

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»

Тема роботи: «Технології термічної утилізації побутових відходів»

Виконав:
студент Кельбас В.Я.

Керівник:
доцент Лазненко Д.О.

Залікова книжка
№ 19510026

Підпис: _____
дата, підпис

Підпис: _____

Консультант з охорони праці:
доцент Васькін Р.А.

Підпис: _____
дата, підпис

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Секретар ЕК
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____
“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту Кельбас Володимиру Ярославовичу Група ТС-91/1
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Технології термічної утилізації побутових відходів
2. Вихідні дані до роботи: дані офіційних джерел щодо утворення побутових відходів, їх складу та поводження з ними; довідникові дані щодо технологічних рішень з термічної утилізації побутових відходів, нормативно-правові вимоги щодо термічної утилізації побутових відходів
3. Перелік обов'язково графічного матеріалу: презентація

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9	10
1	Збір та опрацювання літературних даних	x	x				
2	Опрацювання методів термічної утилізації побутових відходів		x	x			
3	Розроблення рекомендацій щодо застосування спалювання побутових відходів для України			x	x		
4	Виконання завдань за розділом «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»				x	x	
5	Оформлення бакалаврської роботи						x

Дата видачі завдання 30.03.2023 р.

Керівник _____ доц. Лазненко Д.О.
(підпис) (посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 50 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 47 с, у тому числі 3 таблиць, 5 рисунків, перелік джерел послання 6 сторінок.

Мета роботи – аналіз теоретичних та практичних аспектів застосування термічної утилізації побутових відходів та визначення способів забезпечення екологічної безпеки поводження з відходами шляхом вибору ефективної технології спалювання побутових відходів.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та виконано такі завдання:

- аналіз сучасних методів утилізації побутових відходів, зокрема термічна утилізація;
- аналіз теоретичних аспектів спалювання відходів;
- аналіз досвіду термічної утилізації відходів в Україні та в європейських країнах;
- аналіз впливу термічної утилізації побутових відходів на навколишнє середовище;
- розроблення рекомендацій щодо застосування технології спалювання побутових відходів в Україні.

Об'єкт дослідження – технології термічної утилізації побутових відходів.

Предмет дослідження – спалювання побутових відходів, як один з найбільш ефективних методів утилізації побутових відходів.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано вплив відходів, на навколишнє середовище. Запропоновано заходи щодо зменшення впливу побутових відходів на навколишнє середовище.

Ключові слова: ТВЕРДІ ПОБУТОВІ ВІДХОДИ, СПАЛЮВАННЯ, ДОВКІЛЛЯ, УТИЛІЗАЦІЯ, ЕКОЛОГІЯ, ПІРОЛІЗ, СМІТТЄПЕРЕРОБКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ОБЛАДНАННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	8
1.1 Утворення та характеристики твердих побутових відходів, вплив на довкілля.	8
1.2. Основні технічні рішення з термічної утилізації відходів.....	11
1.3 Спалювання побутових відходів у європейських країнах та Україні	16
РОЗДІЛ 2 СПАЛЮВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	20
2.1 Місце спалювання в ієрархії методів поводження з побутовими відходами	20
2.2 Вимоги до системи поводження з відходами для застосування технологій спалювання побутових відходів	22
2.3 Забезпечення екологічної безпеки спалювання побутових відходів.....	24
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ СПАЛЮВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ УКРАЇНИ	33
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	37
4.1 Техніка безпеки під час експлуатації обладнання зі спалювання побутових відходів.....	37
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях на об'єктах зі спалювання побутових відходів.....	40
ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	45

Інв.№полд.	Підп. і дата	Взаєм.інв.		Інв.№л/бл.	Підп. і дата	ТС 19510026								
		Вип.	Арк.			№ докum.	Підп.	Лат.	Літ.	Арк/ш.	Арк/ш/в.			
						Розроб.	Кельбас							
						Перев.	Лазненко					4	50	
						Н.Конт	Батальцев					СумДУ, ф-т ТеСЕТ гр. ТС-91/1		
						Затв.	Пляцук				«Технології термічної утилізації побутових відходів»			

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ТПВ – тверді побутові відходи
- ССЗ - сміттєспалювальний завод
- ЄС – Європейський союз
- СПС - Сміттеперевантажувальна станція
- ПХДД – поліхлорований бензодіоксин
- ПХДФ – поліхлорований дибензофуран
- ПХБ – поліхлорований біфеніл
- ПУЕ – правила улаштування електроустановок

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Підп. і дага	ТС 19510026	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Піп.	Лат		5

ВСТУП

Актуальність дослідження. За попередніми даними Мінрегіону, щорічно утворюється понад 10 мільйонів тонн відходів. Насправді 90% з них захоронюється. Додамо сюди ще руйнування інфраструктури війсьними діями і в наслідок цього утворюється ще більше відходів [1].

Сьогодні проблема утилізації твердих побутових відходів є дуже гострою, оскільки відходи продовжують накопичуватися як у промисловому, так і в побутовому секторах. Більшість відходів потрапляє на звалища, сприяючи забрудненню поверхневих і підземних вод. Крім того, їх часто спалюють, забруднюючи навколишнє середовище [2].

Площа існуючих полігонів, сміттєзвалищ і несанкціонованих звалищ в Україні вже перевищує площу Державного фонду охорони природи. На сьогодні тверді побутові відходи переробляються лише в 70% міст і 10% сільських населених пунктів [2]. Це призводить до накопичення відходів у недозволених місцях. Іншими словами, це виглядатиме так: за селами, в лісах, на берегах річок, уздовж доріг тощо.

Мета роботи: аналіз теоретичних та практичних аспектів застосування термічної утилізації побутових відходів та визначення способів забезпечення екологічної безпеки поводження з відходами шляхом вибору ефективної технології спалювання побутових відходів.

Для досягнення мети було поставлено і виконано такі завдання:

- аналіз сучасних методів утилізації побутових відходів, зокрема термічна утилізація;
- аналіз теоретичних аспектів спалювання відходів;
- аналіз досвіду термічної утилізації відходів в Україні та в європейських країнах;

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№обл.	Підп. і дата	ТС 19510026				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Піп.	Лат

- аналіз впливу термічної утилізації побутових відходів на навколишнє середовище;
- розроблення рекомендацій щодо застосування технології спалювання побутових відходів в Україні.

Об’єктом дослідження в роботі є технології термічної утилізації побутових відходів.

Предметом дослідження є термічні технології утилізації побутових відходів.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, які об’єднують вісім підрозділів, висновку та списку використаних джерел.

Методи дослідження: аналіз інформаційних джерел за темою дослідження, системний аналіз масивів даних, аналіз технологічних рішень, аналізу наукових праць та нормативно-правових документів, метод узагальнення та інші.

Підп. і дата																													
Інв.№ополл.	Піпп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Підп. і дата																									
Вип	Арк	№ докум.	Піпп.	Лат																									
					ТС 19510026																	Арк							
																						7							

РОЗДІЛ 1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Утворення та характеристики твердих побутових відходів, вплив на довкілля.

Повсякденна діяльність людини дуже тісно пов'язана з утворенням твердих побутових відходів. Сміттєзвалища займають велику площу. Щороку в Україні утворюється до 1,5 млрд тонн ТПВ. Загалом у країні зібрано до 30 мільярдів тонн, а звалища займають понад 150 тисяч квадратних метрів. га [6].

Домогосподарства, організації, установи та громадські місця є основним джерелом утворення побутових відходів. Кількісні та якісні характеристики побутових відходів не є фіксованими, а залежать від джерела їх утворення [7]. До основних компонентів твердих побутових відходів належать наступні компоненти: папір, картон 20...30%, харчові відходи 28...45%, деревина 1,5...4%, чорні 1,5...4,5%, кольорові метали 0,2...0,3%, текстиль 4...7%, кістка 0,5...2%, скло 3...8%, шкіра, гума, взуття 1...4%, камінь, фаянс 1...3%, пластмаса 1,5...5%, відходи (< 15 мм) 7...18%, інші 1...3% [8] (рисунок 1.1).

Кількість ТПВ залежить від: пори року, побутові та продовольчі потреби населення, економічний розвиток споживчих товарів, тари та інші фактори [8]. Так, наприклад, восени кількість твердих побутових відходів збільшується за рахунок листя та рослинних відходів [8].

Одноразове використання сприяє збільшенню ТПВ; товари народного споживання з короткочасним терміном служби людині, які ми купуємо, споживаємо та викидаємо не дивлячись на їх залишкову вартість.

Підп. і дата						ТС 19510026	Арк
Інв. № полл.	Підп. і дата	Взаєм. інв.	Інв. № обл.	Підп. і дата			8
Вип	Арк	№ док. ум.	Підп.	Лат			

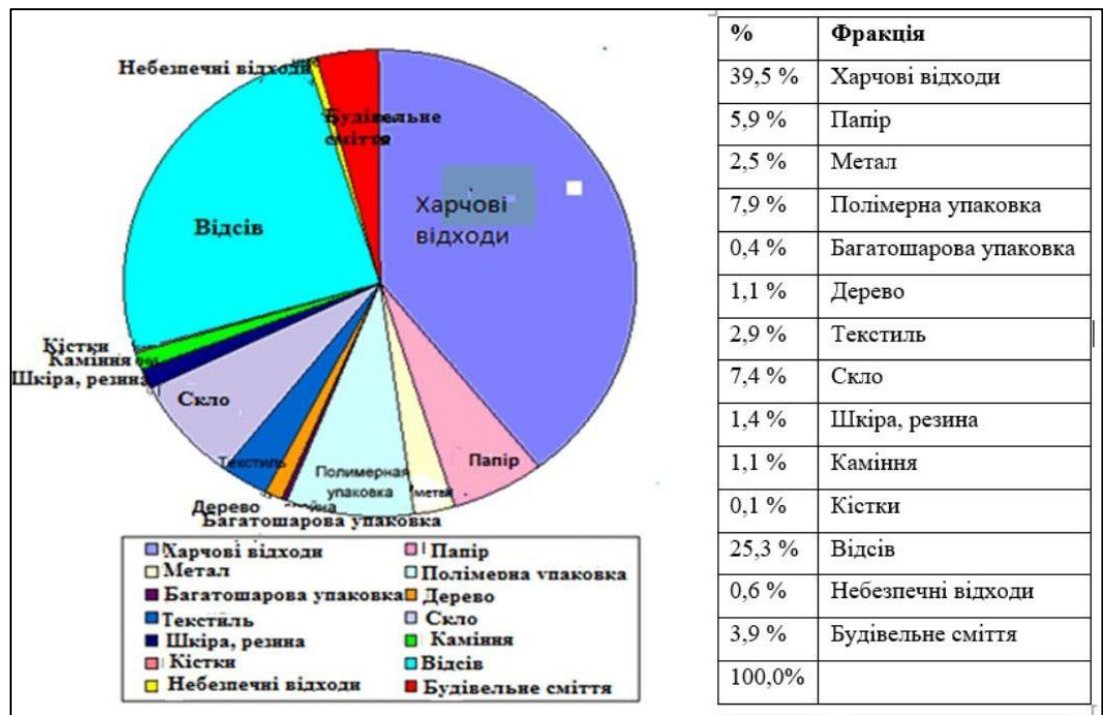


Рисунок 1.1 – Морфологічний склад твердих побутових відходів [8]

Сприяє зростанню потоку сміття та упаковки, яка до того ж видозмінює його. Тому за останні п'ятдесят років кількість скляних та жерстяних банок у твердих побутових відходах зменшилася, а пластику та інших полімерних матеріалів значно зростає. На сучасному етапі розвитку суспільства, згідно зі статистичними даними, кожен житель утворює в середньому близько 2-3 кг твердих побутових відходів на добу. І вони мають тенденцію до постійного зростання, що змушує муніципальні органи влади в усіх містах постійно шукати оптимальні способи утилізації відходів жителів [8].

