

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

Кафедра теплогазопостачання та вентиляції

**«Використання твердих побутових
відходів як палива в системі
теплопостачання комунальної
енергетики»**

Виконав студент групи ТВмН-24

192 Будівництво та цивільна інженерія

(спеціальність)

Теплогазопостачання і вентиляція

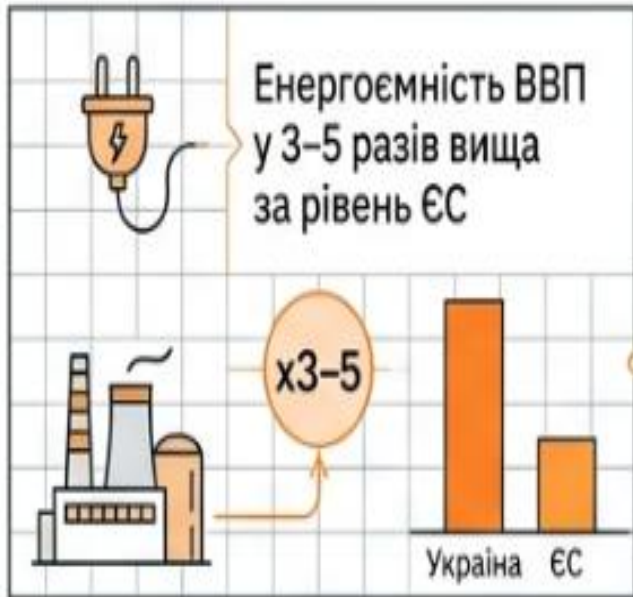
(спеціалізація)

Срібний Роман Юрійович

Керівник Сенчук Михайло Петрович

к.т.н., доцент

Енергетичний вимір

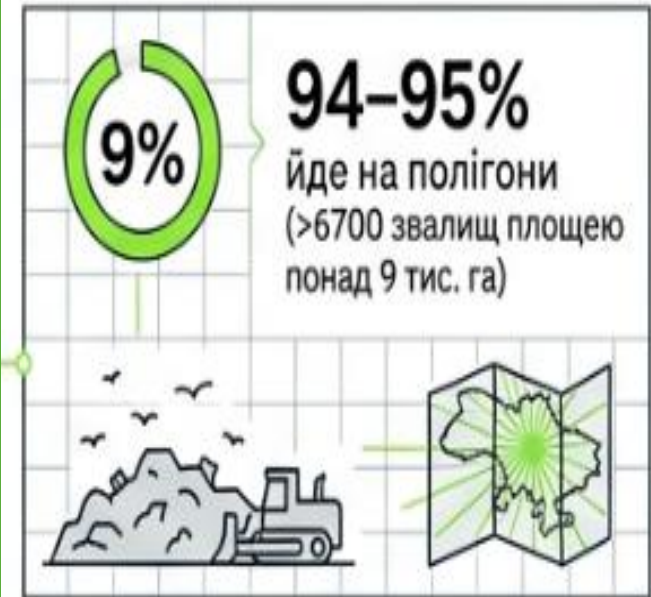


Вступ

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку комунальної теплоенергетики України характеризується двома ключовими проблемами, які потребують комплексного вирішення:

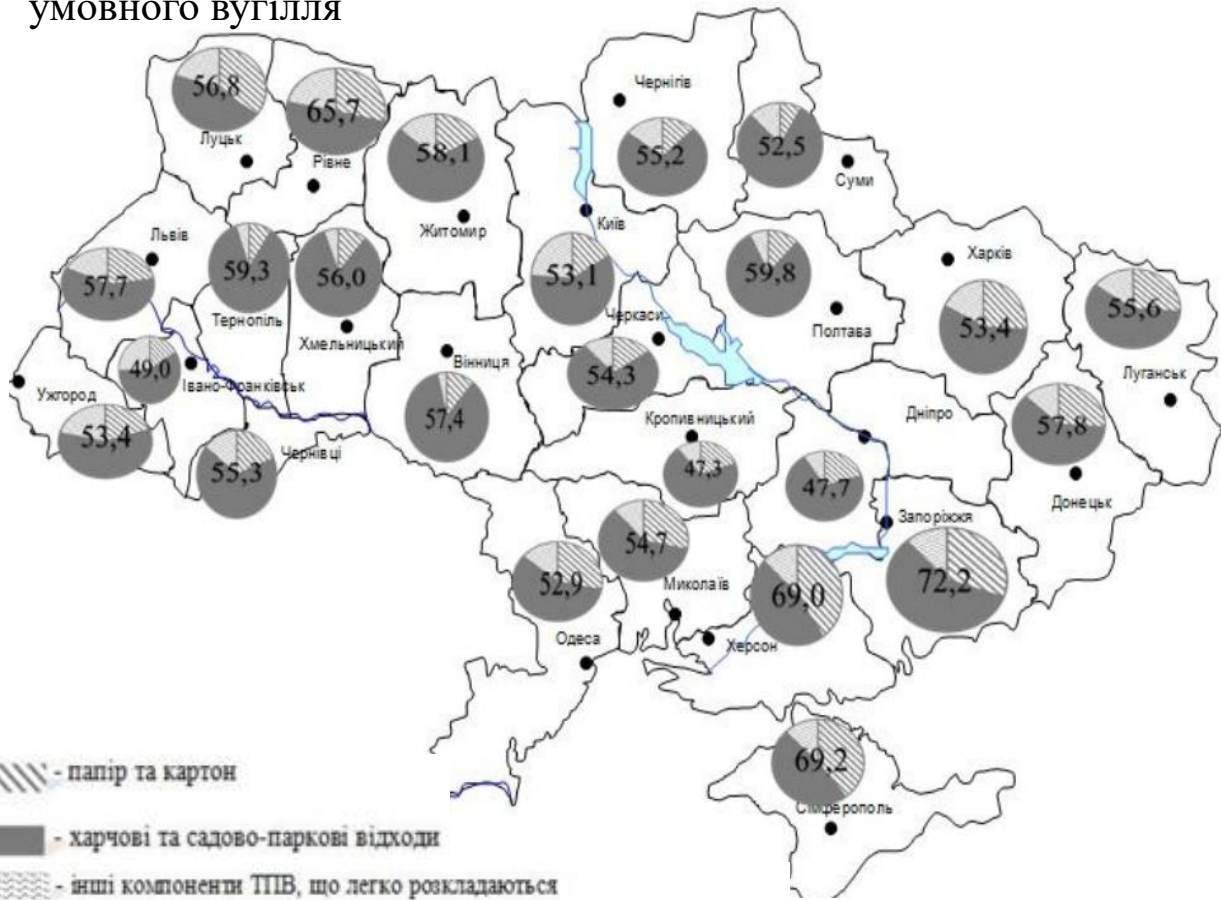
- високою залежністю від імпортованих енергоносіїв;
- погіршенням екологічного стану у сфері поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ).
- **Мета дослідження** полягає у комплексному техніко-технологічному та еколого-економічному обґрунтуванні використання твердих побутових відходів (твердого відновленого палива RDF/SRF) як альтернативного джерела енергії в системах комунальної та промислової теплоенергетики.
- Для досягнення поставленої мети визначено об'єкт та предмет дослідження:
- **Об'єктом дослідження** є процес використання твердих побутових відходів як енергетичного ресурсу на теплоенергетичних підприємствах з урахуванням теплофізичних, аеродинамічних та регіональних чинників.
- **Предметом дослідження** є техніко-технологічні та екологічні засади спалювання відновленого палива з ТПВ (зокрема, за технологією сумісного спалювання — Co-firing) у вітчизняних теплогенеруючих установках

