни швидкості руху плити і висоти завантаження.

Після дробарки відходи рівномірно розподіляють по майданчиках ручного сортування, де відділяють технічний поліетилен (PET), поліетилен високої густини (HDPE) та інші матеріали, які можуть використовуватися як вторинна сировина. Ці матеріали спеціальним конвеєром подають на гідравлічний пакетувальний прес.

Решта відходів потрапляє до модуля магнітної сепарації, який складається з декількох магнітних конвеєрів. Спочатку на верхньому сепараційному конвеєрі за допомогою магнітних роликів валків відділяються залізовмісні відходи разом з папером, що застрягає між валками. Відокремлення чорних металів від паперу здійснюється у нижньому магнітному сортувальному конвеєрі, куди вони скидаються з верхнього сепаратора. Остаточне відділення залишків паперу від металу відбувається у очисному пристрої, до якого вони потрапляють за допомогою розвантажувального конвеєра залізовмісних матеріалів. Папір, відсортований у нижньому магнітному конвеєрі подається до приймального пристрою модуля повітряної сепарації, а папір, відділений у очисному пристрої – на конвеєр важких фракцій.

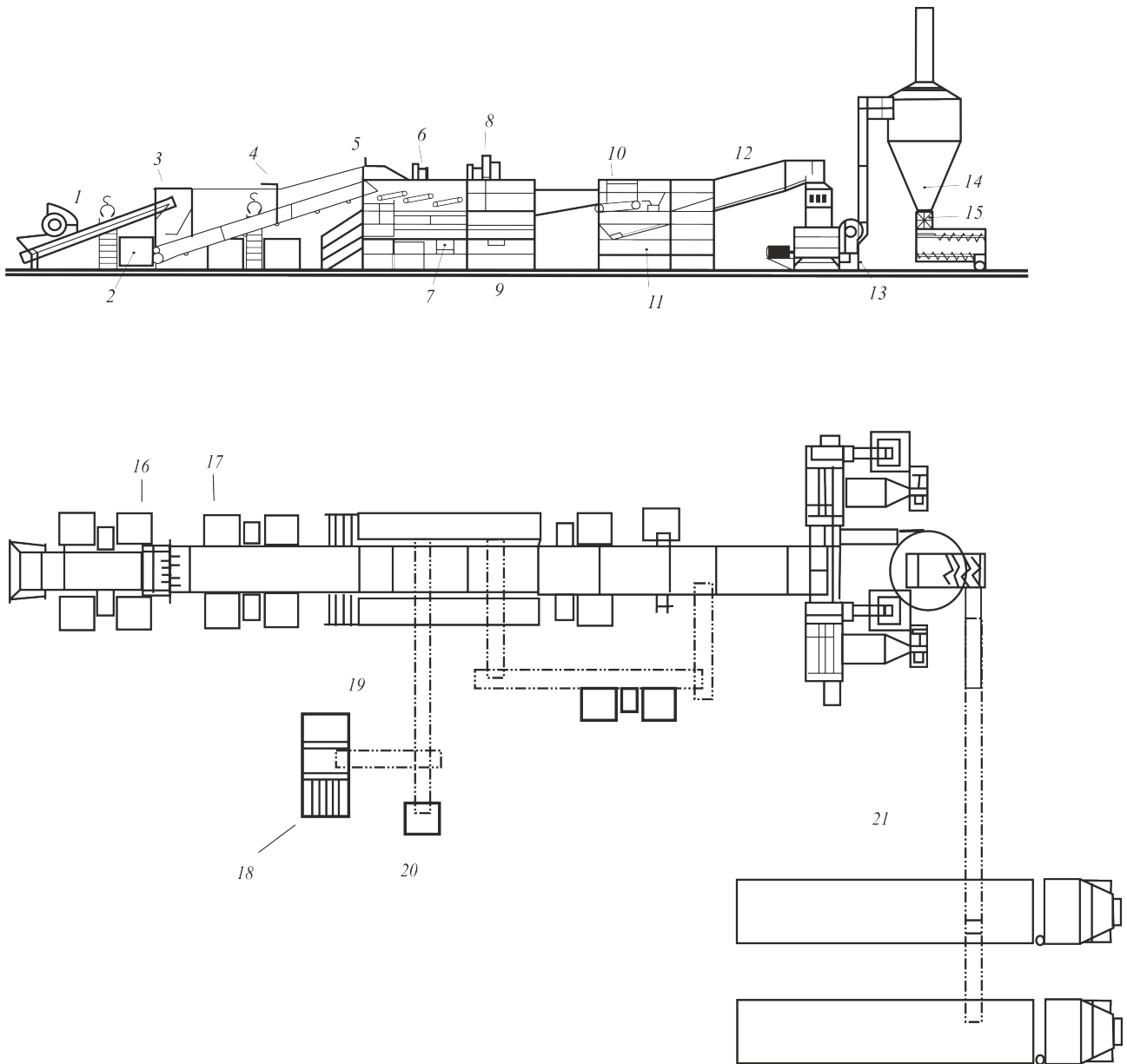


Рис. 2.1. Схема сміттєпереробного заводу:

1 – перекидна плита і валик рівномірного завантаження, 2 – ящик попереднього сортування, 3 – дробарка, 4 – рампа завантаження сепаратора, 5 – гідравлічна секція, 6 – магнітна секція, 7 – конвеєр чорних матеріалів, 8 – контейнер повітряного сортування, 9 – конвеєр важких фракцій, 10 – сепаратор вихрового потоку, 11 – відведення алюмінію, 12 – конвеєр палива з сміттєвих відходів, 13 – проміжний бункер, 14 – циклонна установка, 15 – повітряний клапан, 16, 17 – майданчики попереднього ручного сортування, 18 – бункер чорних металів, 19 – конвеєр чорних металів, 20 – скляний бій, 21 – вихід палива.

Відходи, що не були відокремлені у магнітному сепараторі, піддаються повітряній сепарації у модулі повітряного сортування. Звідти важкі матеріали (харчові відходи, одноразові серветки, взуття, дерево і кольорові метали) потрапляють на конвеєр важких фракцій, де з них вручну за допомогою металевого детектора вилучають кольорові метали. Легкі матеріали, що містять папір, пластик і алюміній, надходять до сепаратора вихрового потоку, розташованого під конвеєром. Тут під впливом потужного поля, що створюється магнітами рідкоземельних елементів, відділяється алюміній, який по збирально-розвантажувальному конвеєру виводиться з модуля і завантажуються у контейнер.

Залишкові матеріали з конвеєра важких фракцій та сепаратора вихрового потоку, що складаються в основному з паперу й пластику, скидаються у розвантажувальний конвеєр технологічно обробленого палива, де за допомогою конвеєра подвійної подачі потік розділяється і спрямовується на виготовлення компосту, палива або гранульованих добрив.

Технологічний процес виготовлення палива включає операції подрібнення та відділення відцентровому вентиляторі важких матеріалів (металів, скла, каміння тощо), які не були вилучені протягом попередніх сортувань і які подаються по конвеєру в контейнери. Матеріали, що залишилися, містять папір, пластик, і горючі органічні речовини. Їх спрямовують шнеком до проміжного бункера, звідки потрапляють у високоефективний циклон. У циклоні одночасно з розділенням відбувається сушіння частинок гарячим повітрям. Висушені матеріали висипаються з дна циклонної установки через повітряну трубу у рухомі резервуари-накопичувачі, звідки вони або надсилаються прямо в камеру згоряння для отримання енергії або в напівпричіп для транспортування до місця виробництва енергії. Частинки дуже великих розмірів збираються в контейнери і потім повертаються у процес роздрібнення. Вологе повітря викидається у атмосферу через витяжну трубу у верхній частині циклонної установки.

При виготовленні гранульованого палива частинки просіюють через великий сітчастий фільтр. Просів збирається під фільтром, пресується, і

потрапляє до ущільнювача. Решта матеріалу за допомогою U-подібного шнеку направляється безпосередньо до гранулятора. Для висушування матеріалу в систему гранулювання вбудований потужний сушильний елемент, з якого до гранулятора надходить гаряче повітря. Виготовлені гранули охолоджуються у спеціальних елеваторах і подаються по конвеєру у сховище або на транспортувальні засоби.

Продуктивність сміттєпереробного заводу визначається кількістю ТПВ, що утворюються на території, для обслуговування якої він розробляється. Обсяги накопичення ТПВ визначаються на основі натурних замірів обсягів накопичення ТПВ на найважливіших об'єктах їх утворення (житлових будинках та об'єктах невиробничої сфери), а також на основі даних обліку вивезення ТПВ за останні 3 роки.

Натурні заміри роблять за стандартною (типовою) методикою проведення досліджень та визначення норм накопичення твердих побутових відходів для населених пунктів. Згідно з цією методикою, на визначальних для даного населеного пункту об'єктах, таких як житлові будинки, адміністративні установи, заклади освіти, соціально - культурної та побутової сфери, торгівлі тощо, передбачається проведення натурних замірів обсягів накопичення ТПВ. У зв'язку з істотною нерівномірністю утворення муніципальних відходів протягом різних сезонів року, а також протягом тижня (внаслідок відмінностей у організації побуту мешканців під час робочих та вихідних днів), дослідження проводяться навесні, влітку, восени та взимку впродовж семи днів поспіль, або кількості днів кратному семи.

У житловому секторі повинні вимірюватися відходи, що утворюються приблизно 0,5 відсотками (але не менш ніж по 2000 чоловік) мешканців кожного виду житлової забудови. Для замірів обирається по три об'єкти накопичення для кожного виду муніципальних відходів:

- житлові будинки: багатоквартирні із сміттєпроводами, багатоквартирні без сміттєпроводів та індивідуальної забудови;

- установи: адміністративні та громадські установи, заклади освіти, об'єкти, соціально - культурної та побутової сфери;
- заклади торгівлі: супермаркети, промтоварні крамниці, ринки.

На обраних об'єктах здійснюються щоденні заміри об'ємів накопичення ТПВ за об'ємом сміттєзбирального контейнера, який вони займають, а також періодичні заміри маси, шляхом зважування відходів при їх завантаженні у сміттєвози.

Первинні дані замірів заносяться до спеціальних журналів експериментальних даних, систематизуються, і після вилучення результатів з випадковими несистематичними граничними відхиленнями заносяться до табличних форм первинних даних. Наступним етапом є обробка отриманих даних за стандартними методиками статичного опрацювання та аналізу експериментальних даних наукових досліджень із визначенням середньостатистичних величин, показників точності досліджень, середніх значень досліджуваних величин, їх довірчих інтервалів тощо.

За даними замірів визначаються середньодобові та річні обсяги накопичення ТПВ на обраних як середня арифметична їх величина для прийнятих повторностей.

Після цього за наявною структурою об'єктів утворення ТПВ розраховуються загальні обсяги накопичення ТПВ в цілому по місту, м³/рік, за залежністю:

$$W_p = \sum_{i=1}^4 \tau_i \cdot (N_6 \cdot n_{6i} + N_{\Pi} \cdot n_{\Pi i}) \cdot k_1 \quad (2.1)$$

де W_p – загальні річні обсяги утворення ТПВ, м³, τ_i – тривалість сезону (зими, літа, весни та осені), днів; N_6 – кількість мешканців багатоквартирних будинків; n_{6i} – добові обсяги утворення ТПВ на 1 мешканця багатоквартирних будинків для i -го сезону, м³; N_{Π} – кількість мешканців індивідуальних (приватних) будинків; n_{Π} – добові обсяги утворення ТПВ на 1 мешканця сектору приватної (індивідуальної) забудови для i -го сезону, м³; k_1 – коефіцієнт

збільшення загальних обсягів накопичення ТПВ у місті за рахунок невиробничої сфери (адміністративних та комерційних відходів), $k_I = 1,09$.

Відповідно загальна річна маса ТПВ міста, т/ рік:

$$Q_p = 0.001 \cdot W_p \cdot \rho_c \quad (2.2),$$

де ρ_c – загальнозважена густина змішаних ТПВ, кг/м^3 , що визначиться за залежністю:

$$\rho_c = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \frac{N_{\text{б}} \cdot n_{\text{б}i} \cdot \rho_{\text{б}i} + N_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}i} \cdot \rho_{\text{п}i} + 0,1 \cdot (N_{\text{б}} \cdot n_{\text{б}i} + N_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}i}) \cdot \rho_{\text{н}i}}{N_{\text{б}} \cdot n_{\text{б}i} + N_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}i} + 0,1 \cdot (N_{\text{б}} \cdot n_{\text{б}i} + N_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}i})} \quad (2.3)$$

де $\rho_{\text{б}i}$, $\rho_{\text{п}i}$, $\rho_{\text{н}i}$ – густина ТПВ, кг/м^3 , які утворюються, відповідно, у секторі багатоквартирної житлової забудови, індивідуальної забудови (приватному секторі) та у невиробничій сфері для i -го сезону.

Вибір обладнання сміттєпереробного заводу здійснюється за годинною продуктивністю кожного цеху з урахуванням можливого простоювання устаткування з метою його ремонтування та усунення експлуатаційних неполадок. Слід також враховувати перерви у доставці відходів на завод у вихідні та деякі святкові дні, а також тривалість доставки ТПВ протягом доби.

Звідси розрахункова добова потужність (максимально можлива продуктивність) Q_d заводу за початковими ТПВ складає:

$$Q_d = \frac{Q_p}{\tau_p} \quad (2.4)$$

де, Q_p – задана річна продуктивність заводу тис. т/рік; Q_d – добова потужність, т/добу; τ_p – тривалість роботи сміттєсортувального цеху протягом року, діб.

До цеху сортування надходить 100 % початкових ТПВ. Робота цеху сортування залежить від режиму доставки ТПВ на завод. Враховуючи нерівномірність надходження сміттєвозів на розвантаження, розрахункова годинна продуктивність (подача ТПВ) сміттєсортувального цеху повинна складати:

$$q = \frac{Q_d \cdot k_n}{\tau_{\text{доб}}} \quad (2.5),$$

де q – годинна продуктивність цеху, т/год ; k_n – коефіцієнт, що враховує нерівномірність надходження сміттєвозів на розвантаження, $\tau_{\text{доб}}$ – тривалість роботи сміттєсортувальної лінії протягом доби, год.

Тоді необхідна кількість сміттєсортувальних ліній дорівнюватиме:

$$n = \frac{q}{q_1} \quad (2.6)$$

де q_1 – продуктивність однієї лінії сортування, т/год.