Тверді відходи містять велику кількість вологої органіки, яка при розкладанні утворює сморід і фільтрат. У процесі сушіння продукти неповного розкладання утворюють пил, насичений забруднювачами та мікроорганізмами (від 300 до 15 млрд на 1 г сухої речовини). Це призводить до серйозного забруднення повітря, ґрунту, поверхневих і підземних вод [8]. Переносниками хвороботворних мікроорганізмів є мухи, миші, птахи, бродячі собаки та коти. У середовищі ТПВ поряд із сапрофітами розвиваються хвороботворні (патогенні)

Інв.№полл. Підп. і дата
 Взаєм.інв. Інв.№олубл.
 Підп. і дата

бактерії – переносники різноманітних захворювань. Крім патогенних мікроорганізмів, тверді побутові відходи містять також яйця гельмінтів (глисти). При зберіганні деякі патогенні мікроорганізми гинуть через кілька днів, а інші види можуть виживати в таких умовах кілька років [8].

Яйця гельмінтів зберігають свою життєздатність протягом багатьох років. Разом із пилом або фільтратом вони виносяться за межі складів ТПВ і є джерелом забруднення води та ґрунтового покриву. Мікроорганізми, що містяться в ТПВ, є збудниками гепатиту, туберкульозу, дизентерії, аскаридозу, респіраторних, алергічних, шкірних та інших захворювань [8].

Знезараження ТПВ здійснюється такими методами:

- спалювання органічних матеріалів на сміттєспалювальних заводах,
- обробка дезінфікуючими розчинами,
- біологічна стерилізація в аеробних (компостування) та анаеробних (захоронення) умовах,
- глибоке пресування з повним пресуванням водного вилуговування,
- фасування подрібнених ТПВ різними затверджувачами.

Цим методом здійснюється біологічна стерилізація твердих побутових відходів при їх захороненні на полігонах. Тверді відходи покриті шаром ґрунту, який перешкоджає доступу кисню [8]. В анаеробних умовах (при відсутності кисню) розвиваються анаеробні бактерії, що розкладають органічні речовини і знищують патогенну мікрофлору. Розкладання органіки займає тривалий час і вимагає великої площі для зберігання ТПВ. При цьому можлива утилізація органічних речовин у вигляді біогазу, що містить до 55...60% метану [8].

Уряд схвалив Національну стратегію управління відходами в Україні до 2030 року, яка має на меті впровадження системного підходу до поводження з відходами на державному, регіональному та місцевому рівнях [3].

Стратегія передбачає створення до 2030 року 800 нових потужностей із переробки вторинної сировини, утилізації та компостування біовідходів, зменшення загального обсягу захоронення побутових відходів з 95% до 30%,

Інв.№полл.	Піпп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Піпп. і лата
	Піпп. і лата			

Вип	Арк	№ докум.	Піпп	Лат	ТС 19510026	Арк
						10

мінімізацію загального обсягу відходів, що захоронюються, з 50% до 35%, а також створення мережі з 50 регіональних полігонів [5].

Зменшення впливу відходів на довкілля передбачається шляхом запровадження комплексу управлінських та технічних рішень з урахуванням ієрархії управління відходами [3].

1.2. Основні технічні рішення з термічної утилізації відходів

До основних методів термічного оброблення побутових відходів відносяться піроліз, газифікація та спалювання.

Піроліз є процес розкладання органічних сполук під дією високих температур при відсутності або недостатності кисню. У результаті піролізу утворюються: піролізний газ, смоли і твердий вуглецевий залишок (сажа, активоване вугілля та ін.).

Кількість і якість продуктів піролізу залежать від складу відходів і температури процесу.

Залежно від температури розрізняють три види піролізу:

- низькотемпературний піроліз (450-550°C), за якого досягають максимального виходу смол і твердого залишку, а також мінімального виходу піролізного газу з високою теплотою згорання;
- середньотемпературний піроліз (до 800°C), за якого вихід газу збільшується при зменшенні його теплоти згорання, а вихід смол і твердого залишку – зменшується;
- високотемпературний піроліз (900-1050°C), за якого вихід рідких продуктів і твердого залишку – мінімальний, а вихід піролізних газів з невисокою теплотою згорання – максимальний.

З підвищенням температури знижується вихід рідких і збільшується вихід газоподібних продуктів. Тому низькотемпературний піроліз часто використовують для отримання натуральної смоли – цінного джерела рідкого

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Підп. і дата	ТС 19510026			Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Піп.

палива і різних хімікатів. Основним завданням високотемпературного піролізу є отримання якісного паливного газу. Твердий залишок (піролізний кокс) використовується як заміник природних і синтетичних вуглецевих матеріалів, адсорбованих при очищенні питної води та стічних вод.

Для змішаних ТПВ досвіду впровадження піролізу недостатньо, можна вважати технологію піролізу експериментальною [36].

Газифікація є термохімічним високотемпературним процесом взаємодії органічних сполук з агентами, що газифікують, внаслідок чого органічні сполуки перетворюються на горючий газ. У якості агентів застосовують повітря, водяну пару, діоксид вуглецю, а також їх суміші.

Газифікація є варіантом термічної утилізації, при якій на першому етапі окислення палива супроводжується утворенням «синтез-газу», на другому етапі горючий синтез-газ спалюється у вторинному топочному пристрої для отримання тепла або в газових двигунах/турбінах для вироблення електроенергії.

Газифікація як промислова технологія зазвичай застосовується для переробки твердих, рідких і пастоподібних відходів. Зокрема, вона широко використовується в металургії для отримання горючих газів з бурого високозольного вугілля. Сутність газифікації полягає в обробленні вуглецевої речовини (вугілля) при 600..1100°C водяною парою, киснем (повітрям) або діоксином вуглецю. В результаті відповідно парової, кисневої, углекислотної або комбінованої конверсії вугілля утворюється рівноважна суміш новостворених (водень, оксид вуглецю) і початкових газів.

Генераторний газ, що отриманий при газифікації за допомогою повітряного або пароповітряного дуття, має низьку (3,5...6 МДж/м³) теплоту згоряння через значний вміст азоту. Зазвичай він використовується за місцем отримання в низькотемпературних технологічних процесах. Газ парокисневої конверсії більш калорійний (до 16 МДж/м³) і може застосовуватися як технологічне паливо для високотемпературних печей, а також транспортуватися

Підп. і дата	
Інв. № обл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № полл.	

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Лат	ТС 19510026	Арк
						12

на значні відстані від газогенераторної станції. Також це дорогоцінна хімічна сировина, в якому вміст H_2 і CO становить до 70%.

Що стосується твердих відходів, то принаймні в Японії було розроблено декілька технологічних варіантів, таких як процес прямого плавлення JFE (direct melting process), технологія Thermosteel, газифікація в вертикальній колоні попередньо пелетованого RDF, комбіноване спалювання та газифікація Energos (Норвегія, Німеччина, Великобританія), газифікація в киплячому шарі Ebara fluidized bed process (Іспанія), плазмова газифікація, яка часто використовується для обробки небезпечних відходів (Японія).

Причини поширеності газифікації в Японії – особливості місцевого законодавства. Наприклад, заборона перевезення твердих побутових відходів між містами, і неможливість у зв'язку з цим накопичувати велику кількість твердих побутових відходів в одному місці, а також особливі вимоги до якості золи.

Незважаючи на безперервний розвиток технологій, все ще недостатньо досвіду реалізації великомасштабних проектів газифікації змішаних відходів на міжнародному рівні, а газифікація вологої сировини є складною [36].

Спалювання є найбільш технічно розвиненим та відпрацьованим з усіх промислових методів обробки ТПВ. Це контрольований процес окислення твердих, рідких або газоподібних горючих відходів. При горінні утворюються CO_2 , вода і зола. Сірка та азот, що містяться у відходах, утворюють різні оксиди під час спалювання, а хлор відновлюється до HCl . Крім газоподібних продуктів, при згорянні відходів утворюються також тверді частинки: метал, скло, шлак і т.д., які необхідно потім обробити або захоронити.

В якості методу переробки використовують спалювання частково розділених відходів, що містять не більше 10 – 15% інертного матеріалу. Для спалювання можна використовувати лише відходи з достатньо високою теплотворною здатністю (більше ніж 6,0 МДж/кг). Область застосування термохімічних методів обмежується властивостями продуктів реакції. При

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№обл.	Піп. і дага	ТС 19510026				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Піп.	Лат

спалюванні органічної частини відходів утворюються CO_2 і оксиди, водяна пара, оксиди азоту і сірки, аерозолі. Термохімічні методи небажано використовувати для обробки відходів, якщо відходи містять фосфор, галогени або сірку [8].

При спалюванні молекули органічних сполук руйнуються, а неорганічні сполуки перетворюються на оксиди і карбонати, які видаляються та виводяться разом зі шлаком і золою. Горіння відбувається в печах різної конструкції, основним елементом яких є колосникова решітка, на якій власне і відбувається процес. Простір всередині печі розділено на кілька зон, щоб процес, що веде до спалювання відходів, відбувався послідовно.

Розглянемо процес пошарового спалювання відходів у топці на природному паливі.

Значного розвитку набули механічні палубні печі з ланцюговими ґратами. Особливістю цих печей є безперервний рух палива з колосниковою решіткою, яка являє собою нескінченний сітчастий конвеєр (рисунок 1.2).