Екологічний вимір

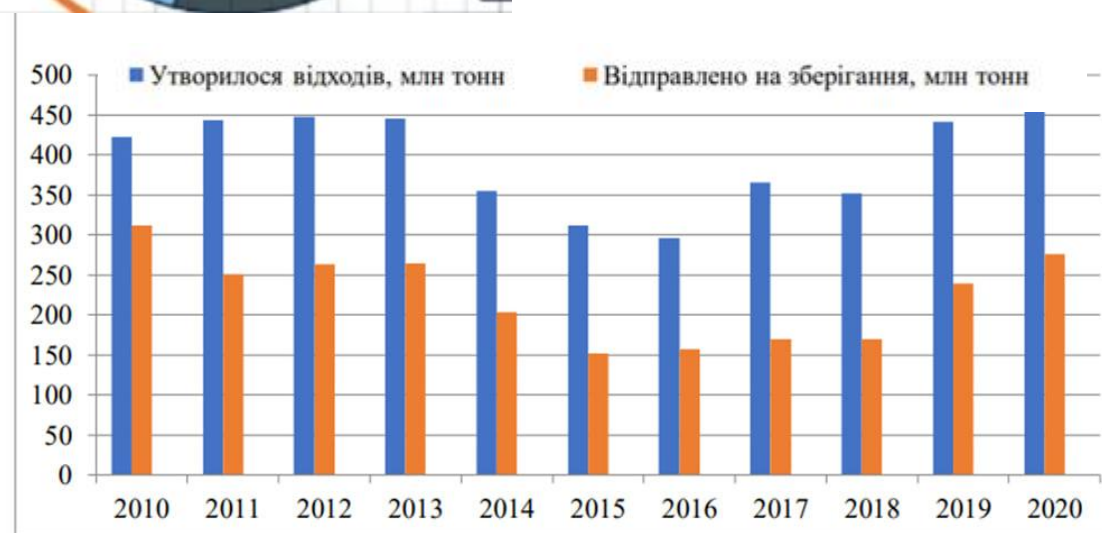
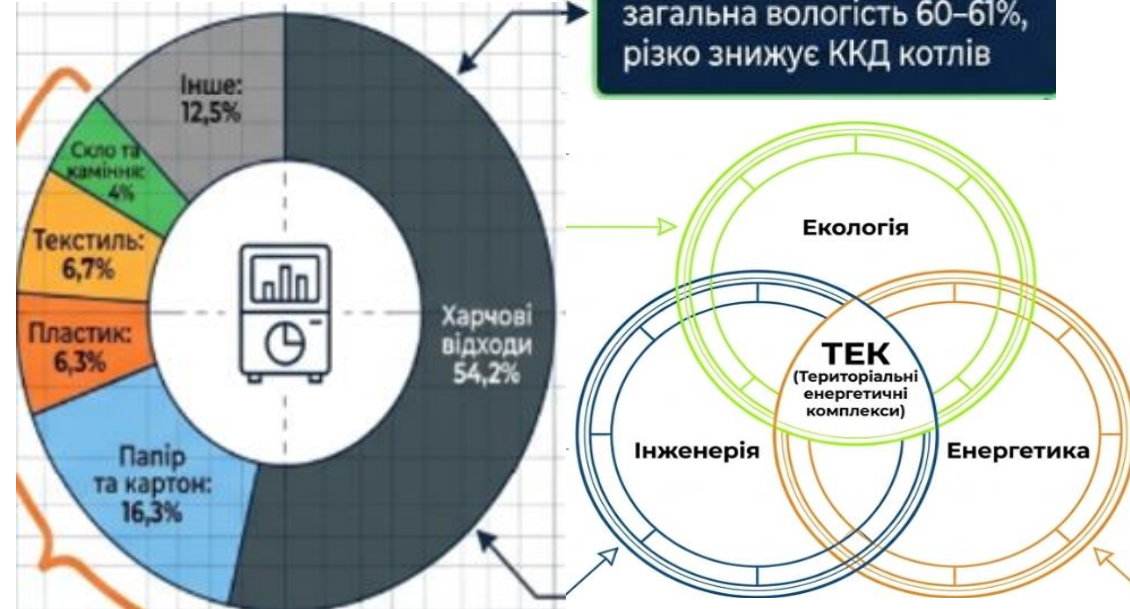


РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Для комунальної енергетики України використання сміття має величезне значення. Враховуючи щорічні обсяги відходів ми маємо технічне можливість відбирати близько 4,5 млн. тонн горючої фракції. Якщо її середня теплота згоряння становитиме 8,36 МДж/кг (близько 2000 ккал/кг), цей обсяг замінить 1,28 млн тонн умовного вугілля



Морфологічний склад ТПВ



Вміст відходів у складі ТПВ по регіонах України

Динаміка поводження з відходами в Україні (за даними Державної служби статистики станом на 28.08.2021)

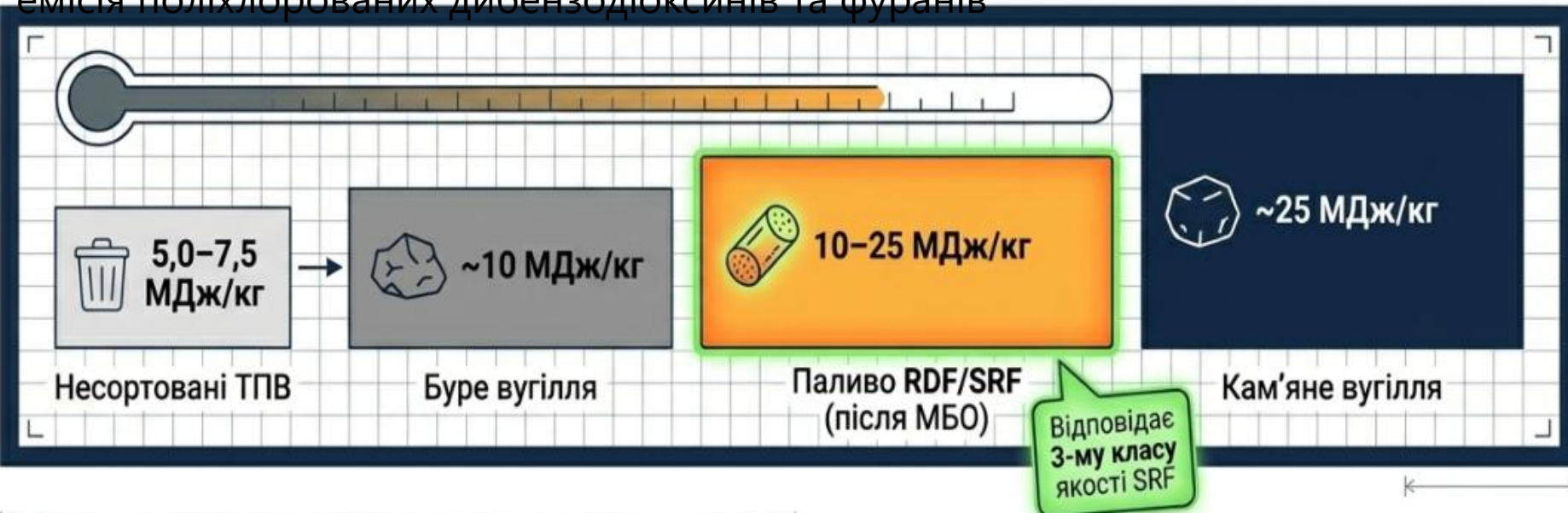
Теплотехнічні характеристики

Визначено, що нижча теплота згоряння несортованої маси українських ТПВ становить близько 6,8 МДж/кг. А ідсортованого палива. Відсортованого ТПВ 10-25 МДЖ. Це вказує на доцільність її залучення до паливно-енергетичного балансу як замісника викопного палива з потенціалом загальноекономічної економії на рівні 1,5–2 млрд м³ природного газу на рік.

Доведено, що пряме масове спалювання непідготовленої сирової маси ТПВ супроводжується значним екологічним ризиком. Через низькотемпературні режими та хімічний недопал в існуючих котлоагрегатах відбувається інтенсивна емісія поліхлорованих дібензодіоксинів та фуранів

Сезонна характеристика теплоти та вологи ТПВ

Вологість наважки ТПВ, %	Кількість теплоти, що виділилась при спалюванні наважки ТПВ, ккал/кг
W	Q_{Σ}
у весняний сезон	
33,6	1620...1688
58,3	1017...1060
у літній сезон	
28,6	1695...1720
57,4	1026...1041
в осінній сезон	
27,4	1745...1774
67,3	786...799



Для зниження екологічного навантаження та підвищення рівня енергетичної безпеки України доцільно зменшувати обсяги безпосереднього захоронення ТПВ, натомість використовувати ТПВ як паливо, після МБО за досвідом країн ЄС

Нормативно-правове регулювання та екологічні вимоги у сфері поводження з

відходами

- **Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року** (схвалена КМУ № 820-р). Вона є планом переходу від полігонного захоронення до циркулярної економіки. Згідно з нею, до 2030 року рівень захоронення відходів має зменшитися з 95 % до 30 %, частка матеріального перероблення (рециклінгу) має зрости до 50 %, а частка термічної утилізації (спалювання з генерацією енергії) повинна досягти 10 %
- **Директива 2008/98/ЄС про відходи:** Встановлює рамкові правила та вимагає розглядати відсортоване сміття як вторинний матеріальний та енергетичний ресурс, а не як непотріб
- В Україні впроваджено європейський стандарт **ДСТУ EN 15359:2018 «Тверде відновлювальне паливо. Технічні характеристики та класи»**. Він класифікує паливо SRF за трьома критичними показниками: теплотою згоряння (економічний параметр), вмістом хлору (технічний параметр) та вмістом ртуті (екологічний параметр). Використовувати таке стандартизоване паливо дозволено лише на тих промислових установках, системи газоочищення яких здатні забезпечити дотримання лімітів Директиви 2010/75/ЄС

