

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Кузьмінський Є.В.  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2018р.

## Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія,  
(код і назва)

на тему: «Технологія переробки органічної складової твердих побутових відходів шляхом компостування».

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи БЕ-71мп  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ Нагорняк Тетяна Андріївна \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник: асистент каф. екобіотехнології та біоенергетики  
\_\_\_\_\_ Зубченко Людмила Сергіївна \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант: Автоматизація  
виробництва  
(назва розділу)

\_\_\_\_\_ д.т.н, професор Мельник Вікторія Миколаївна \_\_\_\_\_  
(науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали) (підпис)

Економічна частина \_\_\_\_\_ к.е.н, доцент Ткаченко Тетяна Петрівна \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)  
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет біотехнології і біотехніки  
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 162 Біотехнології та біоінженерія,

спеціалізація «екологічна біотехнологія та біоенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Кузьмінський Є.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

Нагорняк Тетяні Андріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: «Технологія переробки органічної складової твердих побутових відходів шляхом компостування»,

науковий керівник дисертації: асистент каф. екобіотехнології та біоенергетики Зубченко Людмила Сергіївна,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження: технологія переробки органічної складової твердих побутових відходів шляхом компостування

4. Предмет дослідження: використання технології компостування для переробки органічних фракцій твердих побутових відходів.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати та описати склад твердих побутових відходів; провести огляд існуючих технологій переробки ТПВ; вибрати та обґрунтувати технологію переробки органічної фракції твердих побутових відходів; розглянути біохімічні процеси у біобарабані; навести характеристику компосту, що утворюється в процесі компостування; розробити технологічну та апаратурну схеми технології переробки твердих побутових відходів; розрахувати основні параметри та розробити креслення обладнання для компостування – біобарабана; розрахувати техніко-

економічні показники технології компостування; розробити схему автоматизації для ділянки виробництва; розглянути заходи, щодо охорони праці на виробництві.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: технологічна схема, апаратурна схема, креслення головного апарату, схема автоматизації ділянки виробництва, економічна частина.

7. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Автоматизація виробництва	д.т.н, професор Мельник Вікторія Миколаївна		
Економічна частина	к.е.н, доцент Ткаченко Тетяна Петрівна		

9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Характеристика сировини, біологічного агента. Обґрунтування вибору технології		
2	Опис біохімічних основ технологічного процесу		
3	Характеристика технології переробки органічної складової твердих побутових відходів		
4	Вибір та характеристика обладнання		
5	Розрахунок основних параметрів біобарабану		
6	Розробка схеми автоматизації стадії компостування		
7	Розрахунок техніко-економічних показників		
8	Охорона праці та довкілля		
9	Оформлення дисертації		
10	Підготовка до захисту. Попередній захист		

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 132 с. , 7 рис., 27 табл., 47 посилань.

В роботі обрано та обґрунтовано технологію переробки органічної складової твердих побутових відходів. Було обрано компостування в біобарабані, визначено оптимальне співвідношення сировини для отримання компосту, що відповідає нормам. Розраховано параметри та розроблено креслення головного апарату – біобарабана. Розраховано матеріальний баланс процесу, наведено і описано технологічну схему переробки органічної фракції твердих побутових відходів, розроблено схему автоматизації стадії компостування, вказано точки і параметри контролю етапів процесу, які необхідні для забезпечення якості кінцевої продукції, охорони праці і довкілля.

КОМПОСТУВАННЯ, ПЕРЕРОБКА ТПВ, ОРГАНЧНІ ВІДХОДИ,  
КОМПОСТ, СТАБІЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ, ДОБРИВА

## **ABSTRACT**

The explanatory note contains 132 p, 7 figures, 27 tables, 47 references.

The processing of organic component of solid household waste technology has been selected and described in the work. The composting in reactors has been selected, the optimal ratio of raw materials for the compost meeting the standards was determined. The parameters were calculated and the drawing of the main apparatus - reactor - was developed. The material balance of the process is calculated, the technological scheme of processing of the organic fraction of solid household wastes have been presented and described, the scheme of automation of the stage of composting is developed, the points and parameters of control of the process stages, which are necessary for ensuring the quality of the final product, occupational safety and environment were specified.

COMPOSITION, WASTEWATER TREATMENT, ORGANIC WASTE,  
COMPOSITION, WASTE STABILIZATION, DUST

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ КОМПОСТУВАННЯ.....</b>	<b>10</b>
1.1 Поняття твердих побутових відходів та їх класифікація .....	10
1.2 Основні властивості твердих побутових відходів (ТПВ), морфологічний склад ТПВ .....	12
1.3 Характеристика органічної фракції твердих побутових відходів .....	19
<b>2. ХАРАКТЕРИСТИКА ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ ФРАКЦІЇ ТПВ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ.....</b>	<b>22</b>
2.1 Загальні відомості про біологічні методи переробки ТПВ.....	22
2.2 Визначення поняття компостування .....	25
2.3 Огляд існуючих технологій компостування .....	30
2.3.1 Польове компостування (windrow composting) .....	30
2.3.2 Компостування в закритих реакторах (In-Vessel composting).....	35
2.3.3. Вибір та обґрунтування обраної технології .....	39
<b>3. МІКРОБІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ КОМПОСТУВАННЯ.....</b>	<b>40</b>
3.1 Основні хімічні процеси, що лежать в основі компостування .....	40
3.2 Характеристика біологічного агента .....	45
3.3 Умови, необхідні для процесу компостування .....	45
3.3.1 Розмір частинок та структурна підтримка складу компосту .....	45
3.3.2 Контроль вологості .....	46
3.3.3 Вимоги до аерації.....	47
3.3.4 Температура та pH .....	49
3.4 Характеристика кінцевого продукту компостування .....	50
<b>4. ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ШЛЯХОМ КОМПОСТУВАННЯ.....</b>	<b>54</b>
4.1 Сировина та матеріали .....	54
4.2 Опис технологічного процесу .....	55
4.3. Контроль на виробництві.....	67

					МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нагорняк Т.А						
Конс.								
Керівн.		Зцдченко Л.С.						
Затверд.		Зцдченко Л.С.						
					Літ.		Арк.	Аркушів
							6	
					КПІ ім. Ізоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп			

4.4 Матеріальний баланс процесу .....	70
<b>5. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТПВ .....</b>	<b>71</b>
5.1 Вибір та характеристика біобарабана.....	71
5.2 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції біобарабану ...	73
<b>6. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА .....</b>	<b>83</b>
6.1. Опис технологічного процесу .....	84
6.2 Основні рішення з автоматизації.....	85
6.2.1 Контури регулювання технологічного процесу .....	86
6.2.2 Автоматичне регулювання.....	87
6.2.3 Технологічна сигналізація та захист .....	88
<b>РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>91</b>
7.1 Техніко-економічне обґрунтування проектного рішення .....	91
7.2. Розрахунок ефективного фонду робочого часу підприємства .....	92
7.3. Розрахунок та побудова графіка ТОРО (технологічного обслуговування та ремонтів обладнання). .....	93
7.4. Розрахунок виробничих потужностей.....	95
7.5. Розрахунок вартості сировини та матеріалів .....	96
7.6. Розрахунок собівартості продукту і вартості проекту .....	96
7.7. Розрахунок поточних витрат .....	102
7.8 Розрахунок собівартості продукції .....	103
7.9 Розрахунок ефективності виробництва. ....	104
<b>8. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>106</b>
8. 1 Загальні відомості .....	106
8.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів .....	108
<b>9. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....</b>	<b>110</b>
<b>ВИСНОВОК.....</b>	<b>114</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>117</b>
<b>ДОДАТОК 1.....</b>	<b>122</b>

## ВСТУП

З прогресивним зростанням урбанізації, розширенням виробничої і сільськогосподарської діяльності, транспортних мереж та інших комунікацій негативні наслідки людської діяльності стають все більш відчутними. Дуже серйозною екологічною проблемою на цьому фоні виступає забруднення природних екосистем.

Щорічно в Україні утворюється близько 13 млн. тон сміття, з якого в середньому лише 4 % надходить в повторну переробку. Зібрані тверді побутові відходи накопичуються і зберігаються на переповнених сміттєвих звалищах і полігонах, 6,5 тисяч з яких законні, а близько 35 тисяч - незаконні, загальна площа яких в сумі становить понад 7% від території країни. На сьогодні 170 тис. га землі зберігає в собі близько 40 млрд. тон різних відходів.

Зростання споживчої активності висуває на перший план проблему накопичення відходів, яка в 90-ті роки XX століття була в Україні малопомітною. Актуальним є вирішення питання з управлінням та переробкою твердих побутових відходів.

Складне економічне становище в країні зумовлює необхідність розробки ефективних способів поетапного вирішення проблеми ТПВ на основі їх залучення в промислову переробку з мінімальними витратами, одночасним вирішенням питань ресурсозбереження, економічної вигоди та екологічної безпеки.

Проблемним питанням залишається переробка органічної складової твердих побутових відходів, оскільки потрапляючи в навколишнє середовище, вони швидко піддаються природним процесам біодеградації та несприятливо впливають на довкілля (неприємний запах, забруднення ґрунтів і поверхневих вод, підвищення ризику поширення збудників

					МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Нагорняк Т.А				ВСТУП			
Конс.								
Керівн.	Зцдченко Л.С.							
Затверд.	Зцдченко Л.С.							
					Літ.	Арк.	Аркушів	
						8		
					КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп			



захворювань інше. )

Органічні відходи повинні розглядатися не як джерело забруднення навколишнього середовища, якого потрібно позбутися, розмістивши на звалищах або спалюючи в сміттєспалювальних установках, а як цінний ресурс, який можна перетворити на товарну продукцію, що забезпечує додатковий прибуток підприємству та створює нові робочі місця.

Слід зазначити, що існуючі на сьогоднішній день технології переробки органічних відходів засновані на роздільній переробці окремих фракцій, що потребує створення різнопрофільних підприємств і одному населеному пункті. В запропонованій технології вирішується дане питання шляхом організації, сортування компостування та утилізації пластику в одному місці. Крім того процес компостування передбачає великі витрати енергії, в той час як запропонована комплексна переробка дозволяє використовувати побічні продукти і надлишкові теплові ресурси (наприклад, топкові гази), що підвищує енергоефективність підприємства і зменшує кількість теплових забруднень.

Новизна проекту полягає у використанні гною та анаеробного активного мулу зі станції водоочищення, як добавки до основної сировини на стадії компостування для підвищення ефективності біологічної деструкції органічної фракції твердих побутових відходів. Також новизною магістерської дисертації є забезпечення умов для підтримання безперервного процесу, що дозволяє створити придатні умови для компостування матеріалів, що надходять.

Запропоновано використання процесу піролізу для утилізації пластику, відсортованого з ТПВ. Передбачено використання побічних продуктів піролізу для забезпечення енергетичних потреб технологічного процесу. Мазут, утворений в процесі піролізу може бути реалізований на ринку енергоносіїв, що збільшує економічну ефективність технології.