Для визначення продуктивності цеху термічної обробки необхідний розрахунок матеріальних потоків відходів на стадії сортування початкових ТПВ. Відсоток відходів, що надходять на термообробку:

$$w_{\text{п}} = 100 - (w_{\text{ц}} + w_{\text{н}}) \quad (2.7),$$

де $w_{\text{ц}}$ – вміст у відходах ресурсоцінних компонентів, що можуть бути відсортовані, %; $w_{\text{н}}$ – відсоток відсортованого не перероблюваного та негорючого залишку.

Річна кількість відходів, т/рік, які надходять на термообробку, визначається за формулою:

$$Q_{\text{п}} = \frac{(Q_{\text{р}} \cdot w_{\text{п}})}{100} \quad (2.8)$$

Цех термічної обробки повинен працювати безперервно, тобто 3 зміни на добу, 365 днів на рік. Задана продуктивність та безперебійна робота цеху забезпечується шляхом встановлення резервного обладнання. Номінальна годинна продуктивність, т/год, цеху термообробки:

$$q_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{365 \cdot 24} \quad (2.9)$$

Кількість відходів, що необхідно буде захороняти (вивозити на полігон ТПВ), т/рік дорівнює:

$$Q_{\text{в}} = w_{\text{н}} \cdot Q_{\text{р}} + A^{\text{р}} \cdot Q_{\text{п}}, \quad (2.10)$$

де $A^{\text{р}}$ – зольність палива, що виготовлено з ТПВ, %.

Слід зазначити, що за умови застосування описаних вище сучасних методів переробки сміття, а також використання перспективних технологій піролізу та газифікації, кількість відходів, що утворюються у цеху термічної обробки буде значно нижчою, ніж при спалюванні несорттованих ТПВ.

Запас відходів, необхідний для безперервної роботи сміттепереробного заводу, повинен дорівнювати приблизно подвійній добовій потужності сміттесортувального цеху, а для забезпечення роботи цеху термообробки необхідний п'ятидобовий запас.

Приклад 2. Розрахувати продуктивність сміттепереробного заводу, а також роботу його окремих цехів, якщо кількість початкової сировини $Q_p = 150$ тис.т/рік. Вміст у відходах ресурсоцінних компонентів, що можуть бути відсортовані $w_{\text{ц}} = 20$ %, а неперероблюваного та негорючого залишку – $w_{\text{н}} = 30\%$. Тривалість роботи сміттесортувального цеху протягом року $\tau_p = 300$ діб, а протягом доби – $\tau_{\text{доб}} = 16$ год. Продуктивність однієї лінії сортування $q_1 = 20$ т/год.

Розв'язок:

Розраховуємо добову потужність заводу за початковими ТПВ за формулою (2.4):

$$Q_d = 150000 / 300 = 500 \text{ т/добу}$$

Приймаємо коефіцієнт нерівномірності надходження сміттевозів на розвантаження рівним 1,2. Тоді середня годинна продуктивність цеху сортування згідно з формулою (2.5) дорівнює:

$$q = \frac{500 \cdot 1,2}{16} = 37,5 \text{ т/год}$$

Розраховуємо необхідну кількість ліній сортування за формулою (2.6):

$$n = 37,5 / 20 = 1,875 \approx 2$$

Отже, для заводу потрібні дві лінії сортування.

Відсоток відходів, що надходять на термообробку, знаходимо за формулою (2.7):

$$w_{\Pi} = 100 - (20 + 30) = 50 \%$$

Кількість відходів, що надходять на термообробку, визначаємо за формулою (2.8)

$$Q_{\Pi} = \frac{(150000 \cdot 50)}{100} = 75000 \text{ т/рік}$$

Номінальна годинна продуктивність цеху термічної обробки, виходячи з кількості відходів, що надходять до нього, складає:

$$q_{\Pi} = \frac{75000}{365 \cdot 24} = 8,6 \text{ т/год}$$

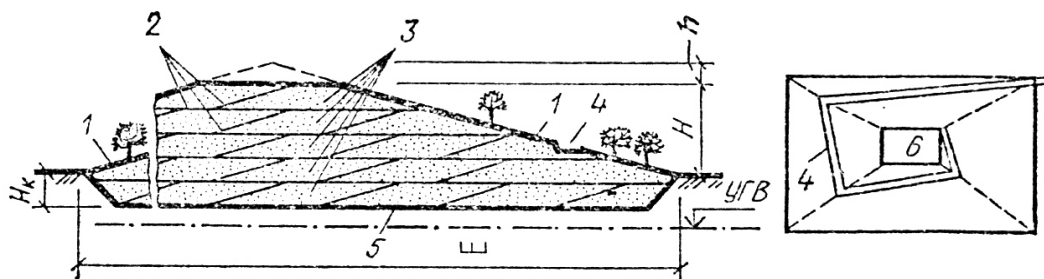
Практична робота № 3

Розрахунок місткості полігону ТПВ

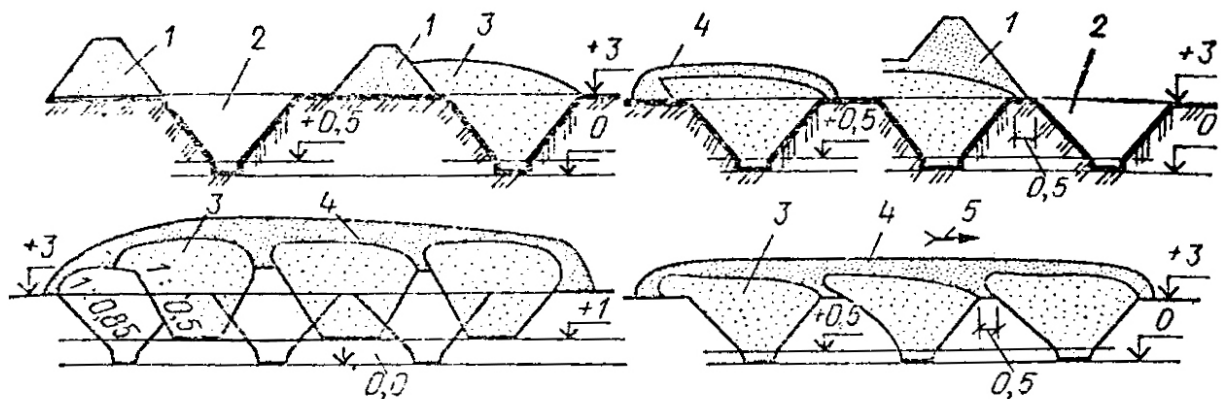
Головним критерієм вибору площі земельної ділянки, що відводиться під полігон ТПВ, є термін його експлуатації. Він повинен складати щонайменше 15...20 років, а якщо місцеві умови дозволяють, то й більше. Тип ділянки визначається рельєфом місцевості. Основними типами ділянок є плоскі, у ярах та на відпрацьованих кар'єрах (кар'єрні). Найекономічнішою є квадратна форма земельних ділянок.

Схема складування сміття показана на рис. 3. на плоских ділянках полігонів залежить від навантаження. Якщо останнє перевищує 120 тис. м³ ТПВ на рік, застосовують висотну схему, а якщо воно менше за 120 тис. м³ ТПВ в рік – траншейну схему.

За висотної схеми складування будівництво та експлуатація ділянок проводиться у декілька черг. Складування відходів на ділянках кожної черги проводиться протягом 3...5 років до досягнення висоти 4...5...6,75 м, а після заповнення усіх ділянок висоту насипу ТПВ збільшують до проектної позначки.



а



б

Рис.3.1 Схеми полігонів ТПВ

- а) – висотна: 1 – зовнішня ізоляція; 2 – проміжна ізоляція; 3 – ТПВ; 4 – дорога;
5 – водотривка основа; 6 – верхній майданчик.
- б) – траншейна: 1 – ґрунт, вилучений при викопуванні траншей; 2 – траншея; 3 – ТПВ; 4 – проміжна ізоляція; 5 – напрям домінуючих вітрів.

Враховуючи рельєф місцевості і черговість складування ТПВ, ділянку розбивають на ряд котлованів, а ,якщо ухил ділянки завбільшки 0,5 % – на каскад котлованів.

За траншейної схеми на кожній ділянці заповнюється 2...3 яруси траншей по висоті. Експлуатація кожної ділянки траншеї у одному ярусі триває не менше 5 років (як виняток 3 роки). Траншеї для складування ТПВ розташовують перпендикулярно напрямку пануючих вітрів. Їхня глибина складає 3...6 м, ширина зверху – 6...12м, а довжина повинна забезпечувати

приймання ТПВ протягом 1...2 міс за температури вище 0 °С та всього періоду промерзання ґрунтів за температури нижче 0 °С .

Заповнення ділянки складування ТПВ у ярах (рис. 3.2) по довжині починається з верхів'я. Кожна черга будівництва з боку пониження має бути захищена від обвалів ТПВ ґрунтовою дамбою. Перепад висот в межах одного каскаду повинен бути не більше 10 м.

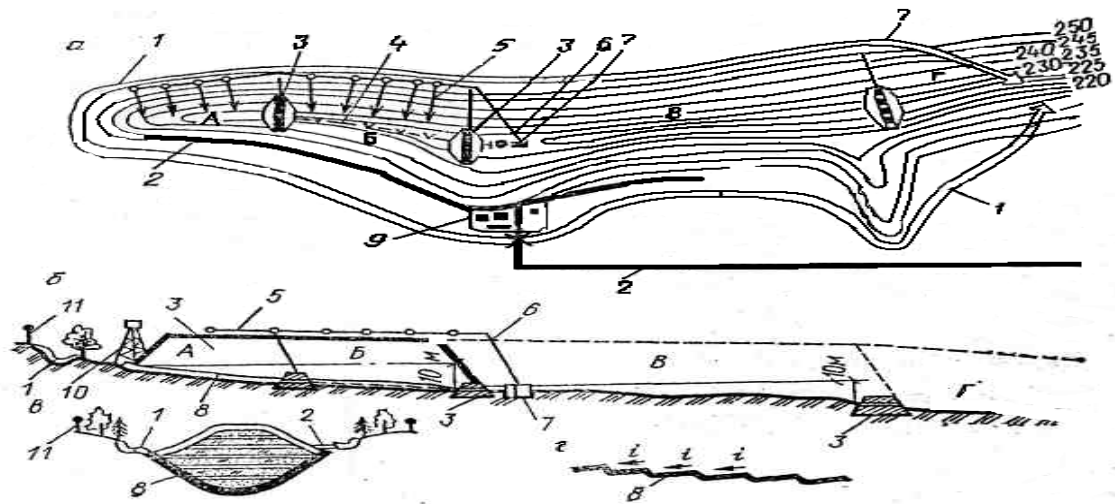


Рис. 3.2. Високонавантажуваний полігон ТПВ в яру по багатокаскадній схемі
а – схематичний план; б, в – схематичні подовжній і поперечний розрізи; г –
уступи в основі зі зворотним ухилом; 1 – нагірна канава; 2 – під'їзна дорога; 3 –
земляна гребля; 4 — самопливна каналізація фільтрату; 5 – збірно-розбірний
розподільний фільтратопровід; 6 – магістральний напірний фільтратопровід; 7
– насосна станція фільтрату; 8 – протифільтраційний екран; 9 – господарська
зона; 10 – щогла електроосвітлення; 11 – огорожа; А – перший каскад першої
черги складування ТПВ; Б – другий каскад першої черги; В – ділянка
складування на другу чергу; Г – ділянка складування відходів на перспективу;
220... 250 – умовні відмітки горизонталей

У вироблених кар'єрах складування ТПВ по висоті проводиться пошарово (рис. 3.3 до рівня брівки кар'єру(схема вирівнювання), або із значно вище за неї (висотна схема). Ділянки повинні бути обладнані з'їздами до нижньої позначки розвантаження сміттевозів . Ґрунт для ізоляції отримують за рахунок розробки частини укосу або поглиблення кар'єру і складують в кавальєрах на його брівці.

Якщо висота або глибина(для полігонів у кар'єрах і ярах) полігону перевищує 20 м і навантаження на використовувану площу більше за 10 т/м² за 100 тис. т/га, то його відносять до категорії високонавантажуваних.

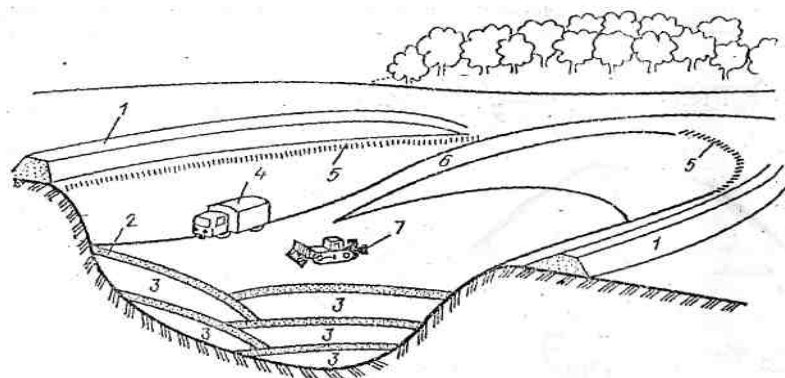


Рис. 3.3 Схема полігону у виробленому кар'єрі

1 – кавальєр ґрунту; 2 – проміжна ізоляція; 3 – шар ущільнених ТПВ заввишки 2 м; 4 – сміттевоз; 5 – брівка кар'єру; 6 – з'їзд (пандус); 7 – бульдозер.

Необхідна площа ділянок для високонавантажуваних полігонів Φ , га, на стадії попередніх розрахунків може бути визначена за емпіричною формулою:

$$\Phi = (\sqrt{H} + 0,0H) \cdot \left(\frac{T}{15} \right)$$

де H — середня чисельність населення міст за розрахунковий термін, тис. чол (при $H > 1$); T — розрахунковий термін експлуатації полігонів, років ($10 < T < 25$).

Для обґрунтування необхідної площі ділянки полігону розраховують кількість ТПВ, яка буде доставлена на нього за розрахунковий час (теоретична

місткість). Теоретичну місткість полігону E_T на розрахунковий термін визначають за формулою:

$$E_T = \frac{K_2}{4K_1} \cdot T \cdot (Y_1 + Y_2) \cdot (H_1 + H_2)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує ущільнення ТПВ в процесі експлуатації полігону за весь термін T ; K_2 – коефіцієнт, що враховує об'єм проміжних і остаточних зовнішніх ізолюючих шарів ґрунту; Y_1 і Y_2 – питомі річні норми накопичення ТПВ за об'ємом на перший і останній роки експлуатації, $\text{м}^3/(\text{чолрік})$; H_1 і H_2 – кількість населення, що обслуговується полігоном на перший і останній роки експлуатації, чол.