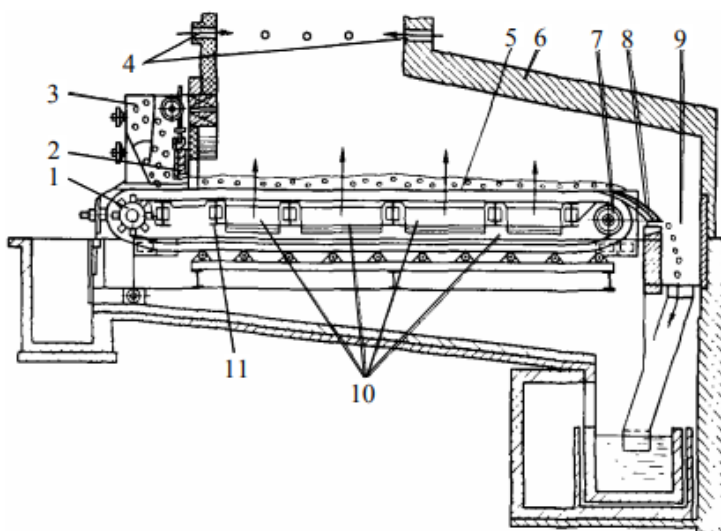


Рисунок 1.2 - Топка з механічною ланцюговою решіткою прямого ходу [9]:

1 – передня ланцюгова зірочка; 2 – регулювальний шибер; 3 – бункер палива; 4 – отвори для повітря; 5 – решітки; 6 – стіна топки; 7 – задня ланцюгова зірочка; 8 – шлакознімач; 9 – шлаковий бункер; 10 – канали для повітря; 11 – перегородка.

Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	

Вип	Арк	№ док. ум.	Підп.	Лат
-----	-----	------------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

14

Використовуються механічні печі з реєстраторами прямого і зворотного потоків. У прямоточній колосниковій решітці паливна пластина рухається від передньої стінки печі до задньої стінки, а у зворотній — від задньої стінки до передньої [38].

У механічній топці з лускоподібними ланцюговими решітками прямого ходу полотно решіток 5 складається з окремих колосників, укріплених на нескінченних шарнірних ланцюгах, надітих на дві пари зірочок 1 та 7. Швидкість руху решітки можна варіювати в широких межах (1 – 18 м/с). Паливо із завантажувального ящика 3 надходить на решітки, що рухаються. Товщину шару палива встановлюють шибером 2, який може переміщатися по вертикалі. Повітря для горіння підводиться під решітку. У міру просування решіток паливо вигорає. Шлак, що утворюється, скидається з решіток шлакознімачем 8 в шлаковий бункер 9. Із збільшенням швидкості повітря можна досягти того, що частинки будуть підніматись. Така швидкість називається «критичною» [38].

Переваги даної технології: простота конструкції печей, висока продуктивність та експлуатаційна надійність.

Недоліки: необхідність сортування відходів і їх дроблення до малих розмірів.

Вплив на довкілля при даній технології полягає у вихідних димових газах. Тому потрібно застосовувати спеціальні системи для їх очищення.

Останнім часом все більшого поширення набувають цементні печі для утилізації відходів (рисунки 1.3).

Цементні печі – це величезні циліндричні печі. Внутрішня частина печі облицьована вогнестійкою цеглою і здатна витримувати надзвичайно високі температури. Піч нагрівається за допомогою основного палива (наприклад, порошкоподібного вугілля, нафти чи газу), яке подається через пальник і твердого палива, що подається через апарат середньої частини печі. Ця ілюстрація демонструє типовий процес подачі відходів [10].

Підп. і дата	
Інв. №/л.бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. №/полл.	

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Лат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

15

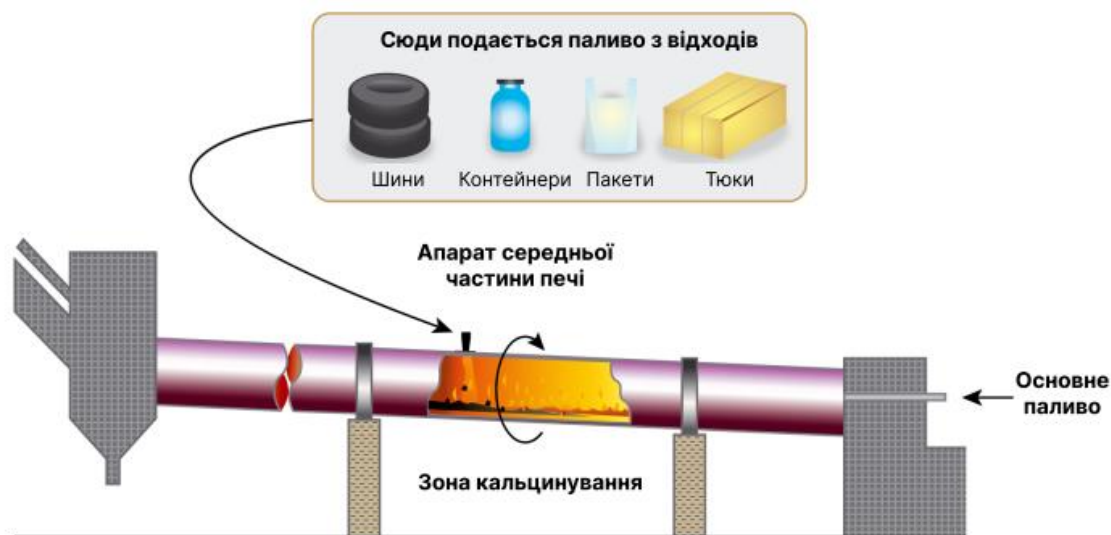


Рисунок 1.3 – Цементна піч для утилізації ТПВ [10]

В Україні спалюється не більше 5% сміття, а 95% вивозиться необробленим на полігони, сміттєзвалища, або до не пристосованого для нього місця. Починаючи з 1984 р. було побудовано 4 сміттєспалювальні заводи: в Харкові, в Дніпропетровську, в Севастополі та в Києві. Нині сміттєспалювальний завод у м. Києві потужністю 175 000 т/рік не працює, зважаючи на екологічний фактор [2].

1.3 Спалювання побутових відходів у європейських країнах та Україні

Запобігання, повторне використання, переробка та відповідальність виробника допомагають очистити Європу від зайвих відходів.

На даний час Україна буквально задихається від відходів, які вона створює. У середньому на одну людина припадає від 250 до 300 кг відходів. 93% відходів відправляється на звалища або полігони, більше 2% – спалюється і 4,5% – переробляється. З року в рік територія країни перетворюється на величезне сміттєзвалище, і якщо нічого не робити, то завтра на нас чекає масштабна екологічна катастрофа. [11].

Інв.№полл.	Пілл. і дата
Взаєм.інв.	Підп. і дата
Інв.№олубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Пілл.	Лат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

16

Змінити ситуацію допоможе складна практика поводження з відходами, яка вже діє в ЄС і демонструє позитивні результати. Вони мають складний високо комплексний характер та охоплюють інфраструктурні, управлінські, фінансові і соціокультурні компоненти.

В основі системи лежить ієрархія управління відходами, яку можна візуалізувати у вигляді перевернутої піраміди.

На найвищому рівні — запобігання їх утворенню. Кожна країна ЄС має власні програми запобігання утворенню різних видів відходів, зосереджені на домогосподарствах, муніципалітетах, сільському господарстві та добувній промисловості. Більшість із них пов'язані з харчовими відходами, упаковкою, батарейками тощо. [11].

В європейських країнах спалювання відходів складає від 1 до 60% від загального обсягу утворення (рисунок 1.4).

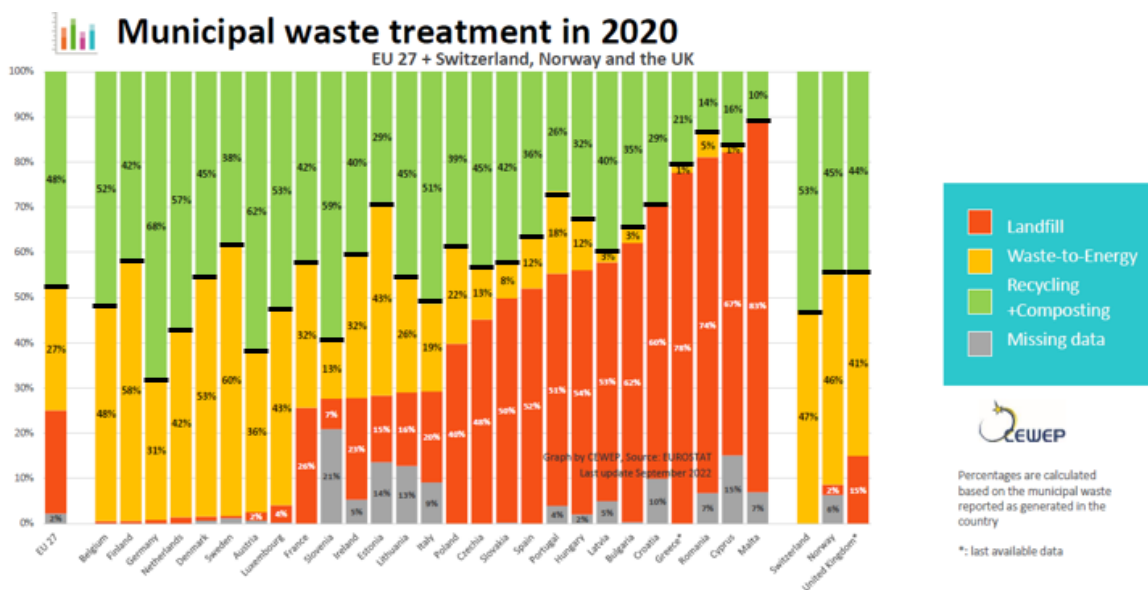


Рисунок 1.4 – Показники поводження з побутовими відходами в європейських країнах за 2020 рік [42]

Підп. і дата
Інв. №/убл.
Взаєм. інв.
Піпп. і дата
Інв. №/полл.

На даний час в Європі застосовуються різні види технологій обробки відходів для отримання енергії у формі теплової, електричної чи альтернативного виду палива.

Деякі країни, як Данія, Німеччина, Нідерланди, Швеція, Швейцарія, Норвегія майже не виконують роботи із захоронення побутових відходів, в тому числі через наявність великих спалювальних потужностей [14].