Метою даної роботи є вибір та обґрунтування технології переробки органічної фракції твердих побутових відходів шляхом компостування.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

- проаналізувати та описати склад твердих побутових відходів;
- провести огляд існуючих технологій переробки ТПВ, визначити їх переваги та недоліки; вибрати та обґрунтувати технологію переробки органічної фракції твердих побутових відходів;
- розглянути біохімічні процеси, що відбуваються при компостуванні ТПВ у біобарабані; навести характеристику компосту, що утворюється в процесі компостування органічної фракції твердих побутових відходів;
- розробити технологічну та апаратурну схеми технології переробки твердих побутових відходів, що включає компостування органічної фракції та піроліз пластику;
- розрахувати основні параметри та розробити креслення обладнання для компостування – біобарабана;
- розрахувати техніко-економічні показники технології компостування органічної фракції ТПВ;
- розробити схему автоматизації для ділянки виробництва що включає в себе головний апарат з додатковими підготовчими роботами (етап біокомпостування та подрібнення компосту, відведення використаного повітря після загального процесу)
- розглянути небезпечні фактори та розробити заходи, щодо охорони праці на виробництві.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ КОМПОСТУВАННЯ

## 1.1 Поняття твердих побутових відходів та їх класифікація

Відходи – будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких їх власник повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення.[1] За результатами досліджень виявлено, що в індустріально розвинених державах у побутових відходах відносно багато упаковки (з паперу, пластмаси, металу, скла), щільність якої досить невисока [2]. В свою чергу, в менш розвинених державах домінують органічні відходи, у яких велика щільність і вологість. Це визначає вид подальшої переробки цих відходів. Наприклад, вологі органічні відходи непридатні для спалювання, їх можна використовувати для компостування.

Визначення терміну тверді побутові відходи наведене в галузевих нормативних документах України, зокрема у «Правилах надання послуг зі збирання та видалення твердих і рідких побутових відходів» [3].

Згідно цих правил: Тверді побутові відходи (ТПВ) – відходи, які утворюються в процесі життєдіяльності людини та накопичуються у житлових будинках, установах соцкультпобуту, суспільних, лікувальних, торговельних та інших установах (це - харчові відходи, предмети домашнього вжитку, сміття, опале листя, відходи від прибирання і поточного ремонту квартир, макулатура, скло, метал, полімерні матеріали та ін.) та не мають подальшого використання по місцю їх утворення [3].

Відповідно до Державного класифікатора відходів ДК 005-96 [4] виділяються наступні групи відходів, віднесених до побутових: тверді побутові відходи: харчові відходи, кімнатне та дворове сміття, макулатура,

					<i>МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ КОМПОСТУВАННЯ</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	<i>Нагорняк Т.А</i>						10	
Конс.								
Керівн.	<i>Зцдченко Л.С.</i>					<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп</i>		
Затверд.	<i>Зцдченко Л.С.</i>							

тара, пакувальні матеріали, дерево, метал.

Місцем утворення цих відходів є житлові будинки, адміністративні та суспільні організації, підприємства торгівлі, культури, побуту та ін., прибудинкові території, зелені насадження.

**Великогабаритні відходи:** старі меблі, холодильники, телевізори, сантехнічне обладнання, дерева, гілки, пеньки та ін.

**Лікарняні відходи:** перев'язочні матеріали, бинти, вата, шприци, кімнатне сміття, харчові відходи, тара, пакувальні матеріали. Місцем утворення цих відходів є лікарні, поліклініки, медичні, кабінети, консультації та ін.;

**Будівельні відходи:** відходи будівельних матеріалів та конструкцій, ґрунт, пісок, асфальт.

**Особливі види відходів:** побутові небезпечні відходи (миючі засоби, фарби та хімікати, прострочені медикаменти, люмінесцентні лампи, пестициди, добрива тощо); батареї та акумулятори; відходи електричного та електронного обладнання.

Частково відходи вивозяться на заміські полігони, призначені для їх захоронення, частково потрапляють у місця неорганізованого зберігання (близько 10%), а ще близько 6% просто осідає на території міста і промислових підприємств. ТПВ сучасного міста представляють собою не тільки епідеміологічну, але й серйозну токсикологічну проблему, тому що вже на стадії збору близько 4% відходів є токсичними. Особливе місце серед ТПВ займають ртутні лампи, оскільки кожна з них містить від 80 до 120 мг ртуті. Серйозну проблему становлять також пластмаси і синтетичні матеріали, оскільки вони не піддаються процесам біологічного руйнування і можуть тривалий час (десятки років) перебувати в навколишньому середовищі [5]. До складу ТПВ також входять наступні компоненти: папір, картон, харчові відходи, дерево, метал чорний, метал кольоровий, текстиль, кістки, скло, шкіра, гума, взуття, каміння, фаянс, пластмаса (у тому числі,

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕТ пляшки), малі предмети (< 15 мм), великогабаритні відходи, будівельні відходи, небезпечні відходи.

Встановлено, що у складі ТПВ постійно збільшується вміст пластмас, фольги, різного роду тари, поліетиленових плівок і інших упаковок. Проведений порівняльний аналіз даних зміни процентного вмісту компонентів, що входять до складу ТПВ, за останні 5-8 років виглядає таким чином: зростає відсоток полімерних матеріалів; пакувальний папір частково змінюється полімерними матеріалами; простежується тенденція до збільшення обсягів виробництва алюмінієвих банок для напоїв, і відповідно їх вмісту у складі ТПВ. Останніми роками встановилася стійка тенденція зростання у складі ТПВ тари, упаковки, посуду разового користування з полімерних матеріалів, у тому числі з поліетилентерефталату [6]. На основі літературних даних виявлено, що приблизно 0,1% ТПВ складають небезпечні відходи. На сьогоднішній день ці види відходів збираються разом з іншими ТПВ та захоронюються на полігонах, де вони становлять серйозну небезпеку для довкілля та здоров'я людини. ТПВ містять велику кількість вологих органічних речовин, які, розкладаючись, виділяють гнильні запахи і фільтрат. При висиханні продукти неповного розкладання утворюють насичений забруднювачами та мікроорганізмами пил. В результаті відбувається інтенсивне забруднення ґрунтів, повітря, поверхневих і ґрунтових вод.