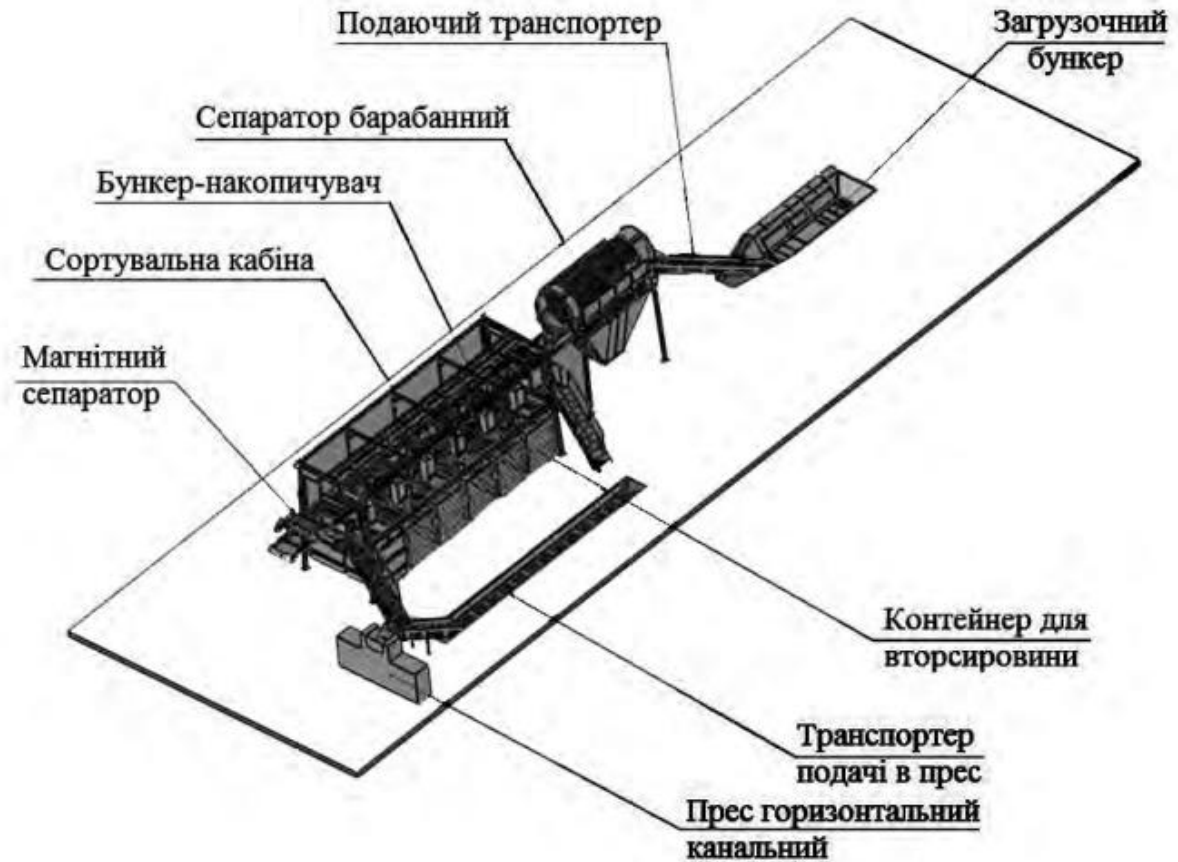


Європейська ієрархія та практика Waste-to₅-Energy

Технології підготовки сировини відходів до спалювання

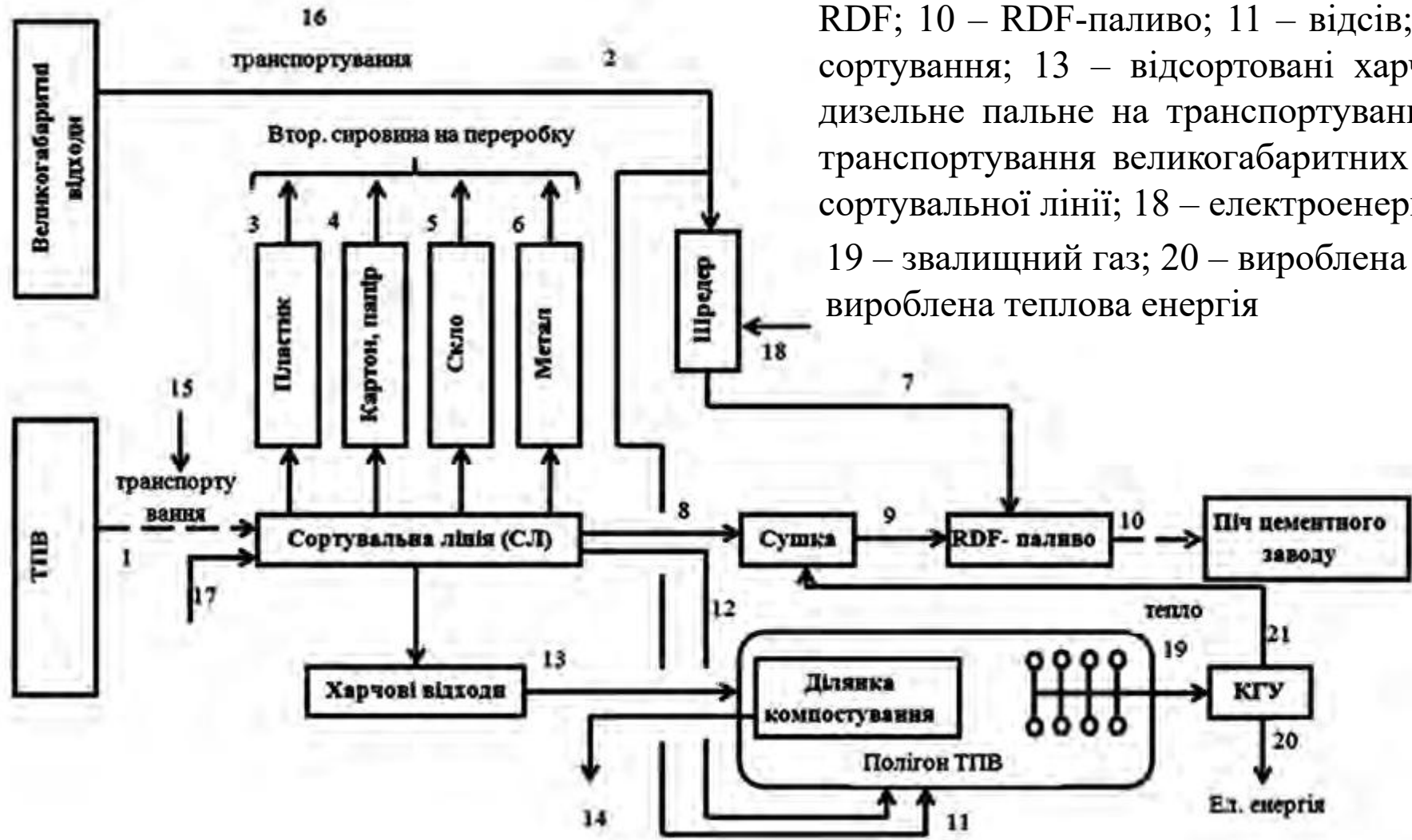
Першим кроком підготовки звичайного сміття до спалювання є його механіко-біологічна обробка (МБО). Для відбору корисних матеріалів та покращення якості палива використовуються автоматичні сортувальні лінії (наприклад, МСЛ-1/50). На них за допомогою великих сит (барабанних сепараторів) відсіюють дрібні органічні відходи, які складають до 30 % усієї маси.

3D-модель сміттесортувальної лінії з барабанним сепаратором



Магнітні установки вловлюють чорні метали, а оптичні датчики чи сортувальники відбирають горючі матеріали — пластик, плівку, папір та картон. Практика впровадження комплексів механіко-біологічної обробки ТПВ вже реалізується в Україні. Зокрема, українське підприємство KONSORT розробляє та монтує стаціонарні й мобільні сортувальні лінії.

Технології перетворення твердих побутових відходів на теплову або електричну енергію



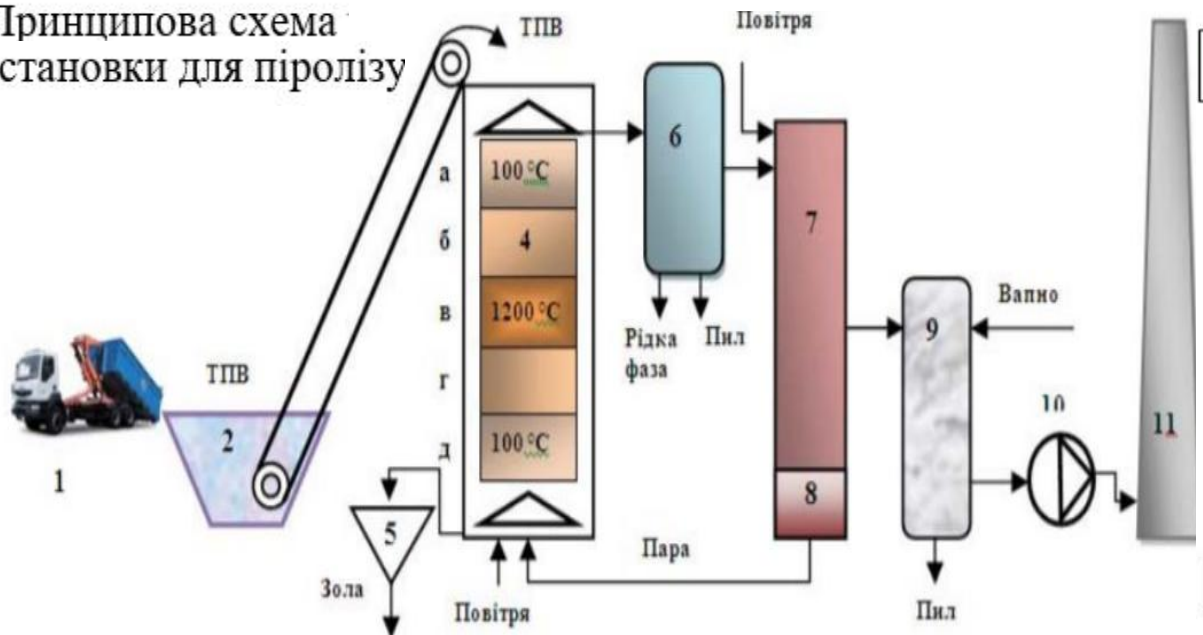
1 – ТПВ; 2 – великогабаритні відходи; 3 – пластик; 4 – картон, папір; 5 – скло; 6 – метал; 7 – подрібнені відходи; 8, 9 – сировина для RDF; 10 – RDF-паливо; 11 – відсів; 12 – невикористаний залишок від сортування; 13 – відсортовані харчові відходи; 14 – компост; 15 – дизельне пальне на транспортування ТПВ; 16 – дизельне пальне на транспортування великогабаритних відходів; 17 – електроенергія для сортувальної лінії; 18 – електроенергія для шредера; 19 – звалищний газ; 20 – вироблена електроенергія; 21 – вироблена теплова енергія

Робота сортувальних ліній МБО корисна не лише для покращення якості спалювання, а й для захисту природи. Завдяки попередньому відбору металу, скла та вологої органіки, із загальної маси вилучаються матеріали (наприклад, пластик із вмістом хлору), які під час горіння утворюють небезпечні гази. Це зменшує навантаження на фільтри заводу, захищає від появи токсичних сполук (діоксинів).