За висотної схеми складування фактична місткість полігону E_ϕ з урахуванням ущільнення визначається за формулою зрізаної піраміди :

$$E_\phi = \frac{1}{3} H (C_1 + C_2 + \sqrt{C_1 C_2}) + \frac{1}{3} H_K (C_1 + C_3 + \sqrt{C_1 C_3}) \quad (3.1)$$

де C_1, C_2, C_3 – площі полігону на рівні землі, верхнього майданчика і днища котловану, м^2 ; H_K – глибина котловану в основі полігону, м; H – висота полігону над рівнем ґрунту:

$$H = (Ш - Ш_B)/8 \quad (3.2)$$

де $Ш$ – ширина ділянки складування у основі, м; $Ш_B = 18 \dots 45$ м – ширина верхнього майданчика, м.

Потребу в ізолюючому матеріалі B_Γ визначають за формулою:

$$B_\Gamma = E_\phi (1 - 1/K_2) \quad (3.3)$$

Середню проектовану глибину котловану в основі полігону визначають за формулою:

$$H_K = 1,1 B_\Gamma / C_1$$

де 1,1—коефіцієнт, що враховує укоси і картову схему експлуатації котловану.

Об'єм ТПВ на полігоні в ущільненому стані B_y складає:

$$B_y = E_\phi - B_\Gamma \quad (3.4)$$

Об'єм ТПВ, який може прийняти полігон за весь період експлуатації T в неущільненому стані, складає:

$$B_H = B_v \cdot K_1 \quad (3.5)$$

Місткість полігону за траншейної схеми складування залежить від ґрунту (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 Місткість 1 га ТПВ ділянки складування полігону по траншейній схемі (тис. м³ в не ущільненому стані)

Число ярусів по висоті	Ґрунт							
	піщаний		супісок		суглинок		Глина	
	Глибина траншеї в одному ярусі, м							
	3	6	3	6	3	6	3	6
1	40	65	50	80	55	90	60	100
2	100	170	110	180	115	190	120	200
3	160	265	170	275	3 73	285	180	300

Визначення місткості полігону, розташованого у яру, проводять у два етапи. На першому етапі знаходять місткість при заповненні до брівки яру з урахуванням зрізання ґрунту з укосів, на другому – місткість полігону вище за брівку з урахуванням закладання укосів 1:4.

Приклад 3

Розрахувати параметри полігону ТПВ при складуванні за висотною схемою, якщо котлован відсутній.

Вихідні дані: площа основи полігону $S_1=195000 \text{ м}^2$; площа верхнього майданчика $S_2=24600 \text{ м}^2$; ширина ділянки складування при основі $Ш_1=300\text{м}$; ширина верхнього майданчика $Ш_2=60 \text{ м}$; коефіцієнт що враховує об'єм проміжних і кінцевих зовнішніх ізолюючих шарів ґрунту $K_2=1,20$; коефіцієнт що враховує ущільнення ТПВ за весь час експлуатації полігону $K_1=4,0$; термін експлуатації полігону $T=15\text{р.}$

Розв'язок:

Висоту полігону над поверхнею землі розраховуємо за формулою (3.2)

$$H = \frac{300 - 60}{8} = 30 \text{ м}$$

Фактичну місткість полігону знаходимо з формули (9.1), з урахуванням відсутності котловану:

$$E_{\phi} = \frac{1}{3} H(C_1 + C_2 + \sqrt{C_1 C_2}) = \frac{1}{3} \cdot 30 \cdot (195000 + 24600 + \sqrt{195000 \cdot 24600}) = 2,89 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Потреби в ізолюючому матеріалі розраховуємо за формулою (3.3)

$$B_{\Gamma} = 2,89 \cdot 10^6 \cdot (1 - \frac{1}{1,2}) = 0,49 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Об'єм ТПВ на полігоні в ущільненому стані вираховуємо по формулі (3.4)

$$B_{\nu} = E_{\phi} - B_{\Gamma} = 2,89 \cdot 10^6 - 0,49 \cdot 10^6 = 2,4 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Кінцевим розрахунком є визначення об'єму ТПВ який може прийняти полігон в не ущільненому стані за весь період експлуатації, визначаємо за формулою (9.5)

$$B_H = 2,4 \cdot 10^6 \cdot 4 = 9,6 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Практична робота № 4

Визначення кількості контейнерів для роздільного збирання відходів

Контейнерна схема роздільного збирання твердих, великогабаритних та ремонтних відходів передбачає розміщення сміттєзбиральних контейнерів різної місткості на контейнерних майданчиках. Вимоги до розміщення контейнерів, контейнерних майданчиків та їхніх розмірів регламентуються санітарними правилами і нормами. Зокрема, майданчики повинні мати водонепроникне покриття, бути обладнаними навісом та сітчастою огорожею для обмеження доступу тварин до цих об'єктів, а також, якщо можливо, огороженими зеленими насадженнями (рис. 4.1) за умови забезпечення вільного доступу до контейнерів користувачів та сміттєзбиральних машин.

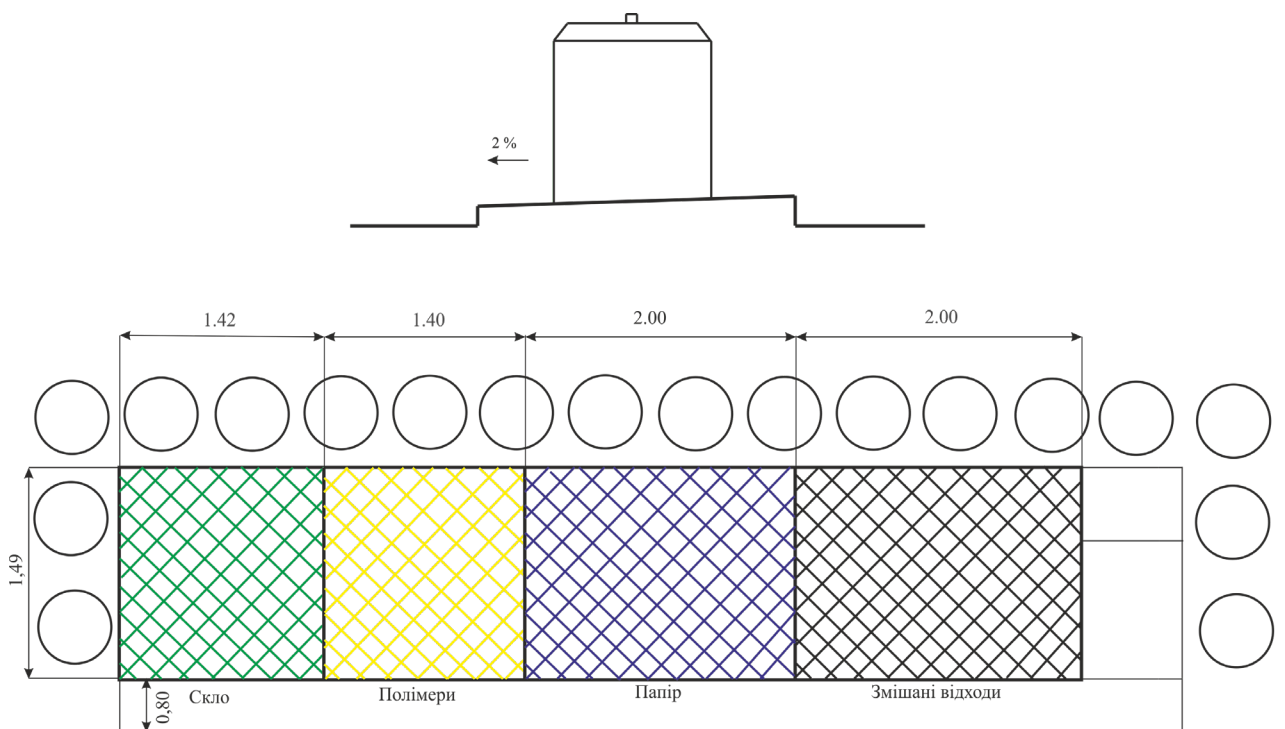


Рис.4.1. Схема майданчика для роздільного збирання відходів

З метою запобігання накопиченню рідини, яка може виділятися зі сміття, на платформі, де розташовані контейнери, майданчики слід будувати з ухилом приблизно 2% у бік, протилежний фронтальному. Відстань між контейнерами і краєм тротуару має бути такою, щоб з одного боку не перешкоджати руху пішоходів, а з іншого – забезпечувати захоплення контейнерів без заїзду сміттєвозів на тротуар. Як показує практика, мінімальною можна вважати відстань 80 см.

Можливим варіантом є облаштування закритих майданчиків для збирання відходів, тобто будинків, з розміщеними всередині стандартними контейнерами, призначеними для збирання як змішаних, так і окремих видів відходів. При цьому слід забезпечити можливість в'їзду до приміщення та виїзду з нього сміттєвозів, а також охорону майданчика під час його роботи.

Майданчики для контейнерів на коліщатах рекомендується обладнувати пандусом від проїзної частини та огороженням (бордюром) висотою 7...10 см, що унеможливило скочування контейнерів убік. У багатоквартирних будинках із сміттєпроводами тверді відходи збирають у спеціальні ємності об'ємом до 40

л на колесах, розташовані безпосередньо у сміттєприймальній камері, які після наповнення перевозять та розміщують на контейнерному майданчику або з яких тверді відходи перевантажують у стаціонарні контейнери, розміщені на такому майданчику.

Для збирання твердих, великогабаритних, ремонтних відходів, а також окремих компонентів твердих відходів рекомендується застосовувати типові металеві або пластмасові контейнери заводського виготовлення, які дозволені для використання в Україні. Розмір контейнерів залежить від прогнозованої кількості відходів, частоти їх збору, виду сортованих відходів та їх кількості, а також від типу будівлі. Для збирання невеликої кількості відходів житлових будинків, офісних будівель, освітніх і лікувальних установ використовують пластикові сміттєві баки – контейнери об'ємом від 110 до 1200 літрів і вагою від 9 кг. Мешканцям багатоквартирних будинків економічно вигідніше використовувати великі металеві або пластмасові контейнери (0,5 м³; 0,75 м³ або 1,1 м³), які можна переміщувати і закривати. Накопичувальне збирання великих об'ємів ТПВ від житлових масивів, об'єктів будівництва дачних кооперативів, тощо доцільно здійснювати у металеві сміттєві контейнери об'ємом від 6 до 14 м³ і вагою від 950 кг. Такі контейнери вивозяться централізовано сміттєвозами, оснащеними спеціальними маніпуляторами для їх захоплення.

Доцільно використовувати контейнери обладнані кришками та пристроєм для відкривання кришки за допомогою ніг. Для збирання окремих компонентів твердих відходів рекомендується використовувати контейнери із спеціальними отворами з кришкою, що замикається, або контейнери закритого типу. Для збирання твердих відходів, що не містять органічних речовин, та окремих компонентів твердих відходів, що утворюються у багатоквартирних житлових будинках, на підприємствах, установах та організаціях, об'єктах благоустрою, на вільних від інженерних комунікацій місцях можуть бути встановлені підземні та напівпідземні контейнери. Такі контейнери повинні бути доступними для вологого прибирання і мати пристрої для відведення стічних,

талих та зливових вод. Зовнішні периметри камер повинні бути забетоновані з метою унеможливлення надходження зливових вод до підземної камери.

Для окремого збирання паперу, упаковок, коробок, що утворюються, наприклад, у супермаркетах та мережах магазинів, а також унітарного збирання значних об'ємів відходів можуть використовуватися прес-контейнери, обладнані спеціальним пресом для ущільнення відходів.

Великогабаритні та ремонтні відходи у складі ТПВ мають збиратися окремо від інших видів ТПВ у бункери-накопичувачі місткістю понад 2 м³, які можуть бути встановлені не тільки на контейнерних майданчиках, а й у спеціально відведених місцях, доступних для під'їзду спеціального автотранспорту.

Метою впровадження роздільного збирання ТПВ є використання корисних властивостей їхніх ресурсоцінних компонентів з урахуванням наявності підприємств, які можуть переробляти ці компоненти, відстані їх перевезення на ці підприємства; капітальних та експлуатаційних витрат, а також повернених сум вартості продуктів перероблення.

Під ресурсоцінними компонентами ТПВ розуміють папір, картон, скло, полімери, чорні та кольорові метали, а також харчові та інші органічні відходи, що легко загнивають, тобто такі відходи, які можуть бути використані у промисловості як вторинна сировина або з яких можна безпосередньо виготовити товарні продукти.

Розрахунок кількості одного ресурсоцінного компонента у загальній масі ТПВ, кг, проводять за формулою:

$$M_i = d_i / 100 \cdot M_{\text{заг}} \quad (4.1)$$

де M_i – маса одного ресурсоцінного компонента у загальній масі ТПВ; d – вміст у відсотках одного ресурсоцінного компонента у загальній масі відходів, %; $M_{\text{заг}}$ – загальна маса ТПВ, кг.

Якщо ресурсоцінні компоненти збирають у одному контейнері, формула (1.1) набуває вигляду:

$$\sum M_i = \sum d_i / 100 \cdot M_{\text{заг}} \quad (4.2)$$

За формулами (4.1) та (4.2) визначають також об'єм ресурсоцінних компонентів у загальному об'ємі ТПВ, якщо відомий морфологічний склад ТПВ у об'ємних відсотках.

На контейнери для збирання твердих, великогабаритних, ремонтних, небезпечних відходів та ресурсоцінних компонентів твердих відходів рекомендується наносити способом, що забезпечує її наочність, механічну стійкість, стійкість до різних погодних умов, інформацію про назву організації, у власності якої знаходиться контейнер, та вид відходів ("Скло", "Папір", "Полімери", "Харчові відходи", "Небезпечні відходи", "Змішані відходи", "Великогабаритні відходи", "Ремонтні відходи" або "Вторинна сировина").

Методичними рекомендаціями з організації збирання, перевезення, перероблення та утилізації побутових відходів встановлюються наступні кольори контейнерів для збирання муніципальних відходів: сірий – для змішаних, помаранчевий – для великогабаритних, білий – для ремонтних, жовтий – для полімерних, зелений – для скла, синій – для паперу, коричневий – для органічної речовини, червоний – для небезпечних відходів, блакитний – для збирання окремих компонентів твердих відходів (паперу, скла, пластмаси) у одному контейнері.

Організація збирання відходів може здійснюватися різними способами:

- у два контейнери, у один з яких (блакитний) збирають ресурсоцінні компоненти, а у другий (сірий) – решту. Така схема застосовується, якщо у відходах невеликий вміст органічних речовин, або відсутні споживачі компосту;
- у три контейнери, один з яких призначений для збирання компоненту, який може бути безпосередньо спрямований на переробку (полімери, папір, скло), другий – для збирання решти цінних компонентів, а третій – для змішаних;

- у чотири контейнери, у два з яких збираються окремо певні види цінних компонентів, у третій – решта вторинної сировини, а у четвертий – змішані;
- з повним роздільним збиранням усіх видів відходів.