## **1.2 Основні властивості твердих побутових відходів (ТПВ), морфологічний склад ТПВ**

Класифікаційний каталог відходів являє собою перелік видів відходів, систематизованих за сукупністю пріоритетних ознак:

- за походженням;
- за агрегатним і фізичним станом;
- за небезпечними властивостями;
- за ступенем шкідливого впливу.

					<i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У низці випадків використовується класифікація відходів за можливістю їхньої утилізації.

Оскільки виробнича діяльність людини пов'язана із задоволенням її потреб, всі відходи, що утворюються, можна принципово розділити на дві великі групи: відходи виробництва та відходи споживання. Відходи виробництва – продукти, які не виробляються цілеспрямовано, а утворюються як побічні при створенні кінцевого продукту. Для кожного виробництва характерний свій вид відходів. До відходів споживання варто віднести відходи, в яких закінчився термін придатності у побуті, а також непотрібні людині продукти або їхні залишки, що утворилися в системі міського господарства.

Залежно від агрегатного стану:

- тверді;
- рідкі;
- газоподібні.

Відповідно до небезпеки впливу на людину й навколишнє середовище ТПВ поділяються на 4 групи:

- надзвичайно небезпечні;
- дуже небезпечні;
- середньої небезпеки;
- малонебезпечні.

Для практичного вирішення питання переробки ТПВ зручно класифікувати їх на 4 групи: 1. органічні; 2. неорганічні; 3. змішані (найбільш складні для переробки); 4. радіоактивні.

За морфологічним та хімічним складом всі відходи поділяються на наступні види.

Ті, що піддаються біодеградації, до яких відносяться харчові, садово–паркові відходи, папір, деревина, деякі види текстилю, що становлять у середньому 60 – 80 % від маси ТПВ. Відходи, що піддаються хімічній деструкції, чорні й кольорові метали, пластмаси. Баластові – каміння, скло,

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будівельні матеріали. Із фракції відходів, що піддаються біодеградації, залежно від швидкості та повноти розкладання, виділяються три основні групи: ті, що швидко розкладаються: харчові відходи, трава, листя; середньої швидкості розкладання: принтерний і лощений папір, офісний і журнальний папір, паперовий посуд, садово–паркові відходи; ті, що повільно розкладаються: целофан, гофрований картон, газети, деревина [7].

**Основні властивості ТПВ, морфологічний склад ТПВ.** Склад і властивості побутових відходів досліджуються за спеціальною методикою з урахуванням нормативно–правової документації та вимог закону України «Про відходи» (додаток). Щільність відходів України становить у середньому 0,19–0,23 т/м<sup>3</sup>. Щільність ТПВ коливається залежно від благоустрою житлового фонду та пори року. Для упорядженого житлового фонду щільність ТПВ у весняно–літній сезон становить 0,18–0,22 т/м<sup>3</sup>, в осінньо–зимовий сезон – 0,2–0,25 т/м<sup>3</sup>, для впорядкованого житлового фонду із пічним – опаленням 0,3–0,6 т/м<sup>3</sup>. Чим більше паперу та різного пластмасового пакування, тим менша щільність ТПВ. Зі збільшенням вологості щільність ТПВ підвищується. У майбутньому щільність ТПВ більших міст за рахунок збільшення кількості різних упакувань знизиться до величини, близької 0,1 т/м<sup>3</sup>. У великих містах Європи й Америки щільність ТПВ близька до цього показника [7], [8].

**Зв’язність і зчеплення.** Папір і картон, текстиль і пластмасові плівки формують структуру ТПВ та надають їм механічної зв’язності. Липкі та вологі компоненти забезпечують зчеплення. Ці властивості ТПВ сприяють зводоутворенню та зависанню на стінках бункерів та стрижнях ґрат. Так, через ґрати 30х30 см ТПВ самотійно не провалюються, і для їхнього проштовхування потрібні додаткові зусилля. На стінках бункерів з кутами 65- 70° відбувається налипання та зависання ТПВ. При тривалому зберіганні ТПВ злежуються, самоущільнюються та втрачають сипкість.

**Компресійні властивості.** Для зменшення загального обсягу ТПВ під час перевезення й складування на полігонах важливо знати їхні компресійні

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

властивості, тобто вплив тиску на ступінь ущільнення. При пошаровому ущільненні на полігонах при питомому тиску, що дорівнює 0,1 МПа, обсяг ТПВ, вивантажених із сміттєвоза, зменшується в 3–4 рази. При пресуванні ТПВ у сміттєвозі при питомому тиску, що дорівнює 0,1 МПа, їхній обсяг зменшується в 1,5–3 рази. При підвищенні питомого тиску до 0,3–0,5 МПа відбувається поломка різного роду пакувань, пресування паперу та плівок, починається видавлювання вологи. Обсяг ТПВ залежно від складу та вологості може бути зменшений як мінімум в 5 разів від первинного, отриманого при зборі ТПВ в контейнерах. Щільність ТПВ при цьому може досягати величини, що дорівнює 0,8 т/м<sup>3</sup> і більше. При підвищенні питомого тиску до 10–20 МПа віджимається 80–90% всієї вологи, що утримується в ТПВ при зборі. При цьому обсяг ТПВ знижується ще в 2–2,5 рази, а щільність підвищується в 1,3–1,7 рази. Спресовані в такий спосіб ТПВ на якийсь час стабілізуються, тому що вмісту вологи в ТПВ недостатньо для активної життєдіяльності мікроорганізмів, а доступ кисню через високу щільність ускладнений. При подальшому підвищенні питомого тиску до 60 МПа відбувається майже повне віджимання вологи, але обсяг практично вже не змінюється. Мікробіологічні процеси в такому матеріалі уповільнюються [7].