В Європі є багато заводів з механічно-біологічної обробки відходів, технологія яких заснована на виготовленні RDF (твердого відновленого палива). Інтерес цементних заводів до цього альтернативного палива залежить від багатьох факторів:

- склад RDF палива,
- вологість та калорійність,
- наявність полівінілхлориду,
- ціна RDF палива та традиційного палива,
- безперервне постачання,
- технологічне обладнання заводу .

В Європі цементні заводи використовують спалювання палива RDF, але в останньому звіті Європейської комісії наголошується, що таке поводження з відходами має відповідати основним принципам економіки замкнутого циклу та не може порушувати ієрархію поводження з відходами [14]. Агентство з охорони навколишнього середовища, європейські цементні заводи менш зацікавлені в паливі RDF через його низьку якість та наявністю полівінілхлоридів [14].

Спаленню піддаються змішані відходи, необроблені побутові відходи, а також промислові відходи. Проте, важливим фактором спалювання є його вплив на довкілля та здоров'я людей через викиди забруднюючих речовин, через управління продуктами від спалювання та безпеку самих працівників таких сміттеспалювальних установок. Для мінімізації таких впливів згідно з вимогами більшості європейських країн, сміттеспалювальні заводи мають розташовуватися поза межами населених пунктів, на них має відбуватися

Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	

Вип	Арк	№ док. ум.	Підп.	Лат
-----	-----	------------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

18

постійний моніторинг викидів для дотримання міжнародних стандартів викидів, а система очистки викидів повинна бути сучасною, справною, ефективною та постійно діючою.

Викиди від спалювання відходів є небезпечними, через значний вміст важких металів, діоксинів та фуранів [14].

Отже тепер в Європі налічується 499 сміттєспалювальних заводів, які щорічно переробляють 99 млн. тонн відходів. У Німеччині знаходиться 100 сміттєспалювальних заводів, вони переробляють до 27,1 млн. тон побутових відходів на рік, що складає близько 73% від загальної кількості відходів що переробляється в Європі [39].

В Україні понад 90% побутових відходів захоронюють на полігонах, або сміттєзвалищах і лише 3,2% – переробляється, що не співпадає з європейськими стандартами. Тому в країнах ЄС управління відходами включає запобігання утворенню відходів, повторне використання, переробку та розширену відповідальність виробника. У 2021 році в Україні утворилося понад 10 млн тонн побутових відходів, кожна людина утворює в середньому 300 кг відходів, що може спричинити масштабну екологічну катастрофу. [15].

У м. Київ знаходиться єдиний в Україні сміттєспалювальний завод «Енергія», який утилізує близько 220-250 тис. тонн побутових відходів даного міста. Теплова енергія від спалювання передається до столичної тепломережі, нею обігрівають 300 багатоквартирних будинків. Температура спалювання – 850-1100⁰С [17].

Підп. і дата	
Інв. № полл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № полл.	

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Лат	ТС 19510026	Арк
						19

РОЗДІЛ 2 СПАЛЮВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

2.1 Місце спалювання в ієрархії методів поводження з побутовими відходами

Ієрархія управління відходами включає:

- 1) запобігання утворенню відходів;
- 2) підготовку відходів до повторного використання;
- 3) рециклінг;
- 4) відновлення відходів (у тому числі виробництва енергії);
- 5) видалення відходів [35].

Досвід країн ЄС показує обмеженість можливостей застосування методів поводження з побутовими відходами 1-3 рівнів ієрархії для забезпечення досягнення встановлених цільових показників щодо захоронення (рисунок 2.1). Таким чином для забезпечення захоронення побутових відходів на рівні 35% від обсягів їх утворення, як це заплановано в Національній стратегії управління відходами, необхідно розглядати варіанти оброблення, що передбачають виробництво енергії.

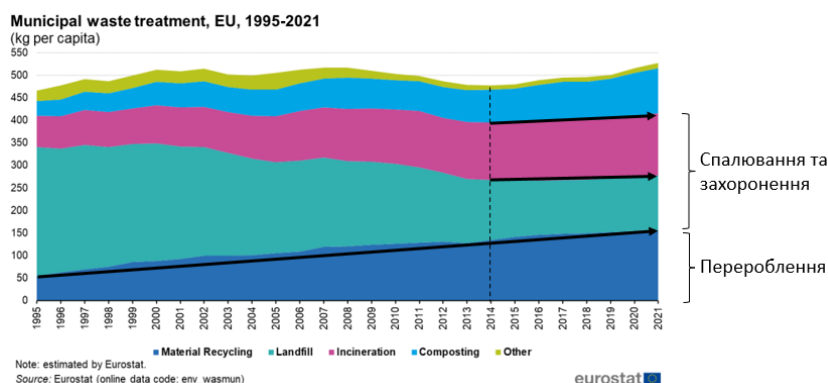


Рисунок 2.1 – Показники поводження з побутовими відходами в країнах ЄС [37]

Інв.№полл.	Піпп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Піпп. і лата
------------	--------------	------------	-------------	--------------

Вип	Арк	№ докум.	Піпп	Лат
-----	-----	----------	------	-----

ТС 19510026

Арк

20

Рециклінг або перероблення — це процес, за допомогою якого відходи перетворюються на продукт, матеріал або речовину в доступній формі для первинного чи іншого призначення. Зокрема, Рамкова Рамковою Директивою ЄС, щодо відходів передбачає, що до 2020 року – підготовка сировини для вторинного використання та утилізація відходів, принаймні паперу, металу, пластику та скла з домогосподарств і, якщо можливо, з інших джерел, відходів потік збільшився принаймні до 50 %.

Відновлення відходів, згідно з вимогами Рамкової Директиви ЄС про відходи означає будь-яку операцію, головним результатом якої є відходи, вони слугують корисній цілі шляхом заміщення інших матеріалів, які в іншому разі були б використані для виконання певної функції, або відходи, що підготовлені для виконання такої функції на підприємстві або в ширшій господарській діяльності. У додатку II встановлено неповний перелік операцій з відновлення [37].

Спалювання відходів відбувається в спеціально побудованих сміттєспалювальних установках, призначених для зменшення об'єму та ваги без додавання палива. При спалюванні утворюється приблизно 25-30% початкової маси шлакових відходів і 3,5-4% – золи, які містять шкідливі компоненти і також вимагають спеціальних безпечних методів утилізації.

Температура всередині печі сміттєспалювального заводу становить від 850 до 1450 °С. Для покращення процесу спалювання сміття додають кисень. Теплотворна здатність відходів, що спалюються, повинна бути не менше 7 МДж/кг [19]. Проте калорійність несорттованих побутових відходів є часто нижче 7 МДж/кг через наявність інертних фракцій і органічних відходів високої вологості. Теплова енергія, отримана при спалюванні відходів, може бути використана для виробництва електроенергії, обігріву об'єктів або забезпечення гарячою парою промислових об'єктів [14].

Інв.№полл.	Піпп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№обл.	Піпп. і лата	TC 19510026	Арк
						21
Вип	Арк	№ докум.	Піпп	Лат		

2.2 Вимоги до системи поводження з відходами для застосування технологій спалювання побутових відходів.

Спалювання ТПВ дозволяється тільки на енергетичні цілі, з одержанням теплової та електричної енергії.

Спалювання відходів без попереднього сортування заборонено. При сортуванні ТПВ намагаємося видалити та подрібнити більші предмети та метали (як магнітні, так і немагнітні). Батарейки, акумулятори та пластик також видаляються, щоб зменшити шкідливі викиди від відходів[18].

Під час сортування ТПВ рекомендується проводити механічний розподіл відходів за їх фізико-хімічними властивостями, технічними складовими, товарними показниками тощо з метою підготовки відходів до їх перероблення, утилізації чи захоронення. Сортування доцільно здійснювати на сортувальних комплексах із подальшим переробленням [19].

Належна обробка та утилізація відходів залишається дуже важкою та часто недоступною для багатьох місцевих органів муніципалітетів. Існує нагальна потреба в стимулах для зменшення утворення відходів і збільшення переробки. Сортування, збір, транспортування, обробка та належна утилізація побутових відходів на місці є юридичною метою багатьох країн, що розвиваються.

Спалювання відходів є частиною загальної системи поводження з побутовими відходами. Перш за все, необхідно вжити всіх заходів щодо запобігання утворенню побутових відходів.

Основна мета цих заходів — зменшити кількість відходів шляхом впливу на повторне використання продукту або подовження терміну служби продукту. Потім приймаються адміністративні та технічні рішення щодо наступних методів поводження з відходами, включаючи їх спалювання.

Важливим є створення умов, щоб технології спалювання не конкурували з технологічними рішеннями з рециклінгу відходів.

При цьому слід відмітити, що створення об'єктів зі спалювання відходів потребує значних капітальних та поточних фінансових витрат.

Підп. і дата	
Інв.№олубл.	
Взаєм.інв.	
Підп. і дата	
Інв.№полл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Лат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

22

Річні капітальні витрати на будівництво заводу зі спалювання відходів розраховуються виходячи з початкових інвестицій, необхідних відсотків [40].

Ставка таких інвестицій, наприклад, 6% річних і очікуваний термін експлуатації об'єкта, наприклад, 15-20 років. Великі заводи вимагають абсолютних початкових інвестицій порівняно з малими заводами, але ефект масштабу призводить до менших питомих річних витрат на тонну оброблених відходів [40].

Інвестиції також залежать від технології спалювання та очищення димових газів, кількості резервних технологічних систем, корпусу та конструкції установки тощо. Технічне опалення та центральне охолодження вимагають додаткових інвестицій, але також підвищують енергоефективність усієї системи [40].

Таким чином для запровадження подібних технічних рішень необхідно забезпечити стале функціонування системи управління побутовими відходами, включаючи запровадження їх роздільного збирання та подальше оброблення роздільно зібраних компонентів.

Необхідно гарантувати стабільне надходження на сміттєспалювальні заводи відходів, для яких не можуть бути застосовані методи рециклінгу (в даних конкретних умовах). Повинні бути гарантовані надходження таких відходів в обсягах, достатніх для завантаження спалювальних заводів на номінальну потужність протягом планового періоду їх експлуатації.

Важливим є забезпечення стабільного складу відходів, що спрямовуються на спалювання.

Сміттєспалювальні установки несуть потенціальні ризики щодо екологічних впливів через особливості технічних рішень, що можуть бути застосовані, а також через можливі недотримання експлуатаційних вимог щодо забезпечення дотримання технологічних параметрів енергетичного та газоочисного обладнання.

Підп. і дата	
Інв.№/Л.№	
Взаєм.інв.	
Підп. і дата	
Інв.№/полл.	

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Лат	ТС 19510026	Арк 23
-----	-----	-----------	-------	-----	-------------	-----------

Створення установок зі спалювання побутових відходів та забезпечення вимог екологічної безпеки потребує якісного функціонування дозвільної системи та системи екологічного контролю.