Спалювання відходів у контейнерах та на контейнерних майданчиках у зв'язку з екологічною та санітарно-гігієнічною небезпекою заборонено. З метою забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя рекомендується не допускати потрапляння відходів тваринного і рослинного походження у контейнери для збирання побутових відходів, особливо – у районах індивідуальної житлової забудови.

У тих районах індивідуальної житлової забудови, де існуючі умови вулично-дорожньої мережі ускладнюють можливість розміщення контейнерних майданчиків, тверді відходи, що утворюються в одноквартирних житлових будинках, та їхні окремі компоненти рекомендується збирати у контейнери ємністю до 0,24 м³, розміщені на присадибній ділянці одноквартирного житлового будинку у місцях, визначених самими мешканцями одноквартирних житлових будинків.

Необхідна кількість контейнерів для збирання твердих, великогабаритних та ремонтних відходів розраховується, виходячи з чисельності населення, що користується контейнерами, норм надання послуг з вивезення побутових відходів та графіків роботи транспортних засобів. Сумарний об'єм контейнерів для збирання твердих побутових відходів має перевищувати фактичний об'єм утворення твердих побутових відходів на 25 відсотків.

Кількість контейнерів для окремого збирання i -го ресурсоцінного виду ТПВ, шт., рекомендується визначати за формулою:

$$N_{bi} = \frac{Q_{\text{Дмаxi}} \cdot t \cdot K_1 \cdot K_2}{C \cdot K_3}, \quad (4.3)$$

де N_{bi} – необхідна кількість контейнерів, шт.; $Q_{\text{Дмаxi}}$ – максимальний добовий об'єм утворення i -го ресурсоцінного виду ТПВ у частині населеного пункту, для якої проводиться розрахунок, м³/добу; t – періодичність

перевезення кожного виду ПВ, діб (для літнього періоду дорівнює 1, для зимового періоду – 2); K_1 – добовий коефіцієнт нерівномірності утворення кожного виду ПВ, K_2 – коефіцієнт, який враховує кількість контейнерів, що перебувають у ремонті та в резерві; C – місткість одного контейнера, м³; K_3 – коефіцієнт заповнення контейнера.

Максимальний добовий об'єм утворення i -го ресурсоцінного виду ТПВ $Q_{Д\max i}$, м³/добу, рекомендується визначати за формулою:

$$Q_{Д\max i} = \frac{q_i \cdot m \cdot 365}{(365 - T_{кр})} \cdot K_1 \quad (4.4),$$

де q_i – добовий об'єм утворення i -го ресурсоцінного виду ТПВ на одного мешканця, м³/добу; m – чисельність населення; K_1 – добовий коефіцієнт нерівномірності утворення кожного виду ТПВ; $T_{кр}$ – кількість неробочих днів на рік для спеціально обладнаних транспортних засобів, що здійснюють збирання та перевезення кожного виду ТПВ.

Методичними рекомендаціями встановлено такі значення коефіцієнтів: $K_1 = 1,4$; $K_2 = 1,05$; $K_3 = 0,9$.

Приклад 4. Визначити кількість контейнерів для окремого збирання у літній період полімерів, паперу та скла, що входять до складу ТПВ.

Вихідні дані: Загальна маса ТПВ $M_{\text{заг}} = 6,1$ г/ чол; вміст полімерів у загальній масі відходів $d_1 = 3,5$ %; вміст паперу у загальній масі відходів $d_2 = 25,5$ %; вміст скла у загальній масі відходів $d_3 = 5,5$ %; густина полімерів $\rho_1 = 85$ кг/м³; густина паперу $\rho_2 = 65$ кг/м³; густина скла $\rho_3 = 300$ кг/м³; чисельність населення $m = 120,0$ тис. чол.; місткість одного контейнера $C = 0,75$ м³, періодичність перевезення ресурсоцінного компонента ТПВ $t = 1$ доба; кількість неробочих днів на рік для спеціально обладнаних транспортних засобів, що здійснюють збирання та перевезення кожного виду ТПВ $T_{кр} = 60$ діб.

Розв'язок:

Згідно з формулою (4.3) знаходимо кількість ресурсоцінних компонентів у загальній масі ТПВ:

– поліетилену:

$$M_1 = d_1 / 100 \cdot M_{\text{заг}} = 3,5 / 100 \cdot 6,1 = 0,214 \text{ кг/чол};$$

– паперу:

$$M_2 = d_2 / 100 \cdot M_{\text{заг}} = 25,5 / 100 \cdot 6,1 = 1,556 \text{ кг/чол};$$

– скла:

$$M_3 = d_3 / 100 \cdot M_{\text{заг}} = 5,5 / 100 \cdot 6,1 = 0,336 \text{ кг/чол}.$$

Враховуючи, що добовий об'єм утворення i -го ресурсоцінного виду ТПВ на одного мешканця, $\text{м}^3/\text{добу}$ дорівнює відношенню його маси до густини:

$$q_i = \frac{M_i}{\rho_i},$$

запишемо формулу (1.4) у вигляді

$$Q_{\text{Дmax}i} = \frac{\frac{M_i}{\rho_i} \cdot m \cdot 365}{(365 - T_{\text{кр}})} \cdot K_1$$

Тоді максимальне добове утворення ресурсоцінних компонентів ТПВ:

– поліетилену:

$$Q_{\text{Дmax}1} = \frac{\frac{M_1}{\rho_1} \cdot m \cdot 365}{(365 - T_{\text{кр}})} \cdot K_1 = \frac{0,214 \cdot 120000 \cdot 365}{85 \cdot (365 - 60)} \cdot 1,4 = 506,2 \text{ м}^3/\text{добу}$$

– паперу:

$$Q_{\text{Дmax}2} = \frac{\frac{M_2}{\rho_2} \cdot m \cdot 365}{(365 - T_{\text{кр}})} \cdot K_1 = \frac{1,556 \cdot 120000 \cdot 365}{65 \cdot (365 - 60)} \cdot 1,4 = 4812,8 \text{ м}^3/\text{добу}$$

– скла:

$$Q_{\text{Дmax}3} = \frac{\frac{M_3}{\rho_3} \cdot m \cdot 365}{(365 - T_{\text{кр}})} \cdot K_1 = \frac{0,336 \cdot 120000 \cdot 365}{300 \cdot (365 - 60)} \cdot 1,4 = 225,2 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість контейнерів для збирання ресурсоцінних компонентів ТПВ знаходимо за формулою (4.3):

– для збирання поліетилену:

$$N_{b1} = \frac{Q_{D_{\max 1}} \cdot t \cdot K_1 \cdot K_2}{C \cdot K_3} = \frac{506,2 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,05}{0,75 \cdot 0,9} = 1103;$$

– для збирання паперу:

$$N_{b2} = \frac{Q_{D_{\max 2}} \cdot t \cdot K_1 \cdot K_2}{C \cdot K_3} = \frac{4812,8 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,05}{0,75 \cdot 0,9} = 10481;$$

– для збирання скла:

$$N_{b3} = \frac{Q_{D_{\max 3}} \cdot t \cdot K_1 \cdot K_2}{C \cdot K_3} = \frac{225,2 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,05}{0,75 \cdot 0,9} = 490.$$

Небезпечні відходи у складі побутових відходів збираються окремо від інших видів побутових відходів з урахуванням вимог статті 34 Закону України «Про відходи», а також мають відокремлюватися на етапі збирання чи сортування та передаватися спеціалізованим підприємствам, що одержали ліцензії на здійснення операцій у сфері поводження з небезпечними відходами.

Практична робота № 5

Розрахунок параметрів кульових барабанних млинів

Барабанні млини широко використовуються для подрібнення промислових відходів. Зменшення розмірів частинок матеріалу у цих апаратах здійснюється подрібнювальними тілами (кулями або стрижнями), які заповнюють обертовий барабан приблизно на половину його об'єму. При обертанні барабану подрібнювальні тіла разом із відходами завдяки тертю захоплюються його внутрішньою поверхнею, піднімаються на деяку висоту й вільно або перекочуючись падають униз. Процес подрібнення вихідного матеріалу відбувається за рахунок удару, стирання і роздавлювання. Великі частинки найкраще подрібнюються ударом, а дрібні – стиранням. Подрібнювання може бути мокрим, і тоді суспензія матеріалу видаляється із млина потоком води,

або сухим , коли частинки вивантажується повітряним потоком, що виникає при відсмоктуванні повітря з барабана, або під впливом власної ваги.

Схема двокамерного барабанного млина наведена на рис. 5.1. Вихідний матеріал надходить через завантажувальний патрубок 1 та живильником 2 з лопатями 23 подається до порожнинної завантажувальної цапфи 4 зі шнековою насадкою 3.

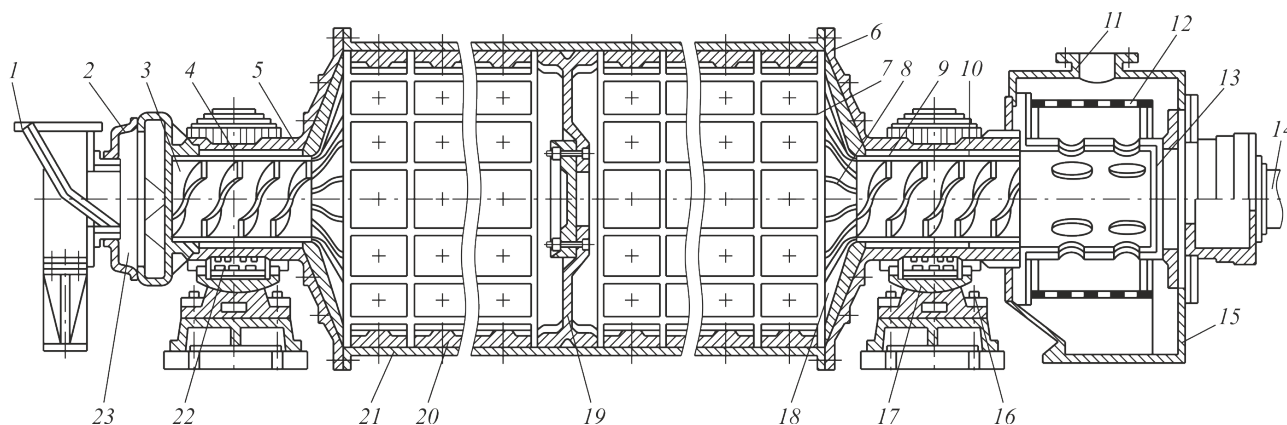


Рис 5.1. Схема двокамерного барабанного млина.

Звідти відходи потрапляють до сталевого барабана 21, закритого з обох боків порожнинними кришками 5 та 6 і розділеного на дві камери перегородкою із щілинними отворами 19 . з метою забезпечення якіснішого помелу у першу камеру завантажують кулі більшого діаметру, ніж у другу. Внутрішня поверхня обох секцій барабану та кришок футерована плитами 20, виготовленими із стійких до зносостійких матеріалів зі звукоізолюючими прокладками.

Подрібнений матеріал видаляється через торцеві ґрати 7 та по центральному конусу зсипається 8 у розвантажувальну цапфу 10 зі шнековою насадкою 9. Ґрати обладнані радіальними ребрами 18, що захоплюють відходи, які знаходяться нижче за розвантажувальну цапфу і підіймають їх у верхню частину апарата.

З розвантажувальної цапфи подрібнений матеріал потрапляє до розвантажувального патрубку 13, через вікна у якому він просипається на

барабанне сито 12, де від нього відділяються частинки подрібнювальних тіл та видаляється з млина. Для аспірації повітря слугує патрубок 11 у кожусі 15.

Цапфи барабану спираються на підшипники 22, що складаються з корпуса 17, кришки та нижнього вкладиша 16. Барабан приводиться у обертання електродвигуном через редуктор та зубчасту муфту 14.

Оскільки аналіз механізму руйнування частинок у процесах тонкого подрібнення є ускладненим, розрахунок млинів базується на залежності питомої енергії подрібнення даного матеріалу, що подрібнюється $E_{\text{пит}}$, Дж/кг, від приросту питомої площі поверхні цього матеріалу $F_{\text{пит}}$, $\text{м}^2/\text{м}^3$. Остання визначається за питомою площею поверхні матеріалу на вході до млина $F_{\text{пит.п}}$ та на виході з нього $F_{\text{пит.к}}$. Якщо матеріал надходить до млина після подрібнення у дробарках, то $F_{\text{пит.п}}$ приймають рівною 0, відповідно $F_{\text{пит.п}} = F_{\text{пит.к}}$ і розраховується за рівнянням:

$$F_{\text{пит}} = \frac{41,4}{\delta_{\text{к.мах}}} \cdot \lg \left(\frac{\delta_{\text{к.мах}} \cdot 10^6}{5,47} \right). \quad (5.1)$$

Після цього за графічними залежностями $F_{\text{пит}} = f(E_{\text{пит}})$ (рис.5.2) у відповідності з типом вихідного матеріалу знаходять значення $E_{\text{пит}}$.

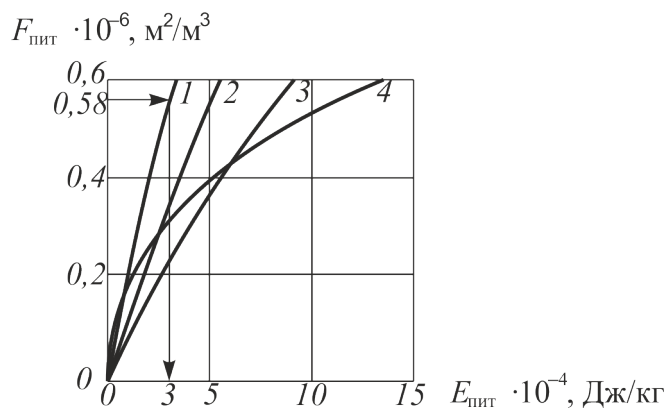


Рис.5.2. Залежність приросту питомої поверхні $F_{\text{пит}}$ від питомих витрат енергії матеріалів: 1 – апатит, гіпс, вапняк середньої густини й пористий; 2 – вапняк високої густини, мергель; 3 – граніт високої густини; 4 – кам'яне вугілля (антрацит)

Попередній вибір млина здійснюється за необхідною для подрібнення матеріалу потужністю кульового завантаження, Вт, яку знаходять за формулою:

$$N_{\text{к.з.}} = k_3 \cdot G \cdot E_{\text{пит}} \quad (5.2)$$

де G – задана продуктивність, кг/с; k_3 – коефіцієнт запасу, що приймається рівним (1,3...1,5).