**Абразивні та корозійні властивості.** Зіскоблювання третюх поверхонь відбувається за рахунок баластових фракцій (метал, бій скла, фаянсу, кістки й ін.). У зв'язку із цим ТПВ мають абразивність і можуть стирати дотичні з ними поверхні. При контакті з металами ТПВ мають кородуючий вплив, що пов'язаний з їхньою високою вологістю, наявністю у фільтраті розчинів різних солей і кислим середовищем (рН=5–6,5).

**Теплотехнічні властивості.** Наявність у ТПВ великої кількості органічних речовин відповідає за їхню теплотворну здатність. Питома теплоємність основних компонентів ТПВ (у Дж/(кг град.)) наступна: вода – 4190; дерево, картон, папір – 2000–2500; скло, каміння – 800–1000; залізо – 400; алюміній – 860. Теплотворна здатність ТПВ також залежить від їхньої

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



щільності. Так, при зміні щільності від 0,2 т/м<sup>3</sup> до 0,5 т/м<sup>3</sup> теплотворна здатність ТПВ знижується з 2000 до 940 ккал/кг [7,8].

**Санітарно-бактеріологічні властивості.** ТПВ містять велику кількість вологих органічних речовин, які, розкладаючись, виділяють гнильні запахи й фільтрат. При висиханні продукти неповного розкладання утворюють насичений забруднювачами й мікроорганізмами (від 300 до 15 млрд на 1 г сухої речовини) пил. У результаті відбувається інтенсивне забруднення повітря, ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод. Розповсюджувачами патогенних мікроорганізмів є мухи, пацюки, птахи, безпритульні тварини. Морфологічний склад ТПВ значною мірою залежить від кліматичних умов, пори року, часу, що пройшов з моменту їхнього утворення, ступеня благоустрою житла, наявності системи роздільного збору ТПВ, у т.ч. окремих контейнерів для харчових відходів, рівня добробуту мешканців та ін [9].

**Морфологічний склад ТПВ** характеризуються такими основними компонентами: папір; картон; харчові відходи; дерево; метал (чорний і кольоровий); текстиль; шкіра, кістки; полімерні матеріали та інші [7]. Типовий морфологічний склад ТПВ представлений у таблиці 1.1

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 Типовий морфологічний склад ТПВ

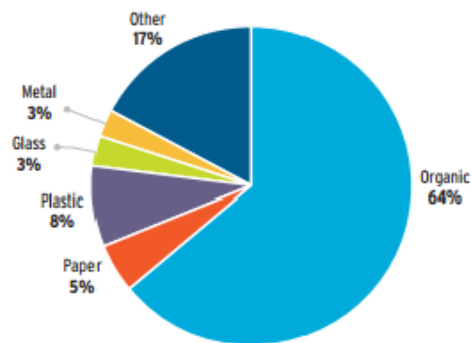
Найменування компонента	Частка фракцій, %		Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Величина фракцій, мм	Тривалість розкладання
	Житловий сектор	Нежитловий сектор			
Харчові й рослинні відходи	54,07		100	100–26	До 2–х місяців
Папір, картон та ін.	7,61		700–100	50–250	До 1 сезону
Дерево	1,0	1,0	180–220	50–250	До 10 років
Текстиль	4,5	3,0	85	250–50	До 10 років
Гума, шкіра	1,8	1,2	65–160	50–150	Іноді більше 100 років
Пластмаса (у т.ч. ПЕТ пляшки)	7,71	11,91	27–40	250–50	Більше 100 років
Скло, кераміка	6,3	10,72	250	250–150	Більше 100 років
Чорні й кольорові метали	2,18/0,25	2,7/2,16	220–280	250–50	До 100 і більше років
Каміння, кераміка	1,5	2,5	770	150–50	–
Кістки	1,0	0,5	50	100–50	До 100 і більше років
Інше сміття	12,66	11,4	770	4–6	–

Морфологічний склад твердих побутових відходів у різних країнах відрізняється, що обумовлено соціально–економічною ситуацією. Оскільки в містах (країнах) з низьким рівнем доходів переважають харчові відходи (40–80%, порівняно, наприклад, з макулатурою (1–20%). У країнах з високим рівнем доходів харчові відходи на рівні 5–60%, а макулатури утворюється 20–45%.

Органічні відходи як глобальна проблема. Ніякий інший вид відходів не сприяє такому поширенню проблем, як органічні відходи. Загалом, органічні відходи складають 63% усіх відходів, вироблених в усьому світі [10].

Органічні відходи - компонент відходів, що підлягає біодеструкції та має біологічне походження. У країнах, що розвиваються, кількість органічних відходів значно перевищує кількість органічних відходів у розвинених країнах, що продемонстровано на рисунку 1.1. [11].