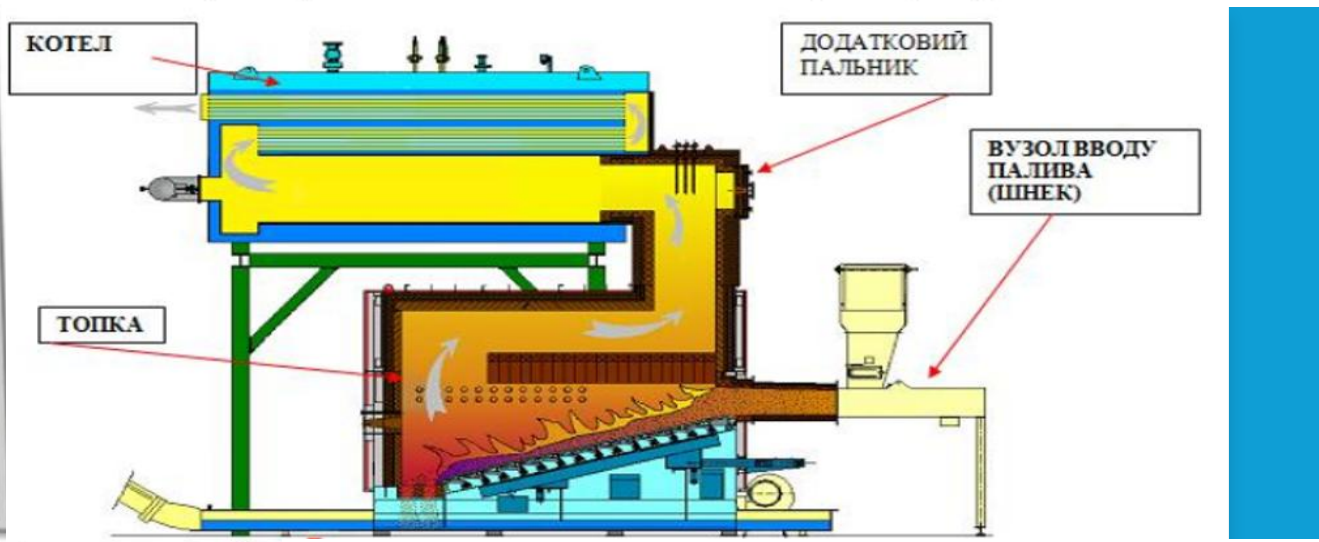
Схема матеріальних та енергетичних потоків комплексної механіко-біологічної обробки ТПВ з виділенням RDF-палив

Способи термічної утилізації відходів

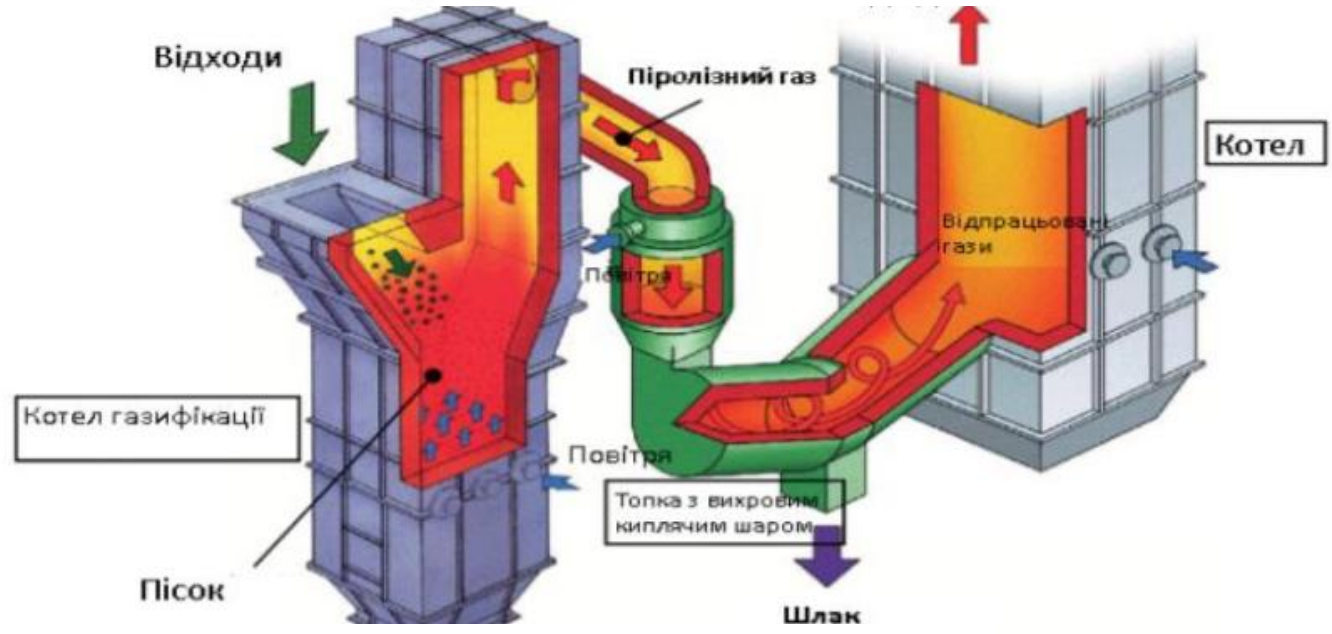
Принципова схема установки для піролізу



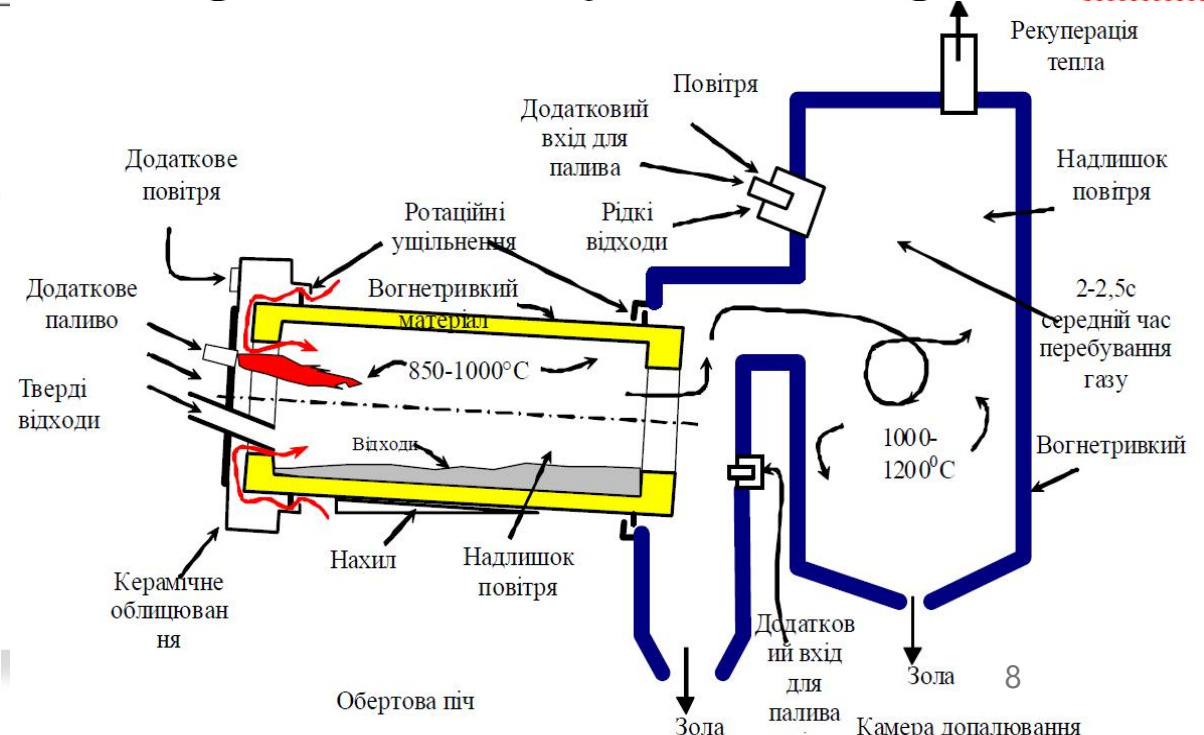
Принципова схема теплогенератора для спалювання