Рішення щодо спалювання призводять до збільшення витрат на обробку відходів порівняно із захороненням, це може змушувати до надання переваг до захоронення відходів на полігонах і звалищах.

Таким чином, ще однією з передумов до створення сміттєспалювальних заводів є запровадження комплексу нормативних та фінансово-економічних інструментів, спрямованих на створення умови зі яких направляти на відходів захоронення буде найменш привабливим варіантом позбавлення від них.

2.3 Забезпечення екологічної безпеки спалювання побутових відходів

Найбільш складний і «високотехнологічний» варіант поводження з відходами – це сміттєспалювання. Важливими перевагами сучасних методів такої переробки є:

- ефективного знешкодження відходів,
- зниження обсягу відходів до 10 разів,
- використання енергетичного потенціалу органічних відходів [18].

Імплементация директиви ЄС (10/75/ЄС щодо промислових викидів) також необхідна для належного функціонування спалювання. Вони містять детальні вимоги до здійснення цих процесів. Якщо Україна не виконає ці вимоги, існує ризик, що спалювання здійснюватиметься на небезпечних для здоров'я установках. Директива про промислові викиди забезпечує високий рівень захисту навколишнього середовища та здоров'я людини та запобігає транскордонного руху відходів на підприємства, які експлуатуються за нижчими екологічними стандартами.

Вимоги щодо спалювання відходів наведено в таблиці 2.1.

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№обл.	Піп. і лата	ТС 19510026	Арк
						24
Вип	Арк	№ докум.	Піп.	Лат		

Таблиця 2.1 – Вимоги щодо спалювання відходів

Вимоги до відходів [37]	Вимоги щодо параметрів технологічного процесу [41]
<p>- Не допущення спалювання відходів, що були роздільно зібрані для повторного використання та рециклінгу</p> <p>- Теплотворна здатність відходів – 6 МДж/кг</p>	<p>1) Експлуатація установок зі спалювання відходів повинна відбуватися у такий спосіб, щоб досягнути рівня спалювання, за якого вміст загального органічного вуглецю в шлаку та зольних залишках складає менше 3 % або їх втрата при запалюванні є меншою за 5 % сухої маси матеріалу. Якщо необхідно, використовують техніки попереднього оброблення відходів.</p> <p>2) Установки зі спалювання відходів повинні бути спроектовані, оснащені, споруджені та експлуатовані у такий спосіб, щоб температура газу, що утворюється в результаті спалювання відходів, після останнього впорскування повітря горіння піднімалася у контрольований та однорідний спосіб та навіть за найбільш несприятливих умов до принаймні 850 °С на принаймні дві секунди.</p> <p>3) Якщо спалюють або супутньо спалюють небезпечні відходи, що містять більше 1 % галогенізованих органічних речовин у перерахунку на хлор, температура, необхідна для виконання вимог першого і другого підпараграфів, повинна складати принаймні 1100 °С.</p>

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Лат

ТС 19510026

Арк

25

Продовження таблиці 2.1 – Вимоги щодо спалювання відходів

Забезпечення енергоефективності для установок [37]

$$\text{Енергетична ефективність} = (E_p - (E_f + E_i)) / (0,97 \times (E_w + E_f))$$

Де: E_p - річний обсяг енергії, виробленої у вигляді теплової або електричної енергії. Обчислюється шляхом множення обсягу електричної енергії на 2,6 і множення обсягу теплової енергії, виробленої для комерційних цілей, на 1,1 (ГДж/рік)

E_f - річний обсяг енергії, що надходить в систему від спалювання палива, який бере участь у виробленні пари (ГДж/рік)

E_w - річний обсяг енергії, що міститься в оброблених відходах, який обчислюється на основі чистої теплотворної здатності відходів (ГДж/рік)

E_i - річний обсяг додаткової енергії, що надходить в систему, без урахування E_w та E_f (ГДж/рік)

0,97 - коефіцієнт, що враховує втрати енергії через утворення донного попелу та випромінювання

Енергетична ефективність – **0,6**

Для установок, які функціонують і експлуатацію яких дозволено відповідно до законодавства Співтовариства, застосовного до 1 січня 2009 року

Енергетична ефективність – **0,65**

Для установок, експлуатація яких дозволена після 31 грудня 2008 року.

Для економії палива та ефективної роботи печей рекомендується їх цілодобова робота [18].

В Україні діють Правила експлуатації об'єктів поводження з побутовими відходами, затверджені наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 05.04.2012 № 196 [20]. Ці правила поширюються в тому числі на спалювальні установки побутових відходів.

Встановлено, що перед передачею побутових відходів на об'єкти спалювання побутових відходів забезпечується роздільний збір окремих складових побутових відходів в джерелах їх утворення відповідно до Методики роздільного збору побутових відходів. Відходи не слід відправляти на смітник, доки вони не досягнуть температури принаймні 850°C. Крім того, під час роботи установки димовий газ повинен бути нагрітий до температури не менше 850 °C

Підп. і дата	
Інв.№олубл.	
Взаєм.інв.	
Підп. і дата	
Інв.№полл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Лат
-----	-----	----------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

26

після останньої подачі повітря та витримуватися при цій температурі не менше 2 секунд [20, 21].

Побутові відходи не подають в камеру спалювання:

- якщо не досягнута і не підтримується температура не менше 850°C;
- якщо результати безперервних вимірів показують, що перевищені величини гранично допустимих викидів;
- у разі порушень режиму спалювання [20, 21].

При спалюванні побутових відходів постійно здійснюють контроль об'ємної витрати повітря, яке подається в камеру згорання, температури спалювання, концентрації кисню, оксиду вуглецю у відхідних (димових) газах, температури і вмісту пари [21].

Досліджувати ґрунт в межах санітарно-захисної зони (на відстані 50, 100, 200 і 500 м) будуть не рідше 2-х разів на рік [21].

Вміст забруднюючих речовин в стічних водах, які утворилися на об'єктах спалювання побутових відходів, не повинен перевищувати ліміт скидання забруднюючих речовин, встановлений відповідно до [21]:

- дозволу на спеціальне водокористування у разі скидання у водні об'єкти;
- місцевих правил прийому стічних вод у разі скидання стічних вод від вказаних об'єктів в системи водовідведення населених пунктів.

Не допускається [21]:

- розбавлення стічних вод з метою досягнення показників гранично допустимих скидань;
- об'єднання промислових стічних вод до їх попереднього очищення з побутовими стічними водами.

Шлак і зола від спалювання побутових відходів захоронюються на полігонах побутових відходів відповідно до Правил експлуатації полігонів побутових відходів [21].

Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	

Вип	Арк	№ док. ум.	Підп.	Лат
-----	-----	------------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

27

Також передбачено, що особи при прийомі на роботу і працівники таких підприємств щорічно повинні проходити інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки і дій в надзвичайних ситуаціях.

Спалювання побутових відходів значно зменшує об'єм і вагу. Перетворює речовини (в тому числі шкідливі) в інертні тверді речовини. До недоліків можна віднести високі енерговитрати процесу, забруднення навколишнього середовища викидами шкідливих газів, накопичення продуктів згоряння у вигляді золи та шлаку.

З іншого боку, спалювання відходів дозволяє майже в 3 рази збільшити кількість твердих відходів, забезпечує додаткову енергію, усуває неприємні запахи та запобігає розвитку бактерій і вірусів. З іншого боку, при спалюванні твердих відходів у навколишнє середовище викидаються надзвичайно небезпечні речовини. Проте ще 20 років тому цей спосіб вважався найперспективнішим способом утилізації ТПВ [18].

Спалювання відходів призводить до забруднення на кожному етапі процесу – від вивезення відходів до управління викидами в атмосферне повітря та залишками.

Спалювання відходів на сміттєспалювальних заводах вивільняє різні типи викидів, зокрема свинець, ртуть, діоксини та фурани, тверді частинки, оксид вуглецю, оксиди азоту, кислі гази (наприклад, SO_x , HCl), метали (кадмій, свинець, ртуть, хром, миш'як і берилій), поліхлоровані бифеніли (PCBs) і бромовані поліароматичні вуглеводні (PAHS).

Прямий вплив таких токсинів загрожує здоров'ю працівників заводів і мешканців прилеглих населених пунктів, а непрямий вплив – через харчовий ланцюг – створює глобальні ризики [23].

Вимоги щодо викидів забруднюючих речовин згідно [41] наведені в таблиці 2.2.

Підп. і дата	
Інв. №/л.бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. №/полл.	

Вип.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Лат.
------	------	-----------	-------	------

ТС 19510026

Арк

28

Таблиця 2.2 – Вимоги щодо викидів забруднюючих речовин

Найменування забруднюючих речовин	Середньодобові значення, мг/м ³	Середні за півгодини значення, мг/м ³
Сумарний пил	10	30
Газоподібні та пароподібні органічні речовини, в перерахунку на загальний органічний вуглець	10	20
Хлороводень	10	60
Фтороводень	1	4
Діоксид сірки	50	200
NOx для існуючих установок зі спалювання відходів із номінальною потужністю понад 6 тонн на годину або для нових установок зі спалювання відходів	200	400
NOx для існуючих установок зі спалювання відходів із номінальною потужністю в 6 тонн на годину або менше	400	-
Монооксид вуглецю	50	100

Сучасне обладнання для контролю забруднення повітря видаляє деякі токсичні забруднюючі речовини з вихлопних газів, але вони концентруються в інших побічних продуктах, таких як зола та стічні води. Близько 26-40% відходів стає золою.

Залишки вимагають спеціального поводження та окремої утилізації, але найчастіше потрапляють на звалища, де попіл може бути рознесений вітром і повітрям. Частина золи змішується в бетон, закопується в соляні шахти, змішується в асфальт для будівництва доріг, а зола іноді використовується на сільськогосподарських угіддях під виглядом добрива для ґрунту.

Розроблені нові вимоги до викидів у атмосферу забруднюючих речовин з сміттєспалювальних заводів (ССЗ), котрі включають нові сполуки та роблять

Інв.№полл.	Пілл. і дата
Взаєм.інв.	Інв.№олубл.
Пілл. і дата	
Вип	Арк
№ докум.	Пілл
	Лат

ТС 19510026

Арк

29

більш жорсткими вимоги щодо викидів відомих речовин. У результаті витрати ССЗ на газоочищення складають біля 50 % загальних капітальних витрат [20].