(a) Waste Composition in Low-Income Countries



(b) Waste Composition in High-Income Countries

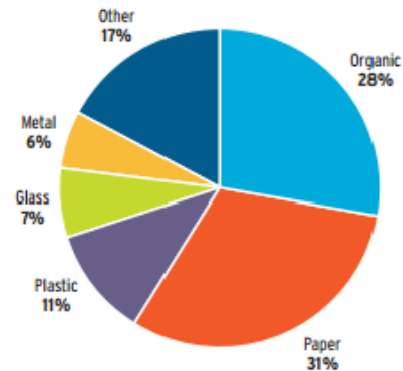


Рис 1.1 Склад ТПВ в країнах, що розвиваються (а), та розвинутих країнах (б) [11]

Розкладання органічних відходів у ґрунті і тілі полігонів обумовлене неприродними умовами, адже вони несуть анаеробний характер, що призводить до того, що органічні відходи в товщі землі або під шарами відходів не можуть розкладатись в повному обсязі, оскільки аеробні бактерії, які можуть здійснювати глибоке окиснення органічних речовин відходів, не здатні виживати без доступу кисню в товщі відходів. Дослідження показало, що впродовж 5-6 років лише менше ніж третина органічних відходів розкладається [12]. Зазвичай в сприятливих природних умовах розкладання органічних відходів це займає менше ніж рік. В результаті штучного створення анаеробних умов, органічні відходи створюють низку екологічних проблем.

Майже всі види органічних відходів можуть бути перероблені у цінні продукти за використання певних технологій.

### 1.3 Характеристика органічної фракції твердих побутових відходів

Враховуючи, що органічні речовини - це природні ресурси, їх утилізація може відбуватися як в реальних умовах природного середовища, так і з використанням методів, що використовують принципи перетворення органічної речовини в природних циклах.

Однієї загальноприйнятої класифікації органічних відходів не існує, але можна виконати умовний їх поділ за окремими видами. До основних категорій відносяться:

- вуглеводовмісні відходи (у їх число входять відходи овочів та фруктів, рослин, а також відходи харчової промисловості);
- перегній (вони включають в себе продукти переробки продуктів харчування дрібного та крупнорогатої худоби, птахів та інших тварин);
- відходи, що містять целюлозу (у склад цього виду відходів входять продукти текстильної галузі, підприємства, що займаються переробкою зерна, целюлозно-паперової та лісозаготівельної промисловості);
- речовини, отримані в процесі біологічного очищення водного масиву.

Більшу частину органічних відходів звалищ складають відходи побуту, які відносяться до твердих або напівтвердих форм відходів.

Кількість та склад твердих органічних відходів залежить від місця розташування джерела відходів, соціально-економічних факторів, погоди та доступності води. Тому, узагальнені дані з літератури не можливо легко застосовувати до конкретного випадку.

Тверді органічні відходи, що утворюються в результаті діяльності людини, включають в себе побутові та деякі промислові категорії.

В таблиці 1.2 показано порівняльний склад твердих побутових відходів деяких країн що розвиваються і розвинених країн.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 Склад твердих побутових відходів деяких країн що  
розвиваються і розвинених країн

	Тайланд	Єгипет	Великобританія	США
Продовольчі відходи (органічні)	63.6	70	17.6	9
Папір та картонний папір	8.2	10	36.9	40
Метали	2.1	4	8.9	9.5
Скло	3.5	2	9.1	8
Текстиль	1.4	2	2.4	2
Пластмаси і гума	17.3	1	1.1	7.5
Інше (горюче)	3.2	10	21.9	4
Інше (негорюче)	0.7	1	3.1	20
Насипна щільність кг/л	0.28	-	0.16	0.18

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відсоток продовольчих відходів (органічних речовин) становить 60-70% для країн, що розвиваються (Таїланд та Єгипет). З іншого боку, папір і картон здебільшого виробляється у великій кількості в розвинених країнах.

Оскільки органічна фракція твердих побутових відходів підлягає переробці (наприклад, через компостування та анаеробне зброджування), сировина повинна збиратись у екологічних, енергетичних та економічних цілях окремо.

Всі органічні відходи промисловості, використовувані на добрива, можна розділити в основному на три групи.

**Відходи, що вимагають компостування.** До цієї групи належать відходи, небезпечні в санітарно-гельмінтологічному, ентомологічному та санітарному відношенні. У цю групу входять канига, відходи від пера, пуху, лушпиння насіння олійних культур, журавлинна і яблучна макуха, вичавки з винограду, винні опади.

**Відходи, що вимагають завчасного внесення в ґрунт.** До числа цих відходів відноситься м'якоть і мезга, шрот з виноградних зерен, відходи щетинних фабрик, підмети вовняних цехів, зрізи від фетрових виробів, вовняні відходи і вовняний пил. Як правило, це відходи з високим співвідношенням вуглецю до амонійного азоту. При внесенні їх у ґрунт перед посівом спостерігається тимчасове біологічне закріплення доступного азоту ґрунту мікроорганізмами, що призводить до азотного голодування рослин і навіть зниження врожайності. Тому їх застосовують задовго до посіву.

**Відходи, придатні для добрива без обмежень.** До цієї групи належать свинячий і яловичий шлям (відходи боєнь), сирі рибні відходи, міздря, відходи клейтукового виробництва, рогова стружка, шовковична лялечка, шовковий пух, екскременти шовкопрядів, тютюновий і махорковий пил, тютюнове листя після вилучення нікотину, шрот рицини, бавовняний, ріпакова, свиріпова макухи [13].

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ ФРАКЦІЇ ТПВ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ

### 2.1 Загальні відомості про біологічні методи переробки ТПВ

Загальні дані щодо можливих біотехнологічних методів переробки органічних відходів наведені в Таблиці 2.1. У ній не враховані такі специфічні відходи, як деревні будівельні матеріали, пластик та полімерні вироби, які легше переробити фізичними та фізико-хімічними методами і повторно використовувати для отримання різних продуктів.