Принципова схема установки з обертовою печею

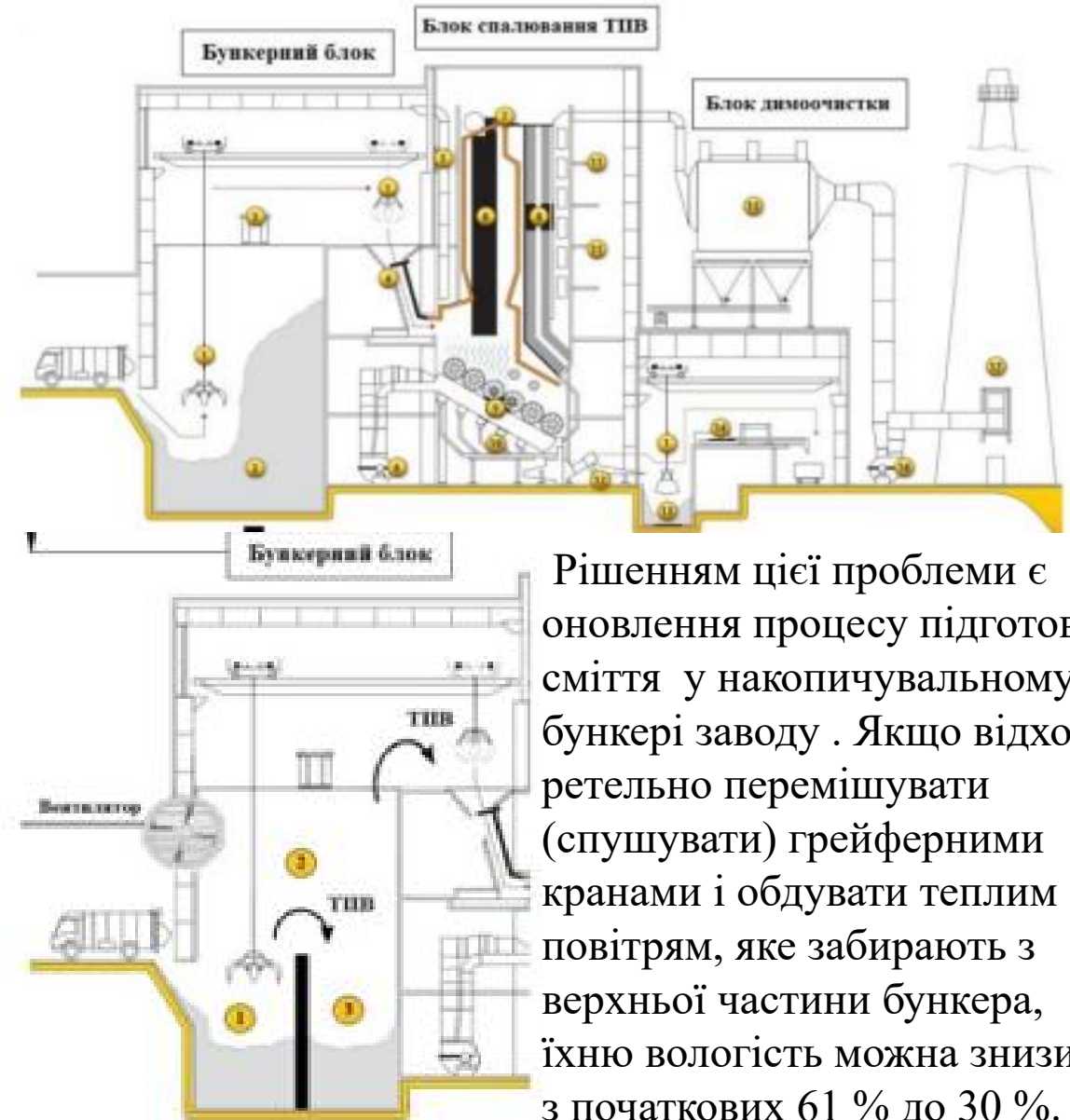


Принципова схема установки газифікації ТПВ



Практичний досвід та еколого-економічні проблеми термічної утилізації відходів в Україні на прикладі заводу «Енерг

На сьогодні в українській комунальній теплоенергетиці діючим підприємством для промислового спалювання сміття залишається київський завод «Енергія». Його збудували у 1988 році за проектом чехословацької компанії «СКД». Проектна потужність заводу дозволяє щороку переробляти близько 240–250 тисяч тонн твердих побутових відходів, що складає приблизно чверть від усього сміття столиці. На підприємстві працюють чотири сміттєспалювальні котли типу КТВ-200. Вони обладнані похилими перештовхувальними колосниковими решітками, які постійно перемішують і перевертають відходи для їхнього повного вигорання. Головною проблемою для стабільної та вигідної роботи заводу є низька і мінлива теплотворна здатність несортованого сміття, яка сильно змінюється залежно від погоди та пори року. Дослідження показують, що коли вологість відходів зростає до 52–75 %, [кількість виділеного ними тепла падає майже вдвічі. Через це сміття не може горіти самостійно, що змушує підприємство постійно використовувати дорогий природний газ для підсвічування факела та підтримки стабільної температури в топці

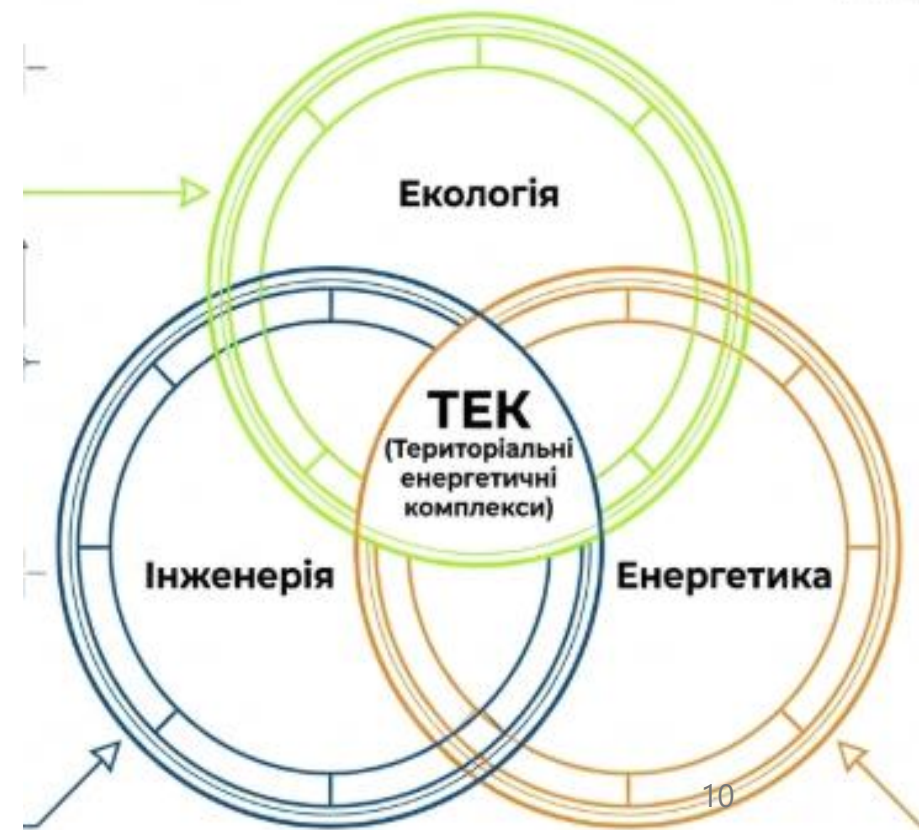


Рішенням цієї проблеми є оновлення процесу підготовки сміття у накопичувальному бункері заводу. Якщо відходи ретельно перемішувати (спушувати) грейферними кранами і обдувати теплим повітрям, яке забирають з верхньої частини бункера, їхню вологість можна знизити з початкових 61 % до 30 %.

Перспективи та інфраструктурні передумови створення територіальних енергетичних комплексів (ТЕК)

Функціонування ТЕК ґрунтується на концепції безвідходного виробництва, яке структурно поділяється на такі технологічні стадії. Цей виробничий ланцюжок починається зі збору та сортування відходів (перший етап), виготовлення з них стандартизованих паливних пелет (другий етап), їхнього двостадійного спалювання з отриманням теплової енергії (третій етап). Завершується процес спільним виробництвом електрики для продажу за «зеленим» тарифом (четвертий етап) та виготовленням будівельних матеріалів із залишків мінерального шлаку (п'ятий етап), що забезпечує високу екологічність та безвідходність комплексу. Інтеграція ТЕК у загальний енергетичний баланс регіону

формує замкнений цикл «виробництво – споживання – утилізація – енергія». Залучення ТПВ як місцевого відновлюваного енергоресурсу сприяє заміщенню традиційного викопного палива, підвищуючи рівень енергетичної незалежності територіальних громад. Як найбільш раціональний підхід для вітчизняних умов обґрунтовано впровадження технологій механіко-біологічної обробки (МБО) відходів. Сортування з подальшим подрібненням та аеродинамічним сушінням залишку дозволяє продукувати стандартизоване вторинне паливо (RDF/SRF). Цей продукт відзначається стабільною теплотворною здатністю та забезпечує повне вигорання органічної маси з мінімізацією утворення токсичних димових газів.



Висновки до розділу

У першому розділі магістерської роботи проведено детальний аналіз сучасного стану, екологічних викликів та технологічних методів енергетичного використання твердих побутових відходів в Україні та світі. На основі виконаного аналізу літературних та промислових джерел можна зробити такі висновки:

1) Доведено, що пряме масове спалювання непідготовленої сирової маси ТПВ супроводжується значним екологічним ризиком. Через низькотемпературні режими та хімічний недопал в існуючих котлоагрегатах відбувається інтенсивна емісія поліхлорованих дібензодіоксинів та фуранів. Традиційне складування відходів на полігонах призводить до неконтрольованого виділення вибухонебезпечного метану та забруднення ґрунтів інфільтратами. Незважаючи на значну частку органічної вологої складової (30–45 %), морфологічний склад відходів у великих містах характеризується стабільним зростанням горючих фракцій, зокрема полімерів (до 20 %) та макулатури (до 24 %).

2) Як найбільш раціональний підхід для вітчизняних умов обґрунтовано впровадження технологій механіко-біологічної обробки (МБО) відходів. Сортування з подальшим подрібненням та аеродинамічним сушінням залишку дозволяє продукувати стандартизоване вторинне паливо (RDF). Цей продукт відзначається стабільною теплотворною здатністю та забезпечує повне вигорання органічної маси з мінімізацією утворення токсичних димових газів.