Згідно значення потужності кульового завантаження обирається млин з відповідною потужністю електродвигуна, розмірами та частотою обертання барабану. Також обирають матеріал кульового завантаження (сталь, кераміка), маса якого відповідає типу млина.

Остаточний вибір млина проводять за результатами уточнюючого розрахунку. Спочатку визначають коефіцієнт потужності кульового завантаження K_N за рівнянням:

$$K_N = \left(\frac{60 \cdot N_{\text{к.з.}}}{k_3 \cdot \rho_{\text{н.к.}} \cdot R^{2,5} \cdot L \cdot g} \right) \quad (5.3)$$

де R – внутрішній радіус барабану, м; L – внутрішня довжина барабану млина, м; $\rho_{\text{н.к.}}$ – насипна густина кульового завантаження (для сталевих кульок $\rho_{\text{н.к.}} = 4100 \text{ кг/м}^3$, для керамічних – $\rho_{\text{н.к.}} = 1260 \text{ кг/м}^3$).

Потім згідно зі значенням частоти обертання барабану n , с^{-1} , та його внутрішнього радіусу R , м, розраховують комплекс $n \cdot \sqrt{2 \cdot R}$, за яким знаходять відповідну криву на графіку залежності $K_N = f(\varphi)$ (рис. 5.3). За названим графіком визначають коефіцієнт заповнення барабану φ .

Далі розраховують масу подрібнювальних тіл, кг, за рівнянням:

$$m_{\text{к.}} = \varphi \cdot \pi \cdot R^2 \cdot L \cdot \rho_{\text{н.к.}} \quad (5.4).$$

При цьому розрахункове значення не повинне перевищувати табличне для обраного типу млина.

Діаметр куль визначається з умови рівності кінетичної енергії кулі та енергії, яка необхідна для руйнування частинок. Для його розрахунку необхідно знати найменший радіус кульового завантаження $R_{\text{н}}$, який залежить від коефіцієнта заповнення барабану φ та комплексу $n \cdot \sqrt{2 \cdot R}$. За графіком,

зображеним на рис. 5.4., знаходять співвідношення R_n / R і, знаючи величину R , обчислюють R_n .

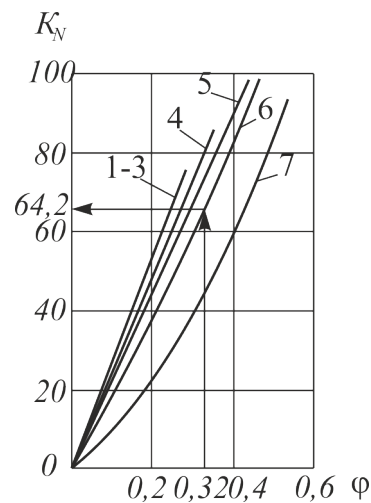


Рис. 5.3. Залежність коефіцієнта потужного кульового завантаження від коефіцієнту заповнення барабану при окремих значеннях $n \cdot \sqrt{2 \cdot R}$:

1 – 0,42; 2 – 0,45; 3 – 0,47; 4 – 0,50; 5 – 0,53; 6 – 0,57; 7 – 0,62.

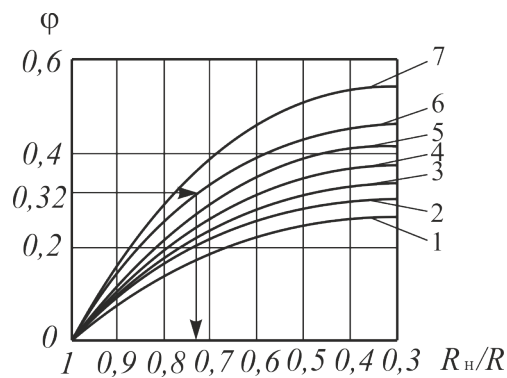


Рис. 5.4. Залежність коефіцієнта заповнення від найменшого радіусу кульового завантаження при окремих значеннях $n \cdot \sqrt{2 \cdot R}$:

1 – 0,62; 2 – 0,57; 3 – 0,53; 4 – 0,50; 5 – 0,47; 6 – 0,45; 7 – 0,42.

Далі за знайденим значенням найменшого радіусу кульового завантаження, м, визначають величину квадрату швидкості падіння куль ω_k^2 , m^2/s^2 , за рівнянням:

$$\omega_k^2 = 16 \cdot g \cdot [R_n \cdot (2 \cdot n) - R_n^3 (2 \cdot n)^5]^2 \quad (5.5),$$

і підставляють його у рівняння для розрахунку діаметру куль, м, необхідного для подрібнення частинок розміром, тобто

$$d_{\text{к.}} = \sqrt[3]{\frac{18 \cdot \sigma_{\text{ст.}}^2}{\rho_{\text{к.}} \cdot \pi \cdot E \cdot \omega_{\text{к.}}^2}} \cdot \delta_{\text{мmax}} \quad (5.6)$$

де $\sigma_{\text{ст}}$ – межа міцності відходів при стисканні, Па; $\delta_{\text{мmax}}$ – початковий розмір частинок, м; E – модуль пружності відходів, Па; $\rho_{\text{к}}$ – густина матеріалу куль (для сталі $\rho_{\text{к}} = 7800 \text{ кг/м}^3$, для кераміки $\rho_{\text{к}} = 2440 \text{ кг/м}^3$).

Отримане значення діаметра округляється до найближчого максимального розміру з нормалізованого переліку $d_{\text{к.}}$, мм: 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 110; 125.

На кінцевому етапі проводять оцінку величин запасу потужності, а також можливості зменшення потужності електродвигуна. Потужність двигуна кульового млина повинна забезпечувати обертання барабану, заповненого кулями та матеріалом.

Насипна густина завантаження $\rho_{\text{нз}}$, кг/м^3 , розраховується за рівнянням:

$$\rho_{\text{нз.}} = \rho_{\text{н.к.}} + 1,15 \cdot \left(1 - \frac{\rho_{\text{н.к.}}}{\rho_{\text{к}}}\right) \cdot \rho_{\text{м}} \quad (5.7)$$

де $\rho_{\text{м}}$ – насипна густина матеріалу, кг/м^3 .

Потужність млина, Вт, визначається за залежністю:

$$N_{\text{дв}} = K_N \cdot \rho_{\text{нз.}} \cdot R^{2,5} \cdot \frac{L \cdot g}{60 \cdot \eta_{\text{п}}} \quad (5.8)$$

де $\eta_{\text{п}} = 0,9$ – к. к. д. механічної передачі.

Розраховане значення $N_{\text{дв}}$ не повинне перевищувати табличного для обраного типу млина.

Приклад 5. Підібрати апарат для подрібнення відходів гіпсу з початковим розміром частинок $\delta_{\text{мmax}} = 0,1 \text{ м}$, межею міцності при стисканні $\sigma_{\text{ст}} = 70 \cdot 10^6 \text{ Па}$, модулем пружності $E = 3 \cdot 10^{10} \text{ Па}$ та насипною густиною $\rho_{\text{н}} = 1350 \text{ кг/м}^3$. Матеріал подається на подрібнення з продуктивністю $G = 80 \text{ т/год}$ та далі використовується для виробництва цементу вологим способом. Кінцевий розмір частинок має бути менше $70 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

Розв'язок:

Згідно вихідних даних, підбираємо кульовий барабанний млин вологого помелу. Для визначення типу млина розрахуємо потужність кульового завантаження за рівнянням (5.1), попередньо визначивши величини, що входять до нього.

Значення $E_{\text{пит}}$ знайдемо з графіку (рис. 5.2). Для цього визначимо з рівняння (2) величину $F_{\text{пит.к}}$:

$$F_{\text{пит.к}} = \frac{41,4}{70 \cdot 10^{-6}} \cdot \lg \left(\frac{70 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6}{5,47} \right) = 0,655 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

Тоді, прийнявши $F_{\text{пит.в}} = 0$, отримуємо $E_{\text{пит}} = 30 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$.

Приймаємо коефіцієнт запасу $k_z = 1,4$. Тоді потужність згідно з формулою (5.2):

$$N_{\text{к.з.}} = 1,4 \cdot 80 \cdot \frac{1000}{3600} \cdot 30 \cdot 10^3 = 933,3 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

Згідно значення потужності з табл. 5.1 Додатку обираємо кульовий млин вологого помелу МШР-3600х4000 з наступними параметрами: внутрішній радіус барабану $R = 3,480/2 = 1,740 \text{ м}$; внутрішня довжина барабану $L = 3,880 \text{ м}$; частота обертання барабану $n = 0,28 \dots 0,33 \text{ с}^{-1}$; маса кульок $m_k = 82,0 \text{ т}$

Матеріал кульок – сталь, отже насипна густина $\rho_{\text{н.к.}} = 4100 \text{ кг/м}^3$, істинна $\rho_k = 7800 \text{ кг/м}^3$.

Проведемо уточнюючий розрахунок. Для цього за рівнянням (5.3) визначимо коефіцієнт K_N :

$$K_N = \left(\frac{60 \cdot 933,3 \cdot 10^3}{(1,4 \cdot 4100 \cdot 1,74^{2,5} \cdot 3,88 \cdot 9,81)} \right) = 64,2;$$

а також комплекс $n \cdot \sqrt{2 \cdot R}$, прийнявши $n = 0,305 \text{ с}^{-1}$:

$$n \cdot \sqrt{2 \cdot R} = 0,305 \cdot \sqrt{2 \cdot 1,74} = 0,57.$$

Тоді з рис. 5.3 знайдемо коефіцієнт наповнення барабану $\phi = 0,32$.

Масу кульок, що завантажуються, визначимо за рівнянням (5.4):

$$m_k = 0,32 \cdot 3,14 \cdot 1,74^2 \cdot 3,88 \cdot 4100 = 484118 \text{ кг}.$$

Розраховане значення m_k не перевищує табличного (82000 кг).

Таблиця 5.1 Основні параметри кульових барабанних млинів

Помел	Тип млина	Розміри камери помелу, мм		Частота обертання барабану n, c^{-1}	Маса кульок m_k, T	Потужність електро-двигуна $N_{дв}, кВт$
		D	L			
Сухий	ШБМ-207/265	2070	2650	0,38	10	105
	ШБМ-220/330	2200	3300	0,36	14	150
	ШБМ-250/390	2500	3900	0,33	25	265
	ШБМ-287/410	2870	4100	0,31	30	350
	ШБМ-287/470	2870	4700	0,31	35	410
	ШБМ-320/510	3200	5100	0,30	-	-
	ШБМ-320/570	3200	5700	0,30	54	700
	ШБМ-340/650	3400	6500	0,28	-	-
	ШБМ-370/850	3700	8500	0,29	100	1400
Вологий	МШР-900×900	830	830	0,56 – 0,66	1,0	15
	МШР-1200×1200	1100	1100	0,50 – 0,58	2,2	30
	МШР-1500×1600	1400	1500	0,43 – 0,52	4,8	55
	МШР-2100×1500	2000	1400	0,36 – 0,43	10,0	132
	МШР-2100×2200	2000	2100	0,36 – 0,43	15,0	160
	МШР-2100×3000	2000	3900	0,36 – 0,43	20,0	200
	МШР-2700×2700	2580	2580	0,32 – 0,38	31,0	315
	МШР-2700×3600	2580	3480	0,32 – 0,38	42,0	400
	МШР-3200×3100	3080	2980	0,30 – 0,35	52,0	630
	МШР-3600×4000	3480	3880	0,28 – 0,33	82,0	1000
	МШР-3600×5000	3480	4880	0,28 – 0,33	100,0	1250
	МШР-4000×5000	3860	4860	0,36 – 0,32	120,0	2000
	МШР-4500×5000	4360	4860	0,25 – 0,30	150,0	2500

Для визначення діаметру куль розрахуємо спочатку швидкість їх падіння. З рис. 5.4 при $\varphi = 0,32$ та $n \cdot \sqrt{2} \cdot R = 0,57$ отримаємо $R_H / R = 0,73$. Відтак:

$$R_H = 0,73 \cdot 1,74 = 1,27 \text{ м.}$$

Тоді за рівнянням (5.5):

$$\omega_H^2 = 16 \cdot 9,81 \cdot \left[1,27 \cdot (2 \cdot 0,305) - 1,27^3 \cdot (2 \cdot 0,305)^5 \right]^2 = 56,8 \text{ м}^2/\text{с}^2.$$

Таким чином діаметр кульок згідно рівняння (5.6) складатиме:

$$d_k = \sqrt[3]{\frac{18 \cdot (70 \cdot 10^6)^2}{7800 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^{10} \cdot 56,8}} \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 128,3 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Обираємо кінцевий діаметр кульок $d_k = 125 \text{ мм.}$

Потужність двигуна млина знайдемо з рівняння (5.8) підставивши у нього відповідне значення насипної густини завантаження (кульок та матеріалу) $\rho_{н.з.}$, що знаходиться за рівнянням (5.7):

$$\rho_{н.з.} = 4100 + 1,15 \cdot \left(1 - \frac{4100}{7800}\right) \cdot 1350 = 4836 \text{ кг/м}^3$$

$$N_{дв} = 64,2 \cdot 4836 \cdot 1,74^{2,5} \cdot \frac{43,88 \cdot 9,81}{60 \cdot 0,9} = 988 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

Розраховане значення потужності двигуна млина не перевищує табличного (1000 кВт).

Практична робота № 6

Розрахунок процесів сушіння осадів міських стічних вод

Найпоширенішим способом термічного сушіння осадів стічних вод у вітчизняній практиці є конвективний, що здійснюється у сушарках безперервної дії: розпилювальних, барабанних, пневматичних, із зустрічними струменями та із завислим шаром. Крім того, до складу сушильних установок, входять допоміжні пристрої: топки, системи подачі палива, живильники, газоочисне обладнання, транспортери та бункери, а також контрольно – вимірювальні прилади та автоматика.

У барабанній сушарці (рис.6.1) процес видалення вологи відбувається у обертовому похилому (нахил 1/15 – 1/50 до горизонту), циліндричному барабані 1 при контакті осаду з димовими газами, які надходять з топки. Для того, щоб уникнути перегріву матеріалу, найгарячіші гази повинні стикатися з найвологішим матеріалом, тому застосовують прямотечію газів та осаду.

З метою забезпечення рівномірного розподілу та якісного перемішування матеріалу по перерізу барабана, а також повнішого контакту з топковими газами на вході у барабан встановлюється приймально – гвинтова насадка 7, а всередині барабана, вздовж майже всієї його довжини – гвинтова, лопатева або секторна насадка.