Матеріали з додаванням відходів, що рециркулюються дешевше, при їх виробництві знижуються енерговитрати і одночасно зменшується кількість новостворених відходів. Дані відходи можуть бути також перероблені біологічними способами, такими як біомодифікація, біодеструкція, отримання біопластика і полімерних матеріалів, що підлягають біодеструкції і біологічна девулканізація.

					<i>МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	<i>Нагорняк Т.А</i>				<i>ХАРАКТЕРИСТИКА ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ ФРАКЦІЇ ТПВ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Конс.							22	
Керівн.	<i>Зцдченко Л.С.</i>					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп</i>		
Затверд.	<i>Зцдченко Л.С.</i>							

Таблиця 2.1 Біотехнологічні способи знешкодження або переробки  
органічних відходів

Органічні відходи	Спосіб біологічної переробки
1	2
Рослинні відходи	Компостування, вермикомпостування, силосування, метанове зброджування в анаеробних біореакторах, біомодифікація, отримання білка одноклітинних організмів, отримання біопалива, делігніфікація, вирощування грибів
Відходи, багаті розчиненою органікою(вуглеводами, жирами, білками)	Отримання харчових продуктів, кормового білка одноклітинних організмів, біопалива та інших продуктів мікробіологічної та ферментативної переробки, метанове зброджування в анаеробних біореакторах
Тверді білок і жиромісні відходи, осадові дріжджі	Отримання харчових і кормових добавок, компонентів біологічного походження, біологічно активних речовин, різних продуктів мікробіологічної переробки, метанове зброджування в анаеробних біореакторах, отримання орґано- мінеральних добрив



Гній і пташиний послід, підстилка	Компостування, вермикомпостування, метанове зброджування в анаеробних біореакторах, отримання орґано- мінеральних добрив, переробка в кормові добавки
Осади і активний мул очисних споруд	Метанове зброджування в метантенках та септитенках,  компостування, вермикомпостування, аеробна стабілізація, витримування на мулових майданчиках, отримання  орґано-мінеральних добрив
ОФ-ТПВ	Компостування, вермикомпостування, захоронення на санітарних полігонах і полігонах- біореакторах, метанове зброджування в анаеробних біореакторах

Як видно з таблиці, для переробки різних органічних відходів найбільш широко використовуються мікробіологічні процеси.

Здатність мікроорганізмів і їх ферментів розкласти складні органічні відходи, трансформувати природні і антропогенні полімери лежить в основі отримання багатьох корисних продуктів мікробіологічного синтезу і переробки відходів. Методи екобіотехнології застосовують для переробки вуглевод, білок-і жировмісних рідких відходів, рослинної біомаси, ОФ-ТПВ, ОСВ та ін.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш великомасштабні промислові мікробіологічні процеси переробки органічних відходів включають:

- отримання кормових продуктів, збагачених мікробним білком або в загальному випадку білком одноклітинних організмів;
- силосування;
- компостування;
- анаеробну ферментацію (зброджування);
- біоконверсію в паливо (в етанол, отримання біогазу - метанове зброджування в анаеробних реакторах, пряма конверсія в тепло) [14].

В даний час для переробки ОФ-ТПВ використовують вермикомпостування за допомогою дощових (земляних) черв'яків і такі мікробіологічні процеси, як компостування, захоронення на санітарних полігонах і полігонах-біореакторах, метанове зброджування в анаеробних біореакторах. Метою і кінцевим продуктом біотехнологічної переробки ОФ-ТПВ є отримання корисних продуктів, в першу чергу добрив [15].

## 2.2 Визначення поняття компостування

Було представлено визначення компостування [16], як біологічне розкладання і стабілізацію органічних субстратів в умовах, що дозволяють розвивати термофільні температури в результаті біологічно виробленого тепла, з кінцевим продуктом, достатньо стійким для зберігання та застосування без шкоди для людей та будь-яких екологічних наслідків. Інше визначення відносить компостування до контрольованого аеробного процесу, що реалізується за використання мікробних популяцій, що поєднують обидва режими: мезофільний і термофільний, що призводить до утворення CO<sub>2</sub>, води, мінералів та стабілізованої органічної речовини.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як правило, компостування застосовується для твердих і напівтвердих органічних відходів, таких як тваринний гній, сільськогосподарські залишки та муніципальні відходи, в яких суцільний вміст твердої речовини зазвичай перевищує 5%.

Аеробне компостування - це розкладання органічних відходів у присутності кисню (повітря); кінцевими продуктами біологічного обміну є вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ),  $\text{NH}_3$ , вода та тепло.

Анаеробне компостування представляє собою розкладання органічних відходів за відсутності кисню; кінцевими продуктами є: метан ( $\text{CH}_4$ ),  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  і велика кількість інших газів та інших низькомолекулярних органічних кислот.  $\text{NH}_3$  далі окислюється до нітрату ( $\text{NO}_3^-$ ) нітрифікуючими бактеріями під час дозрівання.

Аеробне компостування є найефективнішою технологією для стабілізації великої кількості органічних відходів.

Слід зазначити, що, на відміну від очистки стічних вод, в компостуванні терміни "аеробні" і "анаеробні" мають відносні значення. Вони просто вказують, які умови переважають у процесі. Оскільки матеріали є неоднорідними та громіздкими за характером, в компостній купі, там завжди існує як "анаеробний" процес, так і "аеробний".

Деякі компостуючі процеси, наприклад такі які відбуваються в компостних ямах, процеси, що спочатку були аеробними, стають анаеробними на пізніх етапах компостування.

Компостування також можна розділити за режимами експлуатації, тобто до періодичної і безперервної або напівперервної роботи.