3) Перспективним напрямом утилізації RDF є технологія їх сумісного спалювання (co-firing) з традиційними енергоносіями (вугіллям або природним газом) у теплогенеруючих установках комунальної енергетики. Реалізація цього методу сприятиме зменшенню площ полігонів та досягненню нормативів Директиви ЄС 2010/75.

4) Перспективним напрямом розвитку комунальної теплоенергетики є децентралізація потужностей шляхом створення локальних територіальних енергетичних комплексів (ТЕК) замість будівництва поодиноких великотоннажних сміттєспалювальних заводів [38]. Такий розподілений підхід економічно доцільніший, оскільки мінімізує транспортні витрати на логістику ТПВ та дозволяє інтегрувати генеруючі потужності безпосередньо в існуючі міські теплові мережі, уникаючи капіталовкладень у прокладання нових комунікацій .

РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СПАЛЮВАННЯ ПАЛИВА З ВІДХОДІВ У ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧИХ УСТАНОВКАХ

Термінологічне розмежування та класифікація палива RDF та SRF за стандартами

Класифікація SRF за критеріями нижчої теплоти згоряння

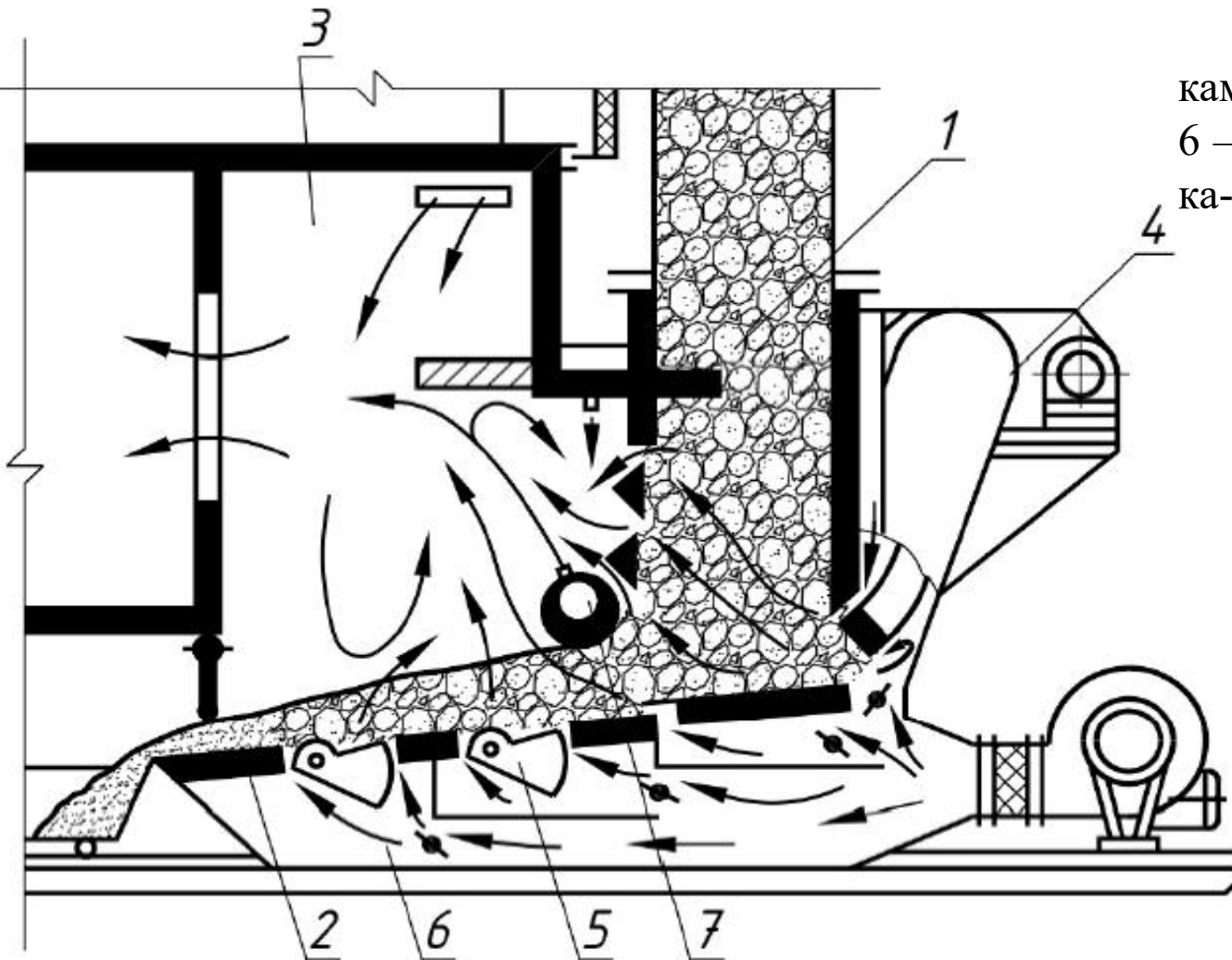
Класифікаційний параметр	Статистична міра	Одиниці вимірювання	Класи				
			1	2	3	4	5
Теплота згоряння	Середнє значення	МДж/кг	≥25,0	≥20,0	≥15,0	≥10,0	≥3,0
Хлор (Cl)	Середнє значення	% (на суху масу, <i>d</i>)	≤0,2	≤0,6	≤1,0	≤1,5	≤3,0
Ртуть (Hg)	Середнє значення	мг/МДж	≤0,02	≤0,03	≤0,08	≤0,15	≤0,50

Термін RDF (Refuse Derived Fuel) визначає відокремлену висококалорійну фракцію твердих побутових відходів (ТПВ), до складу якої входять полімери, папір, картон, деревина та текстиль. Натомість SRF (Solid Recovered Fuel) є стандартизованим твердим відновлюваним паливом, виготовленим із безпечних відходів, які пройшли глибоку механіко-біологічну обробку для подальшого використання в теплоенергетичних установках. Відповідно до європейського стандарту EN 15359:2011, імплементованого в Україні як ДСТУ EN 15359:2018, класифікація палива SRF базується на трьох основних параметрах: економічному (нижча теплота згоряння), технічному (масова частка хлору, Cl) та екологічному (вміст ртуті, Hg). Виробництво палива продуктів типу RDF здійснюється за технологіями (МБО) або (ССЗ)

Можливий морфологічний склад палива RDF отриманого з укр. ТПВ

Місто	Елементний склад на робочу масу (<i>r</i>), %							<i>V^d</i> , %	<i>Q_i</i> , МДж/кг
	<i>C^r</i>	<i>H^r</i>	<i>O^r</i>	<i>N^r</i>	<i>S^r</i>	<i>A^r</i>	<i>W^r</i>		
Вінниця	39,3	5,4	35,7	0,4	0,2	7,9	11,1	77,1	14,7
Дніпро	40,0	5,6	31,2	0,5	0,4	10,8	11,5	74,5	15,7
Житомир	35,5	5,0	34,6	0,2	0,2	10,4	14,1	76,5	13,1
Запоріжжя	39,0	5,3	33,5	1,2	0,1	7,9	13,0	74,9	14,8
Київ	38,1	5,3	34,4	0,5	0,2	10,1	11,4	76,8	14,3
Миколаїв	40,3	5,5	30,9	0,5	0,3	7,3	15,2	73,0	15,6
Мелітополь	37,5	5,4	32,6	0,4	0,3	13,2	10,6	76,2	14,5
Полтава	38,4	5,4	32,9	0,5	0,2	10,5	12,1	75,7	14,7
Рівне	36	5,2	34,7	0,4	0,2	12,7	10,8	77,7	13,5
Суми	36,9	5,2	35,1	0,5	0,2	11,7	10,4	78,0	13,8
Харків	37,0	5,1	36,4	0,4	0,2	9,3	78,1	11,6	13,6
Хмельник	34,7	5,0	36,5	0,2	0,2	12,9	79,0	10,5	12,7
Хмельницький	39,0	5,3	33,5	1,2	0,1	7,9	13,0	76,3	14,7
Черкаси	5,2	33,9	33,9	1,0	0,2	12,9	10,2	77,9	13,8
Чернігів	38,8	5,4	33,2	0,8	0,2	11,0	10,5	76,7	14,8