Проте навіть сучасні газоочисні установки не можуть запобігти забрудненню навколишнього середовища діоксинами та фуранами. Тому має бути встановлено обладнання для очищення, щоб забезпечити безпечний рівень концентрації. Більшість країн Західної Європи також сповільнили або заборонили будівництво нових сміттєспалювальних заводів. У даний час індустрія спалювання сміття в основному розвинена в Східній Європі та Південній Азії[18].

Основною умовою запобігання утворенню ПХДД/Ф є добре регульований процес спалювання, що унеможлиблює утворення попередників діоксинів і фуранів. Він включає в собі контроль якості і підготовку відходів до спалювання (встановлення вхідних обмежень для складу і розмірів відходів, перевірка, відбір проб і випробування вхідних відходів). На основі ідентифікації вхідних ризиків оператори ТЕС коригують тип спалювання та очищення вихлопних газів, тим самим відповідно знижуючи ризик утворення діоксину. Добре підібрані методи та добре контрольоване спалювання сприяють знищенню сировини та самого ПХДД/Ф. У зоні охолодження (енерговикористання) установки основним завданням є підтримання належного температурного режиму (450-200 °С) для запобігання регенерації [30].

Можна виділити кілька напрямків підвищення екологічної безпеки процесу сміттєспалювання [26]:

- вдосконалення системи термічної утилізації, а саме – застосування високотемпературних процесів;
- вдосконалення системи утилізації теплоти;
- вдосконалення системи газоочищення.

Дійсно знижують вміст діоксинів у відхідних газах тільки вугільні фільтри, на яких діоксини незворотно зв'язуються, а також спеціальні каталітичні

Підп. і дата	
Інв.№олубл.	
Взаєм.інв.	
Підп. і дата	
Інв.№полл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Лат	ТС 19510026	Арк
						30

допалювачі. Саме через труднощі їх уловлювання на сучасних ССЗ очисні споруди коштують дорого [26].

Спалювання відходів породжує ще одну проблему управління відходами, оскільки воно призводить до утворення високотоксичних побічних продуктів, як-от зола виносу, нелеткий залишок і стічні води.

У таблиці 2.3 наведені основні відходи від процесу спалювання.

Таблиця 2.3 - Основні відходи від процесу спалювання

Назва відходу	Особливості
Нелеткий залишок	<p>1) Нелеткий залишок, також відомий як «шлак», утворюється в печі. Він становить 75–85% усієї золи, утвореної сміттєспалювальними заводами.</p> <p>2. Він становить приблизно 10% обсягу та 20–35% ваги твердих відходів.</p> <p>3. Змішаний нелеткий залишок може містити високий рівень діоксинів і важких металів, а коли нелеткий залишок змішується із золою виносу, здатність діоксинів і фуранів просочуватись збільшується.</p>
Зола виносу	<p>1) Зола виносу є твердою речовиною в димових газах, які містять небезпечні речовини, як -от ртуть, діоксини та фурани.</p> <p>2. Токсичність золи виносу більша, ніж нелеткого залишку, оскільки фільтри й скрубери вловлюють токсини у відходах і концентрують їх у золі виносу. Зола виносу також легко переноситься вітром і може більш імовірно просочуватись.</p>
Інші залишки	<p>1) Спалювання відходів також призводить до утворення інших залишків, зокрема котельної золи та стічних вод.</p> <p>2) Залежно від наявної системи контролю забруднення, деякі сміттєспалювальні заводи утворюють скрубєрні солі, фільтраційний осад і мул.</p> <p>3) Залишки можуть містити діоксини та високі рівні інших стійких органічних забруднюючих речовин.</p> <p>4) Токсини, що містяться в залишках, можуть просочуватись і переміщатись, зокрема контактуючи з дощовою водою.</p>

Забруднюючі речовини, які залишаються в золі, незалежно від того, потрапляють вони на сміттєзвалища, цементні печі, шахти чи сільськогосподарські угіддя, впливають на якість повітря та води та становлять

Підп. і дата	
Інв.№олубл.	
Взаєм.інв.	
Підп. і дата	
Інв.№полл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Лат	ТС 19510026	Арк
						31

ризик для здоров'я працівників і навколишніх громад. Тоді як зола має бути в належний спосіб оброблена й утилізована на полігонах небезпечних відходів, щоб мінімізувати вплив довкілля на здоров'я, чимало компаній намагаються використати токсичну золу у виробництві дорожніх і будівельних матеріалів або у виробництві продуктів харчування, повертаючи токсини в довкілля [26].

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Підп. і дага	ТС 19510026	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Піп.	Лат		32

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ СПАЛЮВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ УКРАЇНИ

Тверді побутові відходи досліджуються як одне з альтернативних видів палива для виробництва теплової та електричної енергії, і докладаються зусилля для максимізації ефективності використання тепла, що виробляється в результаті спалювання твердих побутових відходів.

Істотними причинами для позитивного розвитку методу спалювання побутових відходів є:

1. Можливість утилізації змішаних побутових відходів, не придатних для застосування методів, що відносяться до більш високого рівня за ієрархією пріоритетів.

2. Відносно короткий термін термічного оброблення, що дозволяє забезпечувати високі питомі потужності та високу продуктивність обладнання.

3. Значне зменшення обсягу остаточних продуктів у порівнянні з вихідними побутовими відходами (близько 10 – 20 % початкового обсягу).

4. Стерильність та інертність залишкових речовин, які можуть складуватися або застосовуватися в будівництві доріг, у виробництві будівельних матеріалів.

5. Можливість використання енергетичного потенціалу відходів для генерації теплової та електричної енергії, заміщуючи первинні природні ресурси.

6. Наявність відпрацьованих технічних рішень, що дозволяють забезпечувати вимоги екологічної безпеки таких об'єктів.

7. Можливість вилучення металів зі шлаку, який утворюється після спалювання побутових відходів. Вилучені метали можуть повертатися на перероблення в якості вторинної сировини.

Підп. і дата	
Інв.№олубл.	
Взаєм.інв.	
Підп. і дата	
Інв.№полл.	

Вип	Арк	№ докum.	Підп	Лат	ТС 19510026	Арк
						33

На сьогодні захоронення побутових відходів на полігонах вважається застарілим і особливо небезпечним для навколишнього середовища. До того ж, кількість ТПВ на полігонах з часом лише збільшується, що є неприпустимим. Тому спалювання ТПВ є пріоритетним напрямком у галузі ліквідації відходів, внаслідок якого ще й виробляється корисна енергія, яка окупиться у найближчому майбутньому. Цей фактор на сьогоднішній день можна вважати визначальним.

Україна сьогодні також має враховувати ризик соціальної напруги, пов'язаної з відсутністю повної та достовірної інформації для суспільства про сміттєспалювальні заводи та їхній вплив на довкілля.

Враховуючи наведену вище інформацію, а також те, що Україна постраждала від війни, внаслідок якої багато людей втратили робочі місця, можна сказати, що побудова сучасного сміттєспалювального заводу за аналогією тих, що працюють в Європі та світі по закінченню війни була б доцільним та вигідним проектом.

Варто зазначити, що нові робочі місця є далеко не єдиною перевагою побудови сміттєспалювального заводу на території України. Завдяки спалюванню завод зможе постачати електрику та опалення, що допоможе частково вирішити наявні проблеми з комунальними послугами.

Щоб спалювати відходи на належному рівні, щоб це було екологічно та безпечно для здоров'я, Україна має імплементувати Директиву 2008/98/ЄС про відходи та Директиву 10/75/ЄС про промислові викиди. Ці Директиви містять детальні вимоги до спалювання відходів. Реалізація цих настанов регулюється Угодою Союзу з ЄС. Поки що в Україні ці вимоги не запроваджені.

Для розширення застосування сміттєспалювальних заводів в Україні необхідно:

1) на рівні держави визначити потребу в таких об'єктах з урахуванням потенціалу зменшення обсягів утворення відходів, їх повторного використання та рециклінгу. Під потребою ми розуміємо необхідну кількість таких об'єктів та

Інв. № полл.	Підп. і дата
	Інв. № обл.
	Взаєм. інв.
	Підп. і дата
	Вип. Арк. № док. ум.

Вип.	Арк.	№ док. ум.	Підп.	Лат.	ТС 19510026	Арк
						34

їх продуктивність. При визначенні потреби у сміттєспалювальних заводах також слід передбачити варіант утилізації попередньо підготовлених побутових відходів, або твердого палива (RDF) у виробництвах цементу;

2) рішення спалювання відходів обов'язково повинні розглядатися в ключі створення загальної системи поводження з побутовими відходами на рівні відповідних регіонів або території їх обслуговування; Це повинно забезпечувати недопущення конкуренції сміттєспалювальних заводів з технологічними рішеннями з рециклінгу відходів та гарантувати стале забезпечення таких об'єктів сировиною, в якості якої розглядаються залишкові відходи, що надходять на спалювання;

3) слід розробити, запровадити та постійно підтримувати інформаційно-просвітницьку діяльність, орієнтовану на інформування населення про рішення зі спалювання відходів, їх місце в ієрархії методів управління відходами та впливи на довкілля. Такий компонент потрібен для мінімізації ризиків виникнення соціальних напружень в місцях будівництва сміттєспалювальних заводів;

4) при визначенні місць розміщення об'єктів за спалювання побутових відходів необхідно враховувати можливість їх інтеграції в систему теплопостачання міст та дотримання безпечних відстаней до територій впливу, визначених розмірами санітарно-захисної зони та оцінкою безпосередніх впливів об'єкту;

5) при створенні об'єктів зі спалювання побутових відходів слід спитатися на перевірені технічні рішення, що забезпечують дотримання вимог Рамкової Директиви 2008/98/ЄС про відходи, Директиви 10/75/ЄС про промислові викиди та вимог національного законодавства;

6) при визначенні часу будівництва сміттєспалювальних заводів слід спиратися на терміни планового розвитку системи управління відходами на території обслуговування, яка повинна забезпечити необхідні технологічні,

Підп. і дата	
Інв. №/л.бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. №/полл.	

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Лат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

35

організаційні, інституційні, фінансово-економічні і інші умови для створення таких об'єктів;

7) введення в експлуатацію об'єктів зі спалювання відходів потребує навчання технічного персоналу, який буде обслуговувати технологічний процес. Це є запорукою гарантування досягнення планованих результатів запровадження термічної утилізації відходів та забезпечення екологічної безпеки таких об'єктів. Навчання персоналу повинно включати також і специфічні вимоги щодо охорони праці на об'єкті.

8) під час експлуатації сміттєспалювальних заводів ключовим є питання безпеки. На сміттєспалювальному заводі постійно необхідно буде проводити заміри викидів. Також після спалювання сміття залишаються продукти горіння та зола, яка є небезпечною. У ній збираються небезпечні фракції, які виділяються під час спалювання. Таку золу необхідно відсилати на спеціальну утилізацію або видалення.