Іншими словами, компостування – це технологія, призначена для перетворення органічних твердих відходів в стабільний, подібний гумусу продукт, який в основному використовується для поліпшення складу ґрунту. Як біохімічний процес він лімітується мікробними популяціями і факторами

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зовнішнього середовища. Теоретично аеробні процеси, що протікають в тілі ТПВ в присутності повітря, можна представити в наступному вигляді.

На першій стадії шляхом біохімічного розщеплення (гідролізу) високомолекулярні сполуки розкладаються на низькомолекулярні. Друга стадія характеризується окисненням глюкози. Глюкоза може бути повністю окислена до отримання вуглекислого газу і води при аеробних умовах з виділенням тепла в кількості 688 Ккал/моль глюкози - складової частини целюлози.

При цьому весь процес можна умовно описати таким чином. Перша стадія характеризується прискореним розвитком мезофільних мікроорганізмів, які в результаті їх життєдіяльності виділяють тепло і розігрівають ТПВ до температури 25-35 °С. При досягненні цієї температури створюються оптимальні умови для розвитку термофільних мікроорганізмів. При цьому процесам життєдіяльності мікроорганізмів сприяють:

- наявність вологи; оптимум 45-60% здійснюється за рахунок додаткового зрошення;
- наявність кисню у всіх точках середовища ТПВ; здійснюється за рахунок пористості ТПВ та його перемішування в штучних умовах біобарабанів;
- при додатковій подачі повітря в кількості 0,25 (взимку) і 0,8 (влітку) м<sup>3</sup>/кг ТПВ на годину;
- зменшення втрат тепла; здійснюється за рахунок термоізоляції;
- збільшення питомої поверхні; здійснюється за рахунок вилучення з ТПВ великогабаритних фракцій і подрібнення.

За оптимальних умов перша стадія може тривати 1 - 3 дні. Друга стадія характеризується прискореним розвитком термофільних мікроорганізмів і виділенням тепла в результаті розкладання більш широкого

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спектру органічних речовин. При цьому за рахунок великого виділення тепла температура в середовищі ТПВ піднімається до 60-75°C. Така температура згубна для патогенних мікроорганізмів. Ця особливість аеробного мікробіологічного процесу розігрівати ТПВ в короткі терміни використовується для їх знезараження.

Поряд з температурою важливим знезаражувальним фактором є антибіотики, які продукують мезофільні і термофільні мікроорганізми. Антибіотики пригнічують розвиток патогенних мікроорганізмів і викликають їх загибель. Третя стадія характеризується повільним падінням температури в середовищі ТПВ, що свідчить про використання органічних сполук, що розкладаються. На цій стадії термофільні мікроорганізми частково відмирають або зберігаються у вигляді спор. При падінні температури в середовищі ТПВ до 20 – 300 ° С мезофільні мікроорганізми знову починають активно розмножуватися. При цьому вони мають більш різноманітну і потужної ферментативної системою, за допомогою якої розкладаються більш стійкі органічні сполуки (наприклад, лігнін та ін.). При компостуванні ТПВ відбувається не тільки розкладання органіки, а й її синтез з утворенням гумінових сполук, що поліпшують якість органічних добрив. Ефект аеробного знезараження в процесі компостування доведений наочно. Знезараження при компостуванні ТПВ можна здійснювати як на відкритих польових майданчиках, так і в умовах сміттєпереробного заводу в біобарабанах [17].

Проведені дослідження дозволяють констатувати, що компостування являє собою динамічний мікробіологічний процес, який відбувається завдяки активності мікроорганізмів різних груп: бактерій, актиноміцетів, грибів, дріжджів та ін. Вивчення популяції бактерій, грибів і актиноміцетів, що беруть участь у компостуванні, було проведено низкою дослідників. З'ясовано, що домінуючою формою мікроорганізмів є мезофіли. До 90 % їх кількості належить до бацил, різно пігментних бактерій і оліготрофів [18; 19].

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На початку компостування переважають аеробні бактерії, у наступних стадіях чисельність бактерій знижується [20].

Склад компосту варіює у широких межах і переважно відображає компоненти готового компосту використаної органічної сировини: органічні речовини 25,0-80,0 % с.р.; вуглець 8,0—50 % с.р.; азот 0,4-3,5 % с.р.; фосфор 0,1 - 1,6 % с.р.; калій 0,4-1,6 % с.р.; кальцій (у вигляді СаО) 0,7-1,5 % с.р. [21]

Отриманий компост можна використовувати:

- як добриво:
- у сільському господарстві;
- у лісному господарстві;
- у зеленому будівництві;
- для рекультивації земель;
- як паливо з попереднім брикетуванням; брикетування треба

проводити за стандартними технологіями, які включають попередню сушку компосту до вологості від 3% до 8% та оброблення на пресі [21].

Застосовуються компости в якості добрива з метою покращення мінерального живлення рослин, для прискорення росту сільськогосподарських культур та декоративних деревних порід. Недоліками компостування органічної складової ТПВ є значний проміжок часу, який потрібний для отримання компосту з відходів (від кількох місяців до року), трудоемкість і багатоопераційність процесу, наявність виробничих площ для розміщення компостних штабелів та забруднення середовища. У населених пунктах України на промисловому рівні не впроваджене компостування органічних побутових відходів. Компостуванням займаються самостійно жителі на території приватних будинків [7].

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 Огляд існуючих технологій компостування

На сьогоднішній день існує 3 основних технології промислової переробки харчових і садових відходів: рядкове компостування, компостування в закритих реакторах, анаеробна переробка. Для перших двох необхідний кисень, для третього – відсутній. У міру того, як ускладнюється технологія переробки, ростуть витрати, але також ростуть можливості технології і цінність матеріалу на виході.

### 2.