Аналіз та опис запропонованого ТОПКОВОГО пристрою для палива RDF

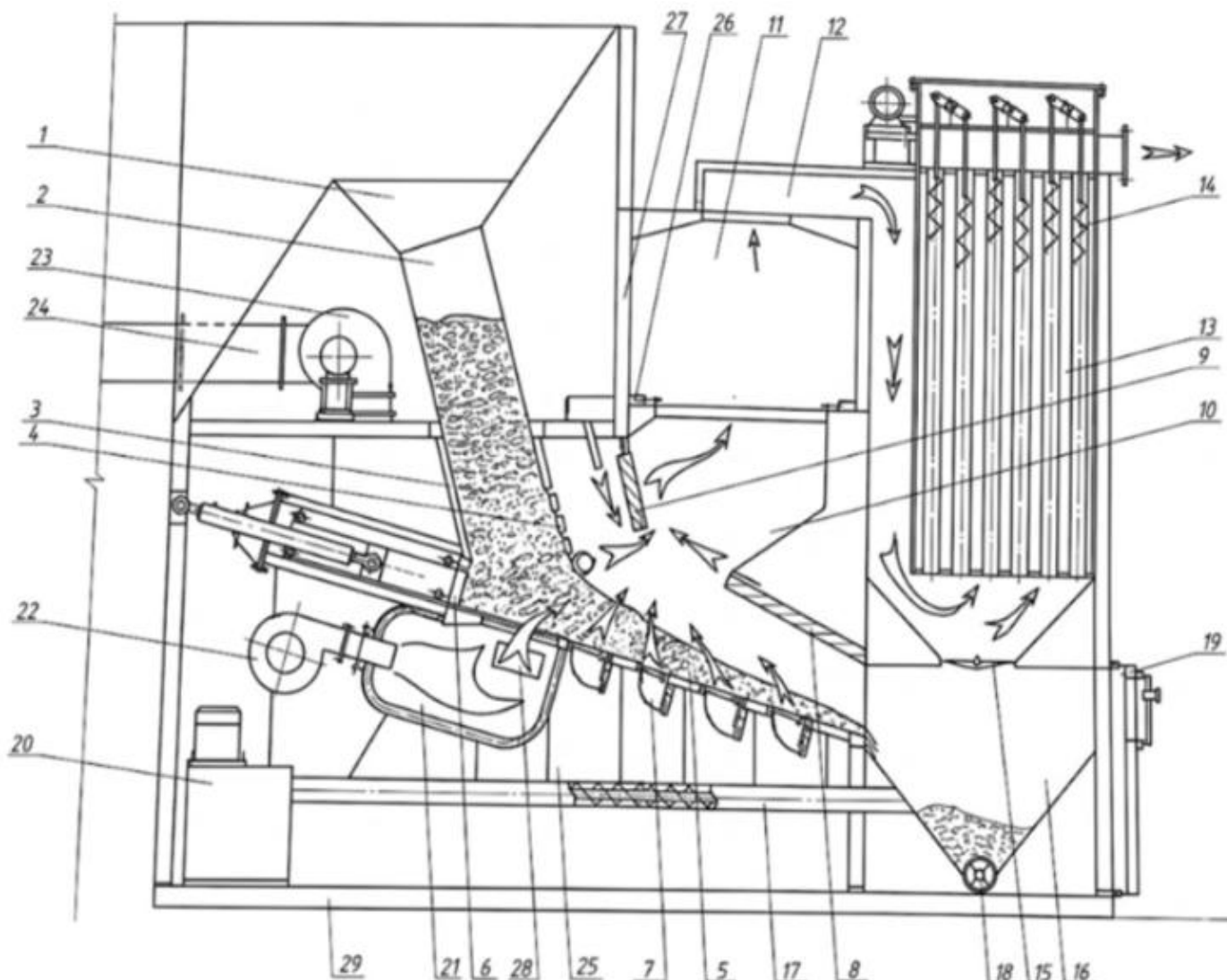


1 – шахта паливна; 2 – колосникова решітка; 3 – камера згоряння; 4 – плунжер; 5 – секторний штовхач; 6 – дуттьовий канал первинного повітря; 7 – дуттьовий канал вторинного повітря

Залежно від протікання процесів в шахті та потужності теплогенератора під дією плунжера штовхача паливо, що горить, переміщується по колосниковій решітці в зоні механічного шурування шару, інтенсивність якого залежить від величини зольності, а вогнищеві залишки видаляють в золоприймач. З метою шурування шару палива, а також забезпечення потрібної площі дзеркала горіння колосникова решітка обладнана рядами секторних штовхачів. Для підтримання низького коефіцієнта надлишку повітря в топковому просторі та повноти горіння дуттьове повітря перерозподіляється безпосередньо в шахту, позонно під колосникову допалювальну решітку, в сопла вторинного дуття внизу і зверху затискної решітки та сопла вихрової камери.

Схема механічного топкового пристрою із шахтно-шаровим спалюванням низькосортного твердого палива:

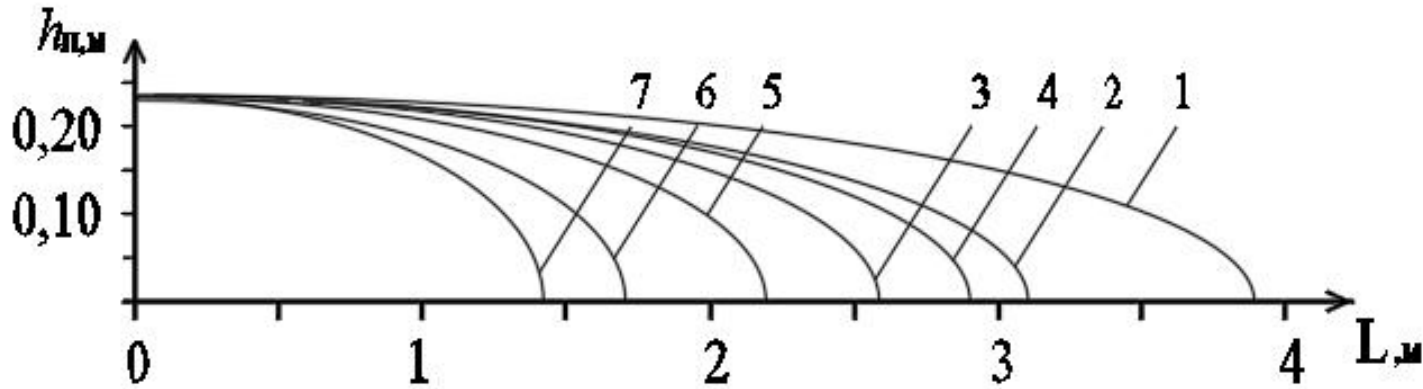
Аналіз та опис запропонованої технологічної шахтно-шарової схеми для палива RDF



1 – завантажувальна горловина (воронка); 2 – бункер; 3 – шахта паливна; 4 – затискна решітка; 5 – колосникова решітка нахилена; 6 – плунжерний штовхач; 7 – секторні штовхачі; 8 – склепіння вогнетривке; 9 – перегородка вогнетривка; 10 – камера згоряння первинна; 11 – камера згоряння вторинна; 12 – канал продуктів згоряння; 13 – конвективний пакет; 14 – димогарні труби з турбулізаторими; 15 – клапан; 16 – золоприймач; 17 – шнековий транспортер видалення золи з повітряних коробів; 18 – шнековий транспортер видалення золи із золоприймача; 19 – люк обслуговування золоприймача; 20 – привід транспортера (17); 21 – камера згоряння додаткового палива; 22 – пальник газовий (або рідкопаливний); 23 – вентилятор дуттьовий; 24 – повітропровід; 25 – коробки повітряні; 26 – сопла подачі вторинного повітря на вході вторинної камери; 27 – стійки бункера; 28 – подача продуктів згоряння додаткового палива в першу зону горіння палива на решітці; 29 – опорна рама

Розрахунковий аналіз спалювання палива RDF в механізованому теплогенераторі з шахтно-шаровим топковим пристроєм

Графіки вигорання палива на колосниковій решітці шахтно-шарової механічної топки



Характеристики розрахункових палив

Вид палива	Елементарний склад робочої маси палива, %							V^{daf}	Q_H^r
	C^r	H^r	N^r	O^r	S^r	A^r	W^r		
Паливо RDF	39,2	5,5	0,7	32,4	0,3	10,0	11,9	75,5	15,1
Камяне вугілля (П)	70,2	3,0	3,0	1,7	0,5	14,6	7,0	12,5	25,1

Примітка. У таблиці наведено величини V^{daf} у %, а величини Q_H^r у МДж/кг

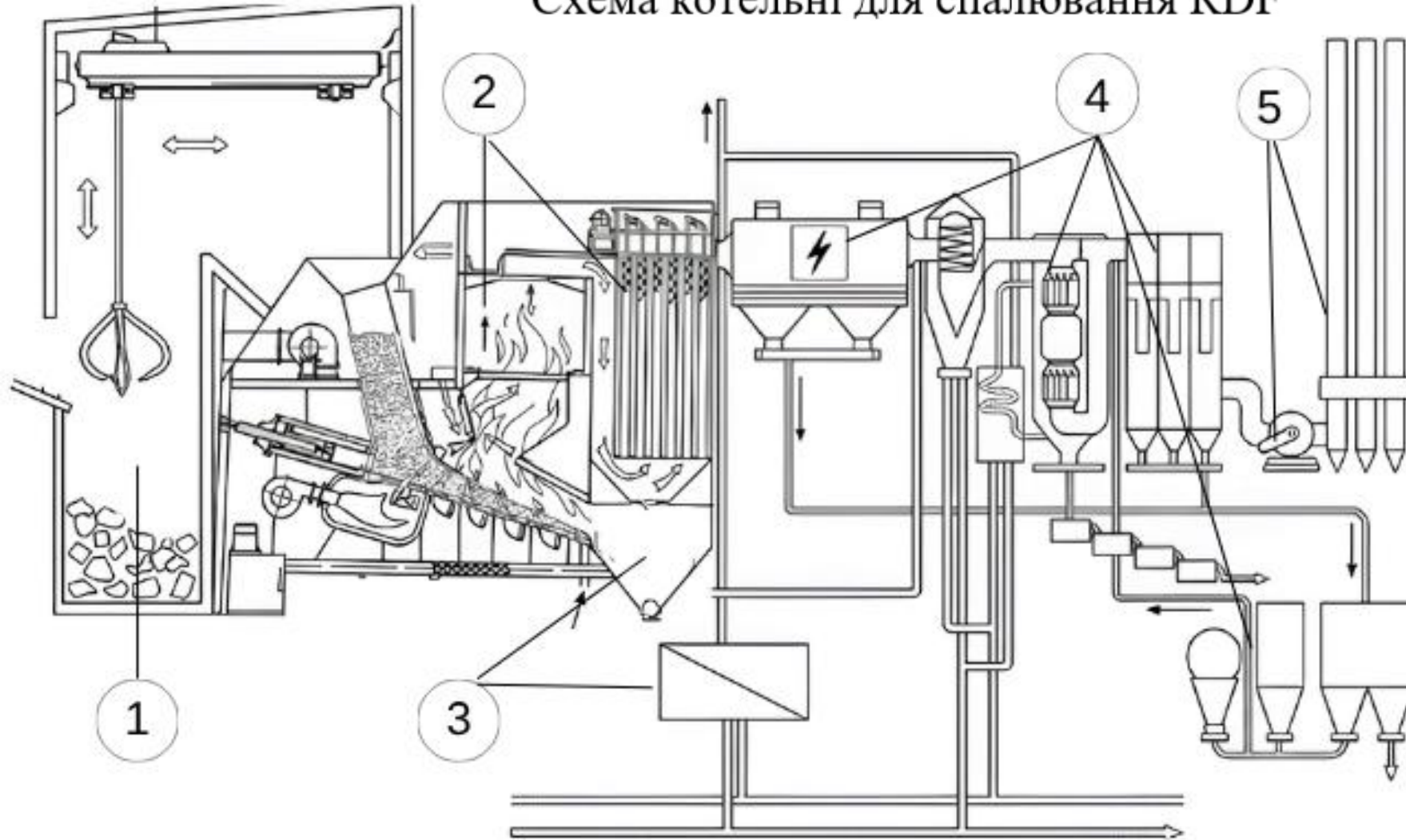
На рис. 2 наведено залежності спільного вигорання коксу вугілля і палива RDF на колосниковій решітці.