Положення барабана фіксується упорними роликами 3 і 5, на які він спирається за допомогою бандажів 2. Обертання барабана здійснюється електродвигуном через зубчасту передачу 4 та редуктор. Відхідні гази очищуються від пилу в циклоні 9. Для запобігання витоку сушильного агенту на кінцях барабану встановлюють ущільнювальні пристрої. Висушений матеріал видаляється із камери 10 через розвантажувальний пристрій 11.

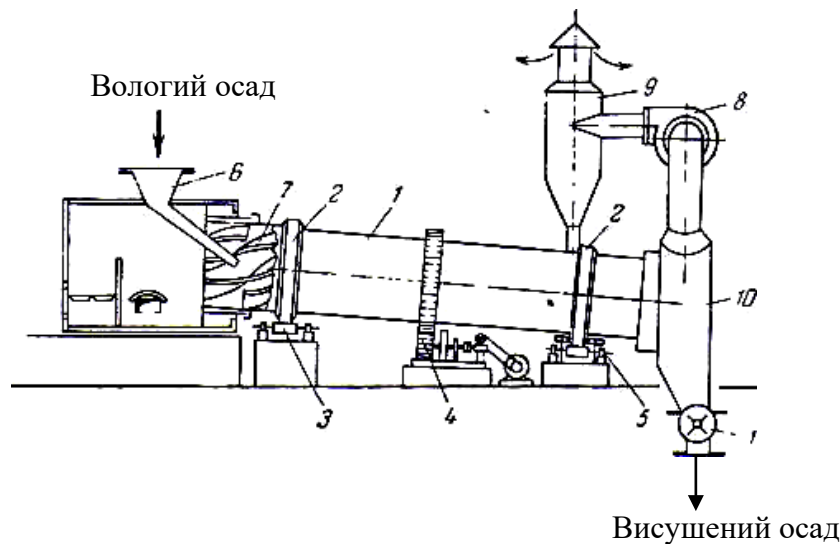


Рис.6.1. Барабанна сушарка: 1 – барабан; 2 – бандажі; 3 – опорні ролики; 4 – передача; 5 – опорно – упорні ролики; 6 – живильник; 7 – лопаті; 8 – вентилятор; 9 – циклон; 10 – розвантажувальна камера; 11 – розвантажувальний пристрій.

Із сушарок з киплячим (псевдозрідженим) шаром (рис.6.2) найпоширенішими є однокамерні апарати безперервної дії. Псевдозріджений шар у них утворюється за рахунок подачі гарячого повітря або його суміші з топковими газами із швидкістю псевдозрідження вентилятором під газорозподільні ґратки сушильної камери. Осад подається у камеру з бункера живильником і затримується у псевдозрідженому шарі матеріалу, де інтенсивно перемішується з гарячими газами й висушується. Висушений матеріал зсипається крізь розвантажувальний пристрій та видаляється транспортером. Очищення відхідних газів відбувається у два ступеня: частина

унесеного пилю видаляється у циклоні та повертається до сушарки, а решта вилучається у скрубєрі.

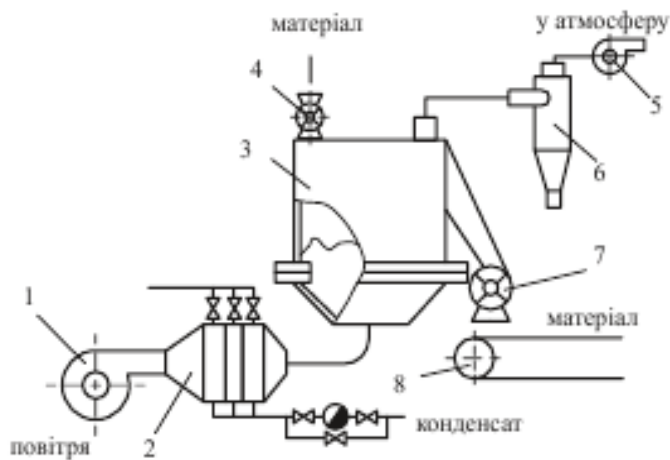


Рис.6.2. Сушарка з псевдозрідженим шаром:

1 – повітродувка, 2 – топка, 3 – сушарка, 4 – завантажувальний пристрій, 5 – димосос, 6 – циклон, 7 – затвор, 8 – конвеєр

Розпилювальні сушарки (рис.6.3) характеризуються високою (приблизно 15 – 30 с) інтенсивністю випаровування вологи у сушильній камері, крізь яку прямотечею або протитечею рухається сушильний агент (нагріте повітря або топкові гази). Розпилювання здійснюється механічними або пневматичними форсунками, а також за допомогою відцентрових дисків. Розпилений стан осаду дозволяє досягти значної величини поверхні випаровування, а відтак – майже миттєвого сушіння. При цьому температура поверхні частинок перевищує температуру адіабатного випаровування чистої рідини, тому утворюється порошкоподібний продукт розміром до кількох мікрон, який не вимагає подальшого здрібнення. Дрібні частинки висушеного матеріалу осаджуються на дно камери та відводяться шнеком, а сушильний агент після очищується від пилю в циклоні та рукавному фільтрі і викидається в атмосферу.

Сушіння осаду у пневматичних сушарках здійснюється у вертикальних трубах довжиною до 20 м, по яких у висхідному напрямку зі швидкістю 25 – 30 м/с рухається нагріте повітря або топкові гази. Частинки захоплюються

газовим потоком і виносяться до збирача, а потім надходять до циклону, де висушений матеріал відділяється від повітря. Осад видаляється через розвантажувальний пристрій, а відхідні газы доочищуються у рукавному фільтрі.

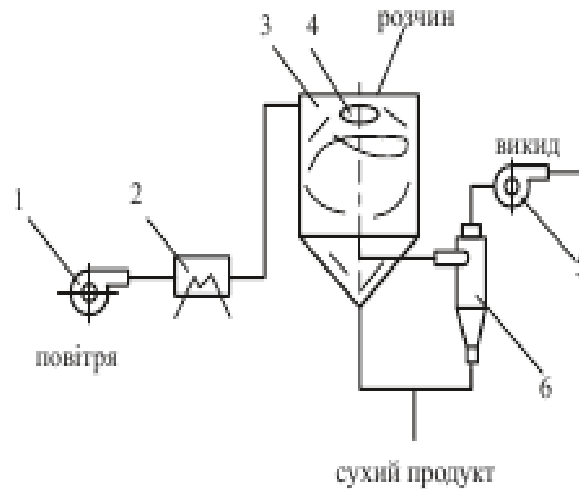


Рис. 6.3. Сушарка розпилювальна: 1 – повітрорудувка, 2 – теплообмінник, 3 – сушарна камера, 4 – розпилювальний диск, 5 – димосос, 6 – циклон

Сушильний елемент сушарки із зустрічними струменями (рис.6.4) складається з двох горизонтальних розгінних труб, які врізані співвісно у стояк. До розгінних труб зустрічними потоками гарячі газы з двох камер згоряння. Газы рухаються з високою швидкістю і захоплюють частинки осаду, що подається до труб двохвалковими шнековими живильниками, утворюючи разом з частинками так звану газозавись. В результаті ударної зустрічі струменів у стояку в зоні сушіння зростає концентрація осаду, частинки подрібнюються осаду, збільшується сумарна поверхня тепло- та масообміну, що інтенсифікує процес сушіння. Газозавись підіймається по стояку вгору і потрапляє до повітряно – прохідного сепаратора, де осад доосушується і розділяється на два потоки. Сухий гранульований осад вивантажується з апарата, а дрібні висушені частинки до механічно зневодненого осаду, який подається до приймальної камери стрічковим транспортером. Відхідні газы проходять двохступеневе очищення у циклоні та скрубєрі, причому пил, уловлений у циклоні також спрямовується до приймальної камери.

Розрахунок продуктивність конвективної сушарки проводиться таким чином.

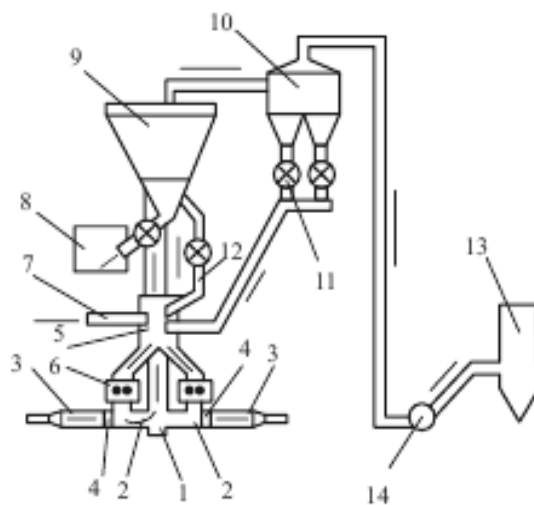


Рис.6.4. Сушарка із зустрічними струменями:

1 – стояк, 2 – розгінні труби, 3 – камери згоряння, 4 – сопло, 5 – приймально-розподільний бункер, 6 – шнековий транспортер, 7 – стрічковий транспортер, 8 – бункер готової продукції, 9 – повітряно-прохідний сепаратор, 10 – батарейний циклон, 11 – шлюзові затвори, 12 – трубопровід ретура, 13 – скруббер, 14 – димосос.

Кількість вологи, що підлягає видаленню в процесі сушіння, кг/год :

$$W = G_n \frac{u_n - u_k}{100 - u_k} \quad \text{або} \quad W = G_k \frac{u_n - u_k}{100 - u_n} \quad (6.1)$$

де G_n, u_n – відповідно початкові масові витрати, кг/год, та вологість, %, матеріалу, що висушується, G_k, u_k – відповідно масові витрати, кг/год, та вологість, %, висушеного матеріалу.

Питомі витрати сухого повітря в сушарці, кг/кг випарюваної вологи, визначаються за рівнянням:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0} \quad (6.2)$$

де x_0, x_2 – відповідно початковий та кінцевий вологовміст повітря кг/кг сухого повітря.

Витрати сухого повітря, кг/год:

$$L = W \cdot l \quad (6.3)$$

де W – продуктивність сушарки за випарюваною вологою, кг випарюваної вологи.

Витрати тепла для теоретичній сушарки, Вт:

$$Q^T = \frac{L(I_1 - I_0)}{3600} \quad (6.4)$$

де I_2 I_0 – ентальпії вихідного із сушарки та атмосферного повітря, кДж/кг сухого повітря.

Витрати тепла для дійсної сушарки, Вт:

$$Q = L(I_2 - I_0) + G_{\kappa} c_{\kappa} (v_2 - v_1) + G_{mp} c_{mp} (v_2 - v_1) + Q_{\text{вт}} - Q_{\text{доо}} - W c_d v_1, \quad (6.5)$$

де G_{κ} та G_{mp} – кількість висушеного матеріалу та маса транспортних приладів, кг/год; c_v c_{κ} c_{mp} – теплоємність води, висушеного матеріалу та транспортних пристроїв, Дж/(кг К); $Q_{\text{вт}}$ $Q_{\text{доо}}$ – втрати тепла в навколишнє середовище та кількість тепла, додатково введене в сушарку кДж/кг; ϑ_1 ϑ_2 – початкова та кінцева температура матеріалу, °С;

Витрати нагрівної пари, кг/с:

$$G_{nn} = \frac{Q}{rx'}, \quad (6.6)$$

де x' – паровміст; r – теплота конденсації пари при 148 °С.

Питомі витрати пари, кг/кг випарюваної вологи:

$$d = \frac{G_{nn}}{W} \quad (6.7)$$

Приклад 6. Визначити витрати сухого повітря в сушарці, продуктивністю по вологому матеріалу $G_n = 450 \text{ кг/год}$, призначеної для осушення осаду. Початкова вологість матеріалу $u_n = 50\%$, кінцева вологість матеріалу $u_{\kappa} = 15\%$. Параметри повітря: до нагрівача $t_0 = 15^\circ \text{C}$, $\varphi_0 = 75\%$, після сушарки $t_2 = 50^\circ \text{C}$, $\varphi_2 = 65\%$. Температура матеріалу, який надходить із сушарки $\vartheta_1 = 20^\circ \text{C}$.

Температура матеріалу, який виходить із сушарки $\vartheta_2 = 50^\circ \text{C}$. Теплоємність висушеного матеріалу $c_k = 2,35 \cdot 10^3 \text{ (Дж / кг} \cdot \text{K)}$. Маса сталевого транспортера $G_{mp} = 500 \text{ кг}$. Теплоємність сталі $c_{mp} = 0,5 \cdot 10^3 \text{ Дж / (кг} \cdot \text{K)}$. Вологість нагрівальної пари $x = 6\%$.