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Піп	Лат

ТС 19510026

Арк
36

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Техніка безпеки під час експлуатації обладнання зі спалювання побутових відходів

Організація охорони праці на обладнанні зі спалювання побутових відходів здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону праці», а також встановлюється вимога щодо здійснення заходів, спрямованих на охорону життя, здоров'я та працездатності людей під час технологічних робіт.

Одним з найважливіших питань роботи даного обладнання є безпека людей і навколишнього середовища. Суворий внутрішній контроль і системи моніторингу викидів повинні працювати разом з ефективними державними системами моніторингу та контролю для безпечної експлуатації сміттєспалювальних заводів для людей і навколишнього середовища.

Основним недоліком та причиною травматизму на підприємстві де встановлено обладнання є недостатня механізація процесів виробництва а саме перевага ручної праці.

Для роботи з обладнанням допускаються чоловіків і жінок віком від 18 років, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, а також пройшли інструктаж, освоїли навчання з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки у разі виникнення аварії.

Персонал який обслуговує обладнання повинен проходити відповідні інструктажі, підвищення кваліфікації, перевірку знань з питань охорони праці відповідно до Типового положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного

Підп. і дата	
Інв. №/л.бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. №/полл.	

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Лат
-----	-----	-----------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

37

комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 N 15, зареєстрованого у Міністерстві юстиції України 15.02.2005 за N231/10511 [30].

Будь-який нещасний випадок, порушення вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призвели до аварії чи нещасного випадку, повинні бути розслідувані, встановлені причина, винуватець та вжиті заходи щодо запобігання повторенню подібних випадків.

Працівникам які обслуговують обладнання з спалювання твердих побутових відходів, керівництво повинно видавати спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту відповідно до Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, затвердженого наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 24.03.2008 N 53 [30].

Важливим фактором є стан огорожувальної техніки, вузлів, що рухаються, агрегатів устаткування, частин устаткування, що перебувають під струмом та гарячими поверхнями, якщо огорожувальна техніка не справна це може стати причиною травматизму робітників на підприємстві. Безлад на виробництві сприяє збільшенню травматизму, головними причинами якого є недостатнє та нерозумне освітлення, незадовільні санітарні умови та низька культура праці.

Основне й допоміжне устаткування розміщується в призначеному приміщенні. Проектом передбачені нормативні проходи для обслуговування устаткування. Для обслуговування трубопроводів і арматури передбачені площадки на відмітці 2,0 м . Відстань між елементами устаткування, а також між устаткуванням і стінами приміщень приймається більше 1 м. Ширина основного проходу дорівнює 2 м [31].

Висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій у місцях регулярного проходу персоналу, обслуговування трубопроводів і арматур котлів становить 2 м. Для забезпечення нормальних умов експлуатації устаткування проектом

Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	

Вип	Арк	№ док. ум.	Підп.	Лат
-----	-----	------------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

38

передбачається установка контрольно-вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв і запірної арматури.

Всі струмоприймачі заземлені відповідно вимогам розділу ПУЕ-2017 [32].

Системи контролю, автоматизації й дистанційного керування роботою основного технологічного устаткування дозволяють:

- одержати своєчасну інформацію про порушення технологічного процесу;
- аварійно відключати устаткування;
- захищати обслуговуючий персонал.

Рухливі частини устаткування закриті захисними кожухами.

Електрообладнання котельні живиться від двох незалежних джерел живлення. Приміщення є особливо небезпечними, оскільки наступні фактори підвищують ризик залежно від ризику ураження електричним струмом для працівника:

- Наявність електропровідних підлог.
- Металевий корпус електрообладнання та контакту з людиною.

Тяжкість враження електричним струмом залежить від цілого ряду факторів:

- значення сили струму,
- електричного опору тіла людини й тривалості протікання через нього струму, роду й частоти струму,
- індивідуальних властивостей людини й умов навколишнього середовища.

Основним фактором, що обумовлює той або інший ступінь ураження людини є сила струму. Найбільша небезпека виникає при безпосередньому проходженні струму через життєво важливі органи людини.

Найпоширенішими технічними засобами захисту є захисне заземлення і занулення. Організаційні й технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки полягають, в основному, у відповідному навчанні, інструктажі й допуску до роботи осіб, що пройшли медичний огляд і виконанням ряду технічних заходів

Підп. і дата	
Інв. № док. бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № док. бл.	

Вип	Арк	№ док. бл.	Підп.	Лат	ТС 19510026	Арк
						39

при проведенні робіт з електроустановками, дотриманні додаткових вимог при роботах із частинами, що перебувають під напругою.

Найпоширенішими технічними засобами захисту є захисне заземлення і занулення. Організаційно-технічні заходи забезпечення електробезпеки в основному полягають у допуску до роботи осіб, які пройшли відповідне навчання, інструктаж і медичний огляд, на право роботи з електрообладнанням, а також у виконанні ряду технічних заходів. Дотримання додаткових вимог при роботі з струмоведучими частинами.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях на об'єктах зі спалювання побутових відходів

Пожежа – це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу навколишньому середовищу, життю та здоров'ю людей, а також призводить до матеріальних збитків.

Пожежна небезпека – це можливість виникнення та/або розвитку пожежі в будь-якій речовині, процесі чи стані. Слід зазначити, що безпечної пожежі не буває. Навіть якщо вони не становлять безпосередньої загрози житлу чи здоров'ю людей (наприклад, лісові пожежі), вони завдають шкоди навколишньому середовищу та завдають значної матеріальної шкоди. Перебуваючи в зоні пожежі, людина може піддаватися впливу наступних небезпечних і шкідливих факторів:

1. токсичні продукти згорання;
2. вогонь;
3. підвищена температура середовища;
4. дим;
5. недостатність кисню;
6. руйнування будівельних конструкцій;

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Піп. і лата	ТС 19510026	Арк
						40
Вип	Арк	№ докум.	Піп.	Лат		

7. вибухи, витікання небезпечних речовин, що відбуваються внаслідок пожежі;

8. паніка [33].

Руйнування будівельних конструкцій відбувається внаслідок втрати ними несучої здатності під впливом високих температур та вибухів. При цьому люди можуть одержати значні механічні травми, опинитися під уламками завалених конструкцій. До того ж, евакуація може бути просто неможливою, внаслідок завалів евакуаційних виходів та руйнування шляхів евакуації [33].

Паніка в першу чергу спричинена раптовою зміною психічного стану людини і зазвичай набуває депресивного характеру в екстремальних ситуаціях (пожежа). Більшість людей вперше переживають важку та незвичайну ситуацію, пов'язану з пожежею, і їм не вистачає адекватного емоційного благополуччя та готовності до пожежі. Людина може впасти в паніку, коли дія пожежного фактора виходить за межі психофізіологічних можливостей людини. При цьому вона втрачає розсудливість, її дії стають неконтрольованими і перестають відповідати ситуації, що склалася. [33].

Відповідно до вимог будівельних норм і правил, від характеру використовуваних у виробництві речовин і їхньої кількості об'єкти зі спалювання побутових відходів відносяться до виробництва категорії Г, вогнестійкість будівель характеризується II ступенем вогнестійкості [33].

Найбільш частими причинами пожеж можуть бути:

- порушення правил пожежної безпеки;
- порушення правил зберігання горючих речовин, особливо поблизу нагрівальних приладів;
- порушення правил експлуатації електроустаткування;
- паління в не відведених для цих цілей місцях.

У разі виникнення пожежі з такими ознаками – задимлення, запах горіння або тління різних матеріалів, підвищення температури в приміщенні тощо [33]:

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № докл.	

Вип.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Лат.
------	------	-----------	-------	------

ТС 19510026

Арк

41

- негайно повідомити про це службу порятунку за телефоном: 101 (при цьому слід чітко назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, а також свою посаду та прізвище) ;

- організувати оповіщення працівників та відвідувачів про пожежу;
- організувати евакуацію людей з будівлі до безпечного місця;
- повідомити керівництво про виникнення пожежі;
- вжити заходів для збереження матеріальних цінностей та гасіння (локалізації) пожежі наявними засобами пожежогасіння;
- організувати зустріч пожежних підрозділів;
- у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газову та ін.);

- виходячи з приміщення, де виникла пожежа, потрібно щільно зачинити двері, щоб зменшити надходження кисню до приміщення [34].

У разі прибуття на місце пожежі:

- перевірити, чи викликана пожежна охорона (продублювати повідомлення), довести подію до відома керівництва;
- організувати евакуацію працівників;
- забезпечити виведення з небезпечної зони людей, які не беруть безпосередньої участі в ліквідації пожежі;
- виконати заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимленості будівлі;
- перевірити спрацювання установок пожежогасіння та протидимового захисту;
- організувати зустріч підрозділів пожежної охорони, подати їм допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі та в підключенні до джерел пожежного водопостачання [34].

Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	

Вип	Арк	№ док. ум.	Підп.	Лат
-----	-----	------------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

42

ВИСНОВКИ

В Україні, як і в інших країнах світу, спостерігається постійне зростання накопичення відходів, частину яких складають тверді побутові відходи. До складу ТПВ входять наступні компоненти: папір, картон, харчові відходи, дерево, метал чорний, метал кольоровий, текстиль, кістки, скло, шкіра, гума, взуття, каміння, фаянс, пластмаса (у тому числі, ПЕТ пляшка), малі предмети (< 50 мм), великогабаритні відходи, будівельні відходи, небезпечні відходи.

На даний момент проблема твердих побутових відходів є актуальною й досить гострою для України. Утворення відходів зростає, тоді як значна частка цих відходів видалається на полігонах та сміттєзвалищах, які розміщені, спроектовані та експлуатуються неналежним чином, наслідком чого є негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини.

На сьогоднішній день в нашій державі немає ні однієї стаціонарної установки високотемпературного спалювання, яка б відповідала сучасним вимогам екологічної безпеки. Тому першочерговим завданням є створення і забезпечення загальнодержавної системи поводження з відходами. Видалення або утилізація відходів має відбуватися на основі критеріїв, викладених у Рамковій Директиві ЄС про відходи, і з дотриманням вимог чинного природоохоронного та санітарного законодавства України.

Спалювання твердих побутових відходів повинно замінити обробку компонентів побутових відходів, які не можуть або не мають бути економічно використані іншими методами обробки.

У роботі проаналізовано сучасні методи переробки побутових відходів, особливо термічної обробки, проаналізовано теоретичні аспекти спалювання відходів та досвід переробки відходів теплоенергетики в Україні та країнах Європи.

Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № пол. бл.	

Вип	Арк	№ док. ум.	Підп.	Лат
-----	-----	------------	-------	-----

ТС 19510026

Арк

43

За результатами аналізу впливу термічної утилізації побутових відходів на навколишнє середовище визначені основні екологічні ризики таких об'єктів. Щодо забезпечення екологічної безпеки спалювання побутових відходів можна зазначити, що з одного боку сучасні технічні рішення здатні забезпечити високий рівень екологічної безпеки таких об'єктів, з іншого боку це потребує дотримання високого рівню контролю за технологічним процесом, роботою систем газоочищення та параметрів викидів.

За результатами роботи розроблені рекомендації щодо застосування технології спалювання побутових відходів в Україні.

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№лвбл.	Підп. і дага	ТС 19510026	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Піп.	Лат		44

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Економічна правда. Екологічно вигідні рішення: що громадам робити з відходами?. *Економічна правда.*
 URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/05/1/699650/> (дата звернення: 19.06.2023).

2. Методи переробки твердих побутових відходів. *Про журнал.*
 URL: http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/101_2018/34.pdf (дата звернення: 19.06.2023).

3. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року. *Офіційний вебпортал парламенту України.*
 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text> (дата звернення: 19.06.2023).

4. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року. *Офіційний вебпортал парламенту України.*
 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text> (дата звернення: 19.06.2023).

5. ShieldSquare captcha. *Урядовий портал.*
 URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/250431673> (дата звернення: 19.06.2023).

6. Практичні аспекти управління відходами в Україні. Посібник. Барінов М.О., Олексійовець І.Л., Родная Д.В. та інші. К.: «Поліграф плюс», 2021. (дата звернення: 19.06.2023).

7. Лазненко. Визначення параметрів утворення побутових відходів. *despro.org.ua.* URL: <http://despro.org.ua/news/detail.php?ID=2166> (дата звернення: 19.06.2023).

8. Конспект лекцій з дисципліни «Сучасні маловідходні технології» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 144

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № докл.	

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Лат	ТС 19510026	Арк 45
-----	-----	-----------	-------	-----	-------------	-----------

«Теплоенергетика» очної та заочної форм навчання / Укл. Горбунов О. Д. – м.Кам'янське: ДДТУ, 2016. – 124 с (дата звернення: 19.06.2023).

9. Бригінець К. Д. Утилізація промислових відходів. Основи утилізації відходів: конспект лекцій (для студентів 3 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання напряму підготовки 6.040106 „Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”) / К. Д. Бригінець, К. О. Абашина; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012 – 58 с. (дата звернення: 19.06.2023).

10. Що таке RDF — паливо з відходів? URL: https://zerowaste.org.ua/wp-content/uploads/2023/02/shho-take-rdf-palyvo-z-vidhodiv_.pdf (дата звернення: 19.06.2023).

11. Interfax-Ukraine. Як Євросоюз бореться зі сміттям. *Інтерфакс-Україна*. URL: <https://interfax.com.ua/news/blog/778998.html> (дата звернення: 19.06.2023).

12. Кращі європейські практики управління відходами (посібник) / А. Войціховська, О. Кравченко, О. Мелень-Забрамна, М. Панькевич, [за заг. ред. О. Кравченко]–Видавництво «Компанія “Манускрипт”»–Львів, 2019.–64 с (дата звернення: 19.06.2023).

13. Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management. A guide for decisionmakers in developing and emerging countries. GIZ. 2017. https://www.giz.de/en/downloads/GIZ_WasteToEnergy_Guidelines_2017.pdf (дата звернення: 19.06.2023).

14. П'ять сходинок управління відходами. Четверта сходинка: утилізація відходів із відновленням енергії – Екологія Право Людина. *Екологія Право Людина*. URL: <http://epl.org.ua/environment/9387/> (дата звернення: 19.06.2023).

15. Офіційний портал верховної ради україни. *403 Forbidden*. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=62379 (дата звернення: 19.06.2023).

16. Ієрархія поводження з відходами. що це таке і як впровадити в україні?. *Екологія Право Людина*. URL: <http://epl.org.ua/wp->

Підп. і дата	
Інв.№олубл.	
Взаєм.інв.	
Підп. і дата	
Інв.№полл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Лат	ТС 19510026	Арк 46
-----	-----	----------	------	-----	-------------	-----------

content/uploads/2019/09/Iyerarhiya-povodzhennya-z-vidhodamy.-SHHo-tse-take-i-yak-vprovadyty-v-Ukrayini.pdf (дата звернення: 19.06.2023).

17. Навіщо на сміттєспалювальному заводі "Енергія" реактор (ФОТОРЕПОРТАЖ) - Новини Києва | Big Kyiv. Великий Київ. URL: <https://bigkyiv.com.ua/navishho-na-smittyespalyuvalnomu-zavodi-energiya-reaktor-fotoreportazh/> (дата звернення: 19.06.2023).

18. Сталінська І. В. Поводження з побутовими відходами: конспект лекцій для студентів 1 та 2 курсу всіх форм навчання спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища / І. В. Сталінська, О. В. Хандогіна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 84 с. (дата звернення: 19.06.2023).

19. 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. (дата звернення: 19.06.2023).

20. Правила експлуатації об'єктів поводження з побутовими відходами, затверджені наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 04.05.2012 № 196 (дата звернення: 19.06.2023).

21. Встановлено порядок експлуатації об'єктів поводження з побутовими відходами. *Сучасний журнал про безпеку – Надзвичайна ситуація* +. URL: <https://ns-plus.com.ua/2018/03/03/vstanovleno-poryadok-ekspluatatsiyi-ob-yektiv-povodzhennya-z-pobutovumu-vidhodamy/> (дата звернення: 19.06.2023).

22. Правила експлуатації полігонів твердих побутових відходів, затверджені Наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України 01.12.2010 № 435. (дата звернення: 19.06.2023)

23. Спалювання відходів із їх перетворенням у енергію: забруднення та вплив на здоров'я. *Zero Waste Alliance Ukraine - Official*. URL: <https://zerowaste.org.ua/wp-content/uploads/2023/02/spalyuvannya-vidhodiv-z-yih-peretvorennya-v-energiyu.pdf> (дата звернення: 19.06.2023).

Підп. і дата	
Інв. №/л.бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. №/полл.	

						ТС 19510026	Арк
Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Лат			47

24. Петрук М. П. Перспективи знешкодження твердих побутових відходів в Україні / М. П. Петрук, О. І. Козій, О. М. Вахула О. М., І. В. Мисак // Зб. наук. пр. XV Міжнар. конф. “Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука і практика”. – К., 2016. – С. 198–202 (дата звернення: 19.06.2023).

25. Іщенко В. А. Способи поводження з твердими побутовими відходами у містах України / В. А. Іщенко // Екологічна безпека та природокористування. – 2015. – № 2 (18). – С. 21–30. (дата звернення: 19.06.2023).

26. Діоксинова проблема сміттєспалювання. *Academic Journals and Conferences* /. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2018/aug/14417/1709523p7-p13.pdf> (дата звернення: 19.06.2023).

27. Звіт про науково-дослідну роботу проведення досліджень та підготовка пропозицій щодо нормативно-правового врегулювання експлуатації сміттєспалювальних заводів. <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/Zvit-zaklyuchniy-218-smittyespalyuvalni-zavodi.pdf> (дата звернення: 19.06.2023).

28. Тема: зелений тариф на спалювання відходів в Україні – Екологія Право Людина. *Екологія Право Людина*. URL: <http://epi.org.ua/environment/tema-zelenyj-taryf-na-spalyuvannya-vidhodiv-v-ukrayini/> (дата звернення: 19.06.2023).

29. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) та Переліку робіт з підвищеною небезпекою. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 19.06.2023).

30. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та Переліку робіт з підвищеною небезпекою. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 19.06.2023).

31. Правила улаштування електроустановок безпеки. URL: <https://art-energetyka.com.ua.pdf> (дата звернення: 19.06.2023).

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
Інв. № докл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп	Лат	ТС 19510026	Арк
						48

32. Borispol-rada.gov.ua – Основні поняття та значення пожежної безпеки. *Borispol-rada.gov.ua – Головна.* URL: <https://borispol-rada.gov.ua/item/22619-osnovni-ponyattya-ta-znachennya-pozhezhnoji-bezpeki.html> (дата звернення: 19.06.2023).

33. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні. *БУДСТАНДАРТ Online - нормативні документи будівельної галузі України.* URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60541 (дата звернення: 19.06.2023).

34. Інструкція з питань техногенної безпеки, пожежної безпеки та цивільного захисту в разі виникнення надзвичайних ситуацій URL: https://kneu.edu.ua/userfiles/bezpeka_ta_ohorona_prazi/D086nstrukcD196ya_28pozaplanovij_D196nstruktazh29_.pdf. (дата звернення: 19.06.2023).

35. Закон України «про управління відходами». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 19.06.2023).

36. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration. European IPPC Bureau. 2019. (дата звернення: 19.06.2023).

37. Директива Європейського Парламенту і Ради 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року про відходи та про скасування деяких директив. (дата звернення: 19.06.2023).

38. Котельні установки : навчальний посібник / С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов, Л. А. Боднар. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 185 с (дата звернення: 19.06.2023).

39. CEWEP - The Confederation of European Waste-to-Energy Plants. *CEWEP - The Confederation of European Waste-to-Energy Plants.* URL: <https://www.cewep.eu/waste-to-energy-plants-in-europe-in-2019/> (дата звернення: 19.06.2023).

Підп. і дата	
№ в. № в бл.	
Взаєм. інв.	
Підп. і дата	
№ в. № в бл.	

Вип	Арк	№ док.ум.	Підп.	Лат	ТС 19510026	Арк
						49

40. Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management:
 URL: https://www.giz.de/en/downloads/GIZ_WasteToEnergy_Guidelines_2017.pdf
 (дата звернення: 19.06.2023).

41. Директива Європейського Парламенту і Ради 2010/75/ЄС від 24 листопада 2010 року про промислові викиди (інтегрований підхід до запобігання забрудненню та його контролю). *Офіційний вебпортал парламенту України*.
 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_004-10#Text (дата звернення: 19.06.2023).

42. CEWEP - the confederation of european waste-to-energy plants. *CEWEP - The Confederation of European Waste-to-Energy Plants*.
 URL: <https://www.cewep.eu/municipal-waste-treatment-2020/> (date of access: 19.06.2023).

Інв.№полл.	Піп. і лата	Взаєм.інв.	Інв.№олубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Піп.	Лат	ТС 19510026	Арк
						50