Елементарний склад палив на робочу масу, вихід летких речовин V^{daf} та їх нижча теплота згоряння Q_H^r – в табл.

У розрахунках прийнято: маса вугілля і палива RDF однакова в суміші; потужність топкового пристрою 10 МВт з шириною решітки (зони горіння) – 2,0 м (криві 1-3) та потужність топкового пристрою МВт з шириною колосникової решітки – 0,9 м; висота вихідного вікна з шахти 0, 23 м; частка вуглецю твердої маси палива, що вигоряє в шахті – 20 %. З шахти крізь прорізи затискної решітки в топкову камеру повністю випаровується волога та виходять леткі речовини (прийнято в обсязі 90 %); надлишок повітря в топковому об'ємі (на вході в конвективну частину теплогенератора) – $\alpha = 1,4$. За результатами розрахунку відмічено вплив розміру часток та швидкості дуття на швидкість горіння палива в шарі.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Схема котельні для спалювання RDF



I. Блок приймання та підготовки палива:

II. Теплогенератор твердопаливний механізований з системою автоматики керування та безпеки

III. Система видалення та обробки зольно-шлакових матеріалів

IV. Блок багатоступеневого очищення відхідних газів

V. Відведення очищених газів:

Тепломеханічне і очисне обладнання механізованої твердопаливної котельні з системою автоматики керування та безпеки роботи забезпечує

високоєфективну термічну утилізацію відсортованих твердих відходів або суміші палива RDF з твердих відходів та кам'яного вугілля із забезпеченням нормативних економічних і екологічних показників.

Розрахункові валові викиди при спалюванні суміші твердих палив

Вид речовини	Показник емісії, г/ГДж	Витрата палива, т/рік	Теплота згоряння, МДж/кг	Викиди, E_i т/рік
Тверді частинки	18,5	6849	20,10	2,54
Діоксид сірки SO ₂	23,7			3,25
Оксид азоту в перерахунку на NO ₂	6,0			0,825
Оксид вуглецю CO	121			16,63
Діоксид вуглецю CO ₂	99585			13689
Метан CH ₄	1,0			0,137
Оксид діазоту N ₂ O	1,4			0,192
Загальна річна кількість емісії шкідливих забруднювальних речовин та утворених парникових газів				13713

Розрахункові валові викиди при спалюванні звалищного біогазу

Вид речовини	Показник емісії, г/ГДж	Витрата палива, т/рік	Теплота згоряння, МДж/кг	Викиди, E_i т/рік
Оксид азоту в перерахунку на NO ₂	41,88	7533	17,63	5,75
Оксид вуглецю CO	15			2,06
Діоксид вуглецю CO ₂	91032			12513
Метан CH ₄	1,0			0,137
Оксид діазоту N ₂ O	2,5			0,344
Загальна річна кількість емісії шкідливих забруднювальних речовин та утворених парникових газів				12522

Розраховані значення викидів важких металів

Важкий метал	As	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
$C_{B.M.}$, МГ/КГ	20	47	29	0.2	26	14	40
Q_H^r , МДж/кг	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1	20,1
$\sigma_{вин}$	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
$f_{зб}$	5,01	1	2,01	1	2,8	4,8	5,8
$\eta_{зв}$	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
$f_{г}$	0,005	0	0	0,9	0	0	0
$\eta_{гзв}$	0	0	0	0,35	0	0	0
Показник емісії, $k_{B.M.}$ г/ГДж	0,020	0,007	0,009	0,006	0,011	0,010	0,035
Валовий викид, $E_{B.M.}$ т/рік	0,0027	0,0010	0,0012	0,0008	0,0015	0,0014	0,0048

Податкові зобов'язання при спалюванні спалюванні суміші

палива RDF з кам'яним вугіллям

Речовина	Тверді частинки	SO ₂	NO _x	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Ставка податку, грн/т	96,99	2574,43	2574,43	96,99	30,00	145,50	4116,92
Викиди, E_i т/рік	2,54	3,25	0,825	16,63	13689	0,137	0,344
ΣПЗ ₁₁ , грн/рік	246,35	8366,90	2123,90	1612,94	410670	19,93	1416,22

Висновки до розділу

Загальна сума податкових зобов'язань за викиди при спалюванні суміші палива RDF з кам'яним вугіллям складає 425523 грн/рік, а при спалюванні звалищного біогазу 391828 грн/рік.

При спалюванні суміші палива RDF з кам'яним вугіллям забруднення атмосферного повітря порівняно з використанням звалищного біогазу збільшується на:

$$(13713 - 12522) / 12522 \cdot 100 = 9,5 \%$$

А податкові зобов'язання за викиди зростають на:

$$(425523 - 391828) / 391828 \cdot 100 = 8,6 \%$$

Незважаючи на те, що розрахункові викиди по забрудненню атмосферного м та по податковим зобов'язання на викиди при спалюванні суміші палива RDF з вугіллям порівнянно зі спалюванням біогазу більші до 10% , використання палива RDF є доцільним в комунальній енергетиці. Зокрема, термічна утилізація дозволяє переробляти широкий спектр відходів (папір, картон, текстиль, пластик), які не підлягають біологічному розкладанню. Біогазові установки здатні переробляти лише вологий органічний «баласт», тоді як енергетична утилізація RDF дозволяє «витягнути» енергію з усього спектра горючих відходів. Завдяки цьому ступінь корисної утилізації початкової маси сміття зростає щонайменше вдвічі: якщо процеси біологічної переробки здатні охопити лише 30–40 % маси відходів, то підготовка та спалювання RDF залучає до 70–80 % горючих компонентів. Це зменшує обсяги захоронення на полігонах та забезпечує стабільну генерацію теплової енергії.

Висновки по роботі

У кваліфікаційній магістерській роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання: здійснено комплексне техніко-технологічне та еколого-економічне обґрунтування використання твердих побутових відходів (ТПВ) як альтернативного енергетичного ресурсу в системі комунальної теплоенергетики. Ефективне і безпечне використання відходів як палива надає можливість вирішення проблеми сьогодення - зменшення площ сміттєзвалищ та покращення чистоти населених пунктів.

У першому розділі розглянуто вітчизняний енергетичний потенціал відходів та досвід, зокрема і світовий, поводження з ними, проаналізовано відомі технології підготовки сировини відходів до промислового використання, напрями утилізації твердих побутових відходів з метою отримання енергії. Відмічено, що широке розповсюдження в розвинутих країнах світу переважає спалювання попередньо підготовленого палива з відходів. Також поширені технології спільного спалювання палива з відходів з іншими твердими палива – вугілля, біомаса. Сучасні технології очищення відхідних газів забезпечують високий рівень зниження концентрації забруднюючих викидів в атмосферу та можливість розміщення сміттєспалювальних заводів з теплогенеруючими установками в межах території населених пунктів.

У другому розділі розглянуто перспективи інтеграції відходів, зокрема палива RDF з вісортованої сировини ТПВ, у вітчизняну комунальну енергетику. Запропоновано технологічну схему спалювання шахтно-шарового типу для спільного спалювання палива з відсортованих відходів та кускового кам'яного вугілля. Виконано розрахунковий аналіз впровадження названої схеми в конструкції твердопаливного теплогенератора. З використанням методики розрахунку питомої швидкості горіння твердого кускового палива визначено розрахункові параметри зони горіння для теплогенераторів потужністю 10 МВт та 2,5 МВт.

У третьому розділі запропоновано склад твердопаливного котельні потужністю 15 МВт, обладнаної механізованими теплогенераторами з шахтно-шаровими топками та багатоступеневою системою очищення відхідних газів. Виконано техніко-економічний порівняльний аналіз забруднення атмосферного повітря викидами при спалюванні палива з відсортованих відходів, зокрема і спільного спалювання з вугіллям.