Розв'язок:

Визначаємо кількість випареної в сушарці води за формулою (6.1):

$$W = 450 \frac{50 - 15}{100 - 15} = 185,3 \text{ кг/год.}$$

За діаграмою $I - x$ знаходимо вологовміст та ентальпію повітря до калорифера та повітря, яке виходить із сушарки:

$$x_0 = 0,008 \quad x_2 = 0,053$$

$$I_0 = 35 \text{ кДж/кг} \quad I_2 = 190 \text{ кДж/кг}$$

Знаходимо витрати сухого повітря в сушарці на випаровування W кг води за 1 год за рівняннями (6.2) та (6.3):

$$L = \frac{185,3}{0,053 - 0,008} = 4117,8 \text{ ,кг/год.}$$

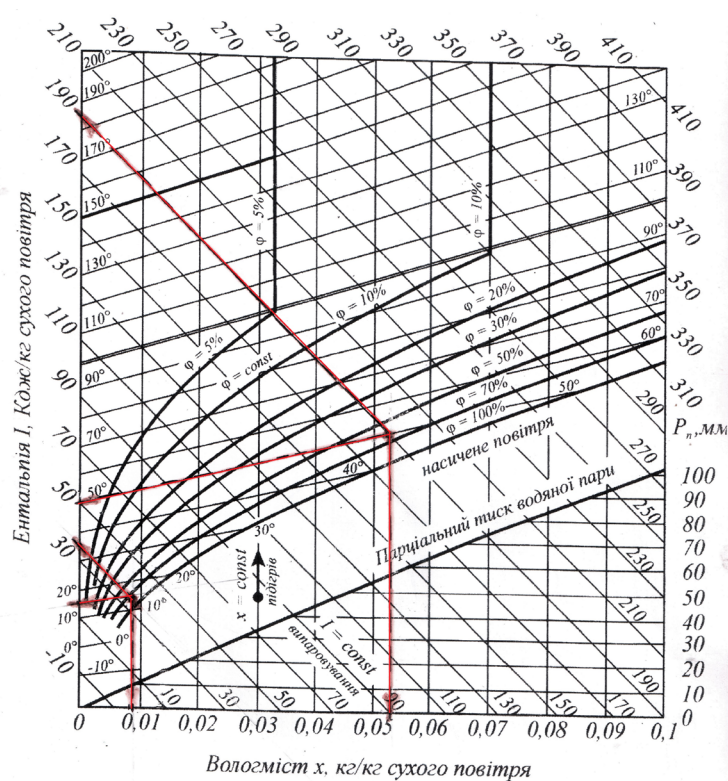
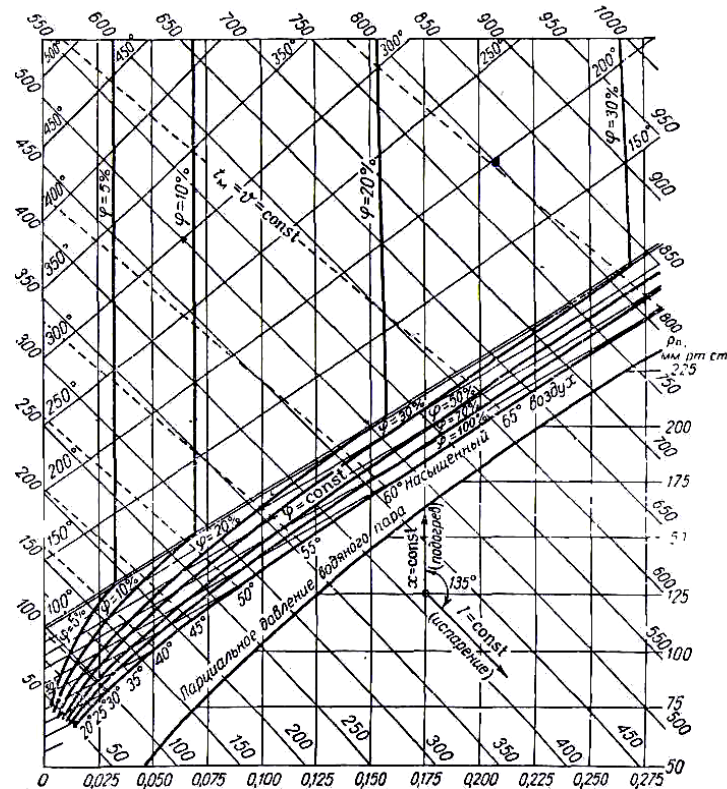


Рис.6.4. $I - x$ діаграма для вологого повітря

Ентальпія I, Кдж/кг сухого повітря



Вологовміст x, кг/кг сухого повітря

Рис. 6.5. I – x діаграма для вологого повітря

Витрати тепла в теоретичній сушарці визначаємо із рівняння (6.4):

$$Q^T = \frac{4117,8(190 \cdot 10^3 - 35 \cdot 10^3)}{3600} = 177294,2 \text{ Вт}$$

Витрати тепла в дійсній сушарці на підігрів матеріалу, Вт:

$$Q_{\text{м}}^{\text{II}} = G_{\text{к}} c_{\text{к}} (\vartheta_2 - \vartheta_1) = \frac{(450 - 185,3) 2,35 \cdot 10^3 (50 - 20)}{3600} = 5183,7$$

Витрати тепла на підігрів транспортувальних приладів, Вт:

$$Q_{\text{тр}}^{\text{II}} = G_{\text{тр}} c_{\text{тр}} (\vartheta_2 - \vartheta_1) = \frac{500 \cdot 0,5 \cdot 10^3 (50 - 20)}{3600} = 2083,3$$

Кількість тепла, яку вносить волога, яка знаходиться у вологому матеріалі, Вт:

$$Q_{\text{в}}^{\text{II}} = \frac{W \cdot \vartheta_1 \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = \frac{185,3 \cdot 20 \cdot 4,19 \cdot 10^3}{3600} = 4313,4$$

Теплові втрати сушарки у навколишнє середовище від суми останніх додатків теплового балансу всіх приймаємо (12%) – запас $k_{\text{вт}} = 1,12$.

Тоді загальна кількість тепла, яке повинно бути підведено до калорифера, із урахуванням втрат у навколишнє середовище становить, Вт:

$$Q_{заг} = k_{вт} \cdot (Q^T + Q_m^II + Q_{тр}^II + Q_{\epsilon}^II) = (177294,2 + 5183,7 + 2083,3 + 4313,4)1,12 = 211539,5$$

$$\Delta t = t_{zp.n} - t_1 = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{zp.n} = 72 + 10 = 82 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Визначаємо ентальпію I_1 після калорифера Дж/кг:

$$I_1 = \frac{Q_{заг}}{L} + I_0 = \frac{211539,5 \cdot 3600}{4117,8} + 35 \cdot 10^3 = 219,9 \cdot 10^3$$

Знаходимо за діаграмою $I - x$ по ентальпії I_1 та вологовмісту x_2 що відповідає температурі повітря $t_1 = 72^{\circ}\text{C}$.

Тоді приймаємо на виході повітря температуру нагрівальної пари, $^{\circ}\text{C}$:

$$t_n = t_1 + 10 = 72 + 10 = 82$$

Згідно з таблицею 6.1 при $t_n = 82 \text{ }^{\circ}\text{C}$ визначаємо питому теплоту (пароутворення) конденсації: $r = 2333,0 \text{ Дж/кг}$.

Таблиця 6.1 Властивості питомої теплоти пароутворення

насиченої водяної пари

$t, ^{\circ}\text{C}$	r , кДж/кг	$t, ^{\circ}\text{C}$	r , кДж/кг	$t, ^{\circ}\text{C}$	r , кДж/кг	$t, ^{\circ}\text{C}$	r , кДж/кг	$t, ^{\circ}\text{C}$	r , кДж/кг
0	2493,1	50	2380,0	100	2260	150	2120	250	1710
5	2481,7	55	2368,2	105	2248	160	2098	260	1653
10	2470,4	60	2356,9	110	2234	170	2056	270	1593
15	2459,5	65	2345,2	115	2221	180	2021	280	1528
20	2448,2	70	2333,0	120	2207	190	1984	290	1459
25	2436,9	75	2321	125	2194	200	1945	300	1384
30	2425,6	80	2310	130	2179	210	1904	310	1302
35	2414,3	85	2297	135	2165	220	1860	320	1213
40	2403,0	90	2285	140	2150	230	1813	330	1117
45	2391,3	95	2273	145	2125	240	1769	340	1009

Паровміст нагрівальної пари: $x' = 1 - x / 100 = 1 - 6 / 100 = 0,94$

Витрати нагрівальної пари, кг/с:

$$G_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{r \cdot x'} = \frac{211539,5}{2333,0 \cdot 0,94} = 96,5$$

Питомі витрати пари, кг/кг випарюваної вологи:

$$d = \frac{96,5}{185,3} = 0,52$$

Практична робота № 7

Визначення об'єму продуктів згоряння твердих відходів

Найпоширенішими пристроями для спалювання твердих відходів є топки печі киплячого(псевдозрідженого) шару та топки зі щільним шаром (багатоподові, обертові барабанні і з колосниковими ґратами).

На рис 7.1 показана схема установки спалювання у киплячому шарі. До верхньої частини топкової камери через завантажувальний бункер і шнековий живильник подаються зневоднені відходи з вологістю 60-75% . Під розподільні ґратки зі швидкістю псевдозрідження, за якої частинки піску турбулентно перемішуються і "киплять", подається повітря, попередньо підігріте у рекуператорі відхідними газами до температури 600-700°C. Проходячи топкову камеру, відходи підсушуються за температури 900-1000°C, інтенсивно перемішуються з розпеченим кварцовим піском, агломерати відходів подрібнюються, відбувається миттєве випаровування вологи, виділення та згоряння летких органічних речовин, спалювання коксового залишку і випал мінеральної частини. Якщо власної теплоти згоряння органічної частини відходів недостатньо для підтримання процесу згоряння, до топки через бічні пальники вводиться додаткове паливо. Для початкового розпалювання печі, а також забезпечення стійкості процесу встановлюють газоповітряні пальники

низького тиску. У разі необхідності пісок може вивантажуватися знизу через шлюзовий заслін.

Димові гази охолоджуються у рекуператорі, одночасно підігріваючи холодне повітря, яке надходить до печі, потім направляються на мокре пиловловлювання і викидаються в атмосферу.

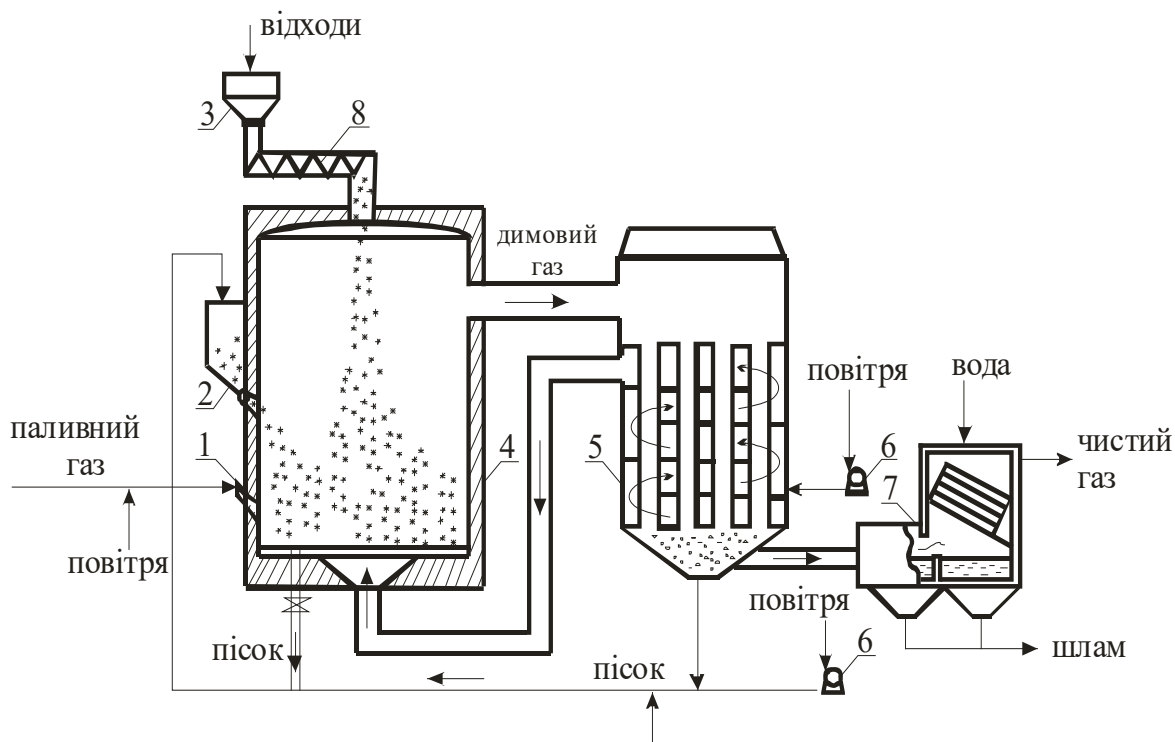


Рис. 7.1. Схема спалювання відходів у печі з киплячим шаром:

- 1 - газопальник; 2 - бункер-дозатор; 3 - бункер завантаження відходів; 8 - живильник шнековий; 4 - піч з киплячим шаром; 5 - рекуператор; 6 - вентилятор; 7 - пиловловлювач мокрий;

Схема установки з багатоподовою піччю наведена на рис. 7.2. Корпус печі є вертикальним сталевим циліндром діаметром 6-8 м, поділеним по висоті на 7-9 горизонтальних вогнестійких подів. Через центр печі проходить порожнинний вертикальний обертовий вал, на якому радіально закріплені також порожнинні гребкові пристрої. У порожнини вентилятором подається охолоджувальне повітря. Відходи завантажуються у верхню камеру печі і безперервно рухаються назустріч гарячим топковим газам вниз від пода до поду через пересипні отвори, які по чергові розташовані на периферії або у

центральної частині подів. Гребкові механізми здійснюють перемішування і подрібнення відходів на подах та спрямовують їх до пересипних отворів. Для розпалу, а також підтримання стійкої роботи слугують виносні топки, обладнані пальниками з примусовою подачею повітря.

У верхніх камерах печі відбувається сушіння вологих відходів, у середніх – згоряння органічних речовин відходів за температури 600-900°C. У нижчих камерах зола охолоджується, потім скидається у зольний бункер, звідки транспортується пневмо- або гідротранспортом на золовідвал або мулові майданчики. Топкові гази у зоні сушіння охолоджуються до температури 250-300°C, відводяться у мокрий пиловловлювач і димососом викидаються в атмосферу.

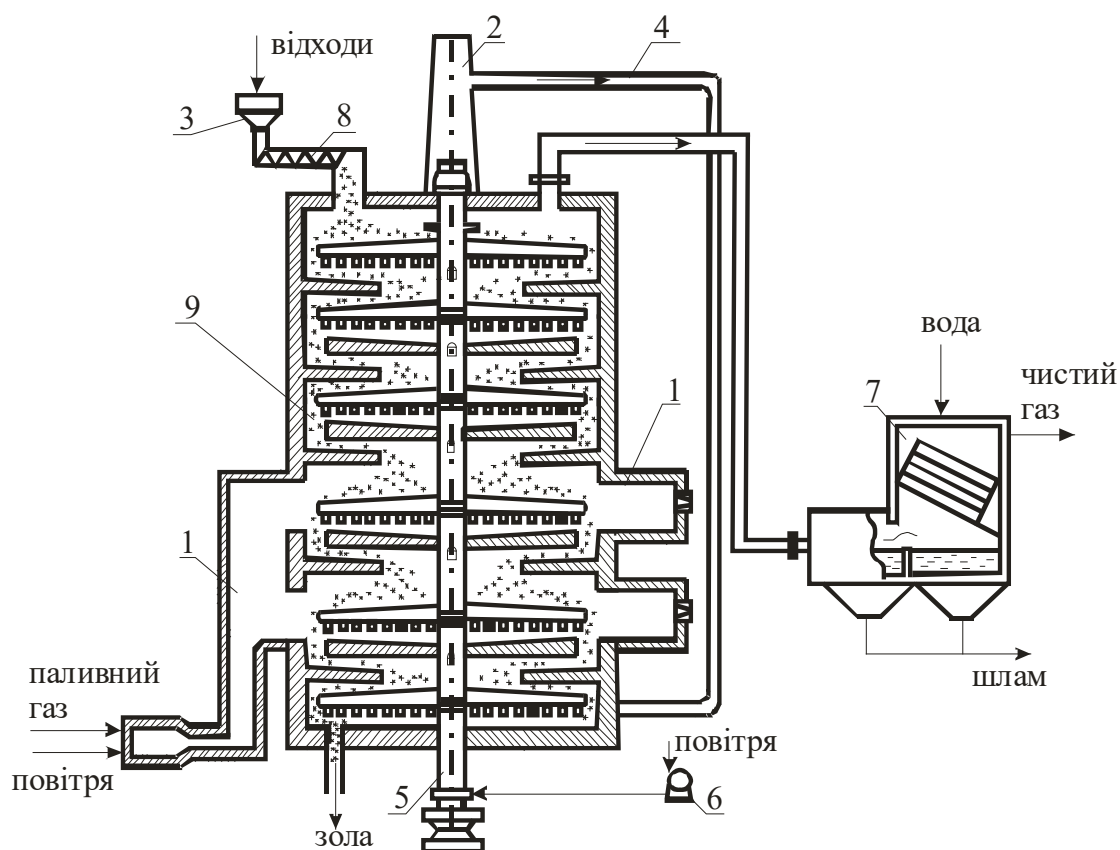


Рис. 7.2. Схема спалювання відходів у багатоподовій печі:

- 1 - зовнішня топка; 2 - труба атмосферна; 3 - бункер завантаження відходів; 4 - рециркуляційний трубопровід; 5 - вал печі; 6 - вентилятор охолодження; 7 - мокрий пиловловлювач; 8 – шнек; 9 - багатоподова піч.

Обертові барабанні печі мають форму горизонтального циліндра, встановленого з нахилом $2-4^\circ$ у бік вивантаження шлаку. Барабан спирається на ролики і приводиться у обертання електродвигуном через зубчасту передачу.

Схема установки з обертовою барабанною піччю наведена на рис. 7.3. Зневоднені відходи завантажуються у барабан через насадку (для рівномірного розподілу) і за рахунок нахилу осі барабана та його обертання рухаються протитечією з газом-теплоносієм. Останній утворюється при горінні палива у топці, обладнаній пальниками. У барабані відходи спочатку підсушуються, а потім згоряють з виділенням тепла. Гаряча зола висипається через отвори у топці і потрапляє у повітряний охолоджувач, звідки пневмотранспортером подається в бункер і далі вивозиться на золовідвал. Відхідні гази потрапляють до камери допалювання летких речовин, потім до пиловловлювачів та викидаються у атмосферу.

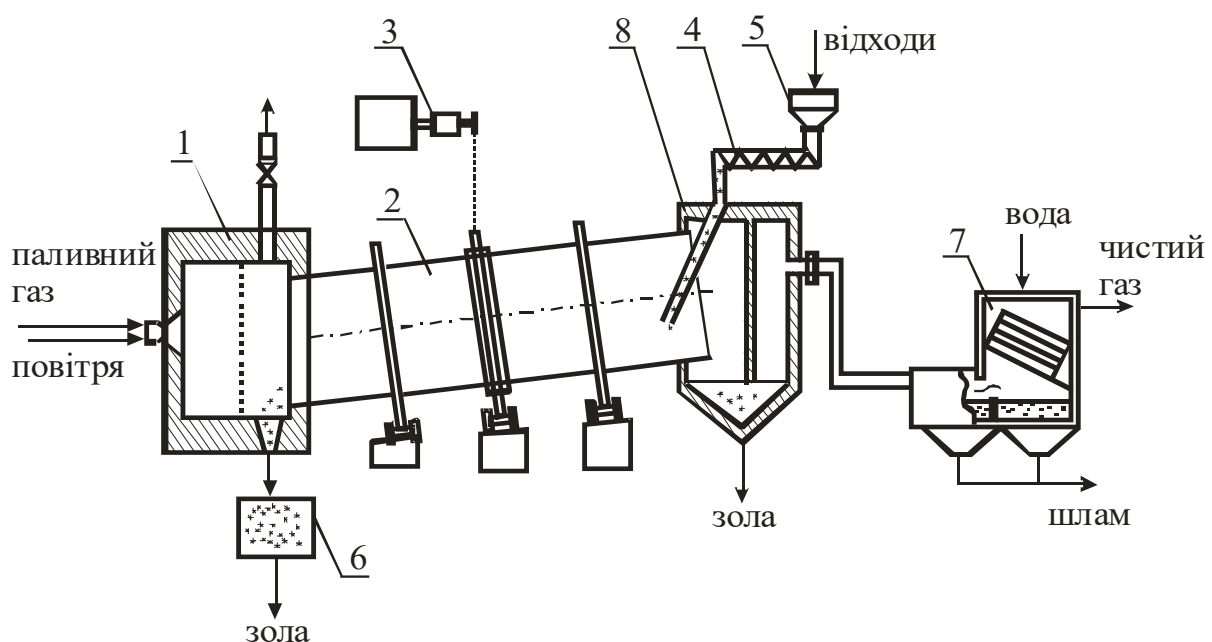


Рис.7.3. Обертова барабанна піч: 1 - топка; 2 - піч; 3 - електродвигун; 4 - шнековий живильник; 5 - бункер завантаження відходів; 6 - аероохолоджувач; 7 - пиловловлювач мокрий; 8 - камера допалювання.

Конструкція печі з колосниковою ґратками показана на рис.7.4. Відходи грейфером 2 подають у завантажувальний бункер 3 камерної печі 6. Звідти вони потрапляють на зворотно – перештовхувальні колосникові ґратки

4, що складаються з почергово розташованих нерухомих ступенів та таких, що здійснюють зворотно – поступальний рух. Через отвори під колосниками повітродувкою 5 подається повітря, необхідне для процесу спалювання. У процесі руху по ґратках відходи послідовно проходять стадії осушування та підігріву, піролізу, горіння та утворення шлаку. Останній охолоджується і направляється транспортувальним пристроєм 9 на складування. Димові гази віддають тепло у котлі 8, потім очищуються у електрофільтрі 10 і через трубу 12 викидаються у атмосферу.

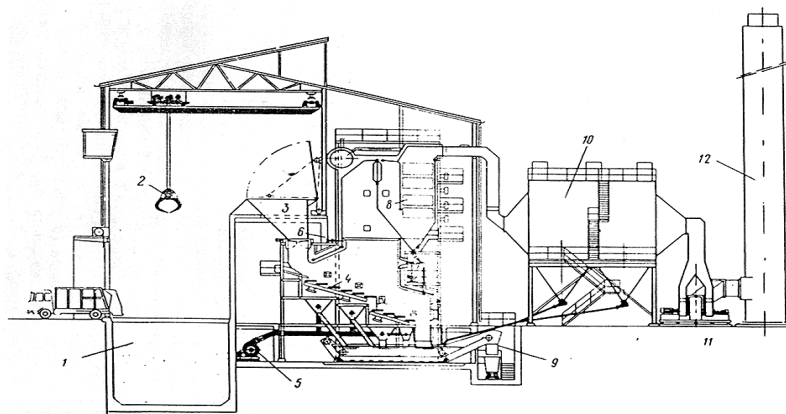


Рис.7.4. Схема сміттєспалювального заводу:

1-бункер прийому; 2-грейфер; 3-завантажувальний бункер; 4-колосники; 5-повітродувка; 6-камерна піч; 7-форсунка; 8- паровий котел; 9-транспотувальний пристрій; 10-електрофільтр; 11-димосос; 12-труба.

Питомий об'єм продуктів згоряння твердих відходів вираховується за об'ємами продуктів, які виділяються при спалюванні 1 кг палива:

$$V_{ПЗ} = V_{RO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} \quad (7.1),$$

де $V_{RO_2}, V_{H_2O}, V_{N_2}, V_{O_2}$ - питомі об'єми продуктів згоряння: оксидів, водяної пари, азоту та кисню відповідно, м³/кг.

Доданки рівняння (1.1) розраховуються за наступними формулами:

$$V_{RO_2} = 0,01(1,867C^P + 0,7S^P) \quad (7.2);$$

$$V_{H_2O} = 0,01(11,2H^P + 1,242W^P + 1,6V_{II}^0) + 0,0161(\alpha - 1)V_{II}^0 \quad (7.3);$$

$$V_{N_2} = 0,008N^P + 3,76\alpha V_{O_2}^0 \quad (7.4);$$

$$V_{O_2} = (\alpha - 1)V_{O_2}^0 \quad (7.5);$$

$$V_{O_2}^0 = 0,01[1,867C^P + 5,6H^P + 0,7(S^P - O^P)] \quad (7.6).$$

Тут $W^P, H^P, N^P, C^P, S^P, O^P$ - вміст відповідно води, водню, азоту, вуглецю, сірки та кисню, %, у горючій масі відходів; α – коефіцієнт надлишку повітря; V_{II}^0 - питомі витрати повітря на горіння при $\alpha=1$, м³/кг.

$$V_{II}^0 = 0,089C^P + 0,265H^P + 0,033(S^P - O^P) \quad (7.7).$$

Приклад 7. Визначити питомий об'єм продуктів згоряння відходів, якщо вміст їхніх основних компонентів, %, складає $W^P=20$, $H^P=3$; $N^P=1,25$; $C^P=25$; $S^P=0,12$; $O^P=23$. Коефіцієнт надлишку повітря $\alpha=1,1$.

Розв'язок:

Знаходимо питомі витрати повітря на горіння при $\alpha=1$:

$$V_{II}^0 = 0,089 \cdot 25 + 0,265 \cdot 3 + 0,033(0,12 - 23) = 2,26 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Знаходимо питомі витрати кисню за рівнянням (7.6) на горіння при $\alpha=1$:

$$V_{O_2}^0 = 0,01[1,867 \cdot 25 + 5,6 \cdot 3 + 0,7(0,12 - 23)] = 0,47 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Знаходимо питомі об'єми окремих продуктів згоряння за формулами (7.2)-(7.5):

$$V_{RO_2} = 0,01(1,867 \cdot 25 + 0,7 \cdot 0,12) = 0,47 \text{ м}^3/\text{кг},$$

$$V_{H_2O} = 0,01(11,2 \cdot 3 + 1,242 \cdot 20 + 1,6 \cdot 2,26) + 0,0161(1,1 - 1) \cdot 2,26 = 0,62 \text{ м}^3/\text{кг},$$

$$V_{N_2} = 0,008 \cdot 1,25 + 3,76 \cdot 1,1 \cdot 0,47 = 1,95 \text{ м}^3/\text{кг},$$

$$V_{O_2} = (1,1 - 1) \cdot 0,47 = 0,05 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Знаходимо питомий об'єм продуктів згоряння за рівнянням (7.1)

$$V_{II} = 0,47 + 0,62 + 1,95 + 0,05 = 3,09 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Благодатний В. В., Маркіна Л.М. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Утилізація та рекуперація відходів. – Миколаїв : НУК, 2009 – 52с.
2. Брыгинец Е. Д. Методические указания к практическим занятиям по курсу «Основы утилизации отходов». – Харьков : ХНАГХ, 2007. – 44 с.
3. Гриценко А. В. Технологические основы промышленной переработки отходов мегаполиса. / А. В. Гриценко и др. – Харьков : ХНАДУ, 2005. – 340с.
4. Державні санітарні правила та норми. 2. Комунальна гігієна. 2.7. Ґрунт, очистка населених місць, побутові та промислові відходи, санітарна охорона ґрунту. «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення» ДСанПіН 2.2.7.029-99. Міністерство охорони здоров'я України, 1999. – Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=4010>
5. Войціховська А., Куць Н., Панькевич М., Тимощук Л. Організація ефективного поводження з відходами: як діяти органам місцевого самоврядування (посібник для органів місцевого самоврядування) — Львів : Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2018. — 108 с.
6. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 №820-р.
7. Правила з організації збирання, перевезення, перероблення та утилізації твердих побутових відходів. Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 07.06.2010 N 176. – Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?uid=1041.20286.0>
8. Радовенчик В. М., Гомеля М.Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування. – К.: Кондор, 2010. – 552с.
9. Сафранов Т.А., Шаніна Т.П., Губанова О.Р., Приходько В.Ю. Управління та поводження з муніципальними відходами: Практикум. – Одеса: Вид-во ПП «ТЕС», 2014. – 198 с

10. Рижков С. С., Харитонов Ю.М., Благодатний В.В. Технології утилізації та рекуперації відходів. – Миколаїв : УДМТУ, 2003. – 80с.
11. Практичні аспекти управління відходами в Україні. Посібник. Барінов М.О. , Олексієвець І.Л. , Родная Д.В. , Журавель Т.В. , Коломієць С.В. , Козлова І.А. , Пархоменко Г.П. – К.: «Поліграф плюс» , 2021.– 118 с.
12. Савицький В М. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води: Навчальний посібник. В. М. Савицький, В. К. Хільчевський, О. В. Чунарьов, М. В. Яцюк – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – 152 с.
13. Борисовська О. О., Ґрунтова В. Ю.Технології утилізації відходів та рециклінг. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища». — Дніпро: НТУ «ДП», 2019. — 52 с.
14. Коваленко І.В., Кузнецова І.О., Шевченко Р.І., Гаркович О.Л. Поводження з муніципальними відходами: навч. посібн. для студ. закладів вищої освіти. Одеса : ОНАХТ «Академія», 2018. 150 с.
15. Управління та поведження з відходами. Частина 2 Тверді побутові відходи:Навчальний посібник. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Кватернюк С.М. та ін..– Вінниця: ВНТУ, 2015. –100с.
- 16 Петрук В.Г., Васильківський І.В., Іщенко В.А., Петрук Р.В. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Іщенко В.А., Петрук Р.В. Управління та поведження з відходами. Частина 4. Технології переробки твердих побутових відходів. Навчальний посібник .– Вінниця: ВНТУ, 2013. –234 с
- 17 Управління та поведження з відходами. Клименко М.О. та ін. Практикум, Херсон,Олді+, 2019- 238с.

Навчальне видання

БЛАГОДАТНИЙ В.В., МАГАСЬ Н. І.

УПРАВЛІННЯ ТА ПОВОДЖЕННЯ МУНІЦИПАЛЬНИМИ ВІДХОДАМИ

Методичні вказівки

Формат 60×84¹/₁₆. Ум. друк. арк. 3,0. Тираж 100 пр. Зам. № 729-095.

ВИДАВЕЦЬ І ВИГОТОВЛЮВАЧ
Поліграфічне підприємство СПД Румянцева Г. В.
54038, м. Миколаїв, вул. Бузника, 5/1.
Свідоцтво МК № 11 від 26.01.2007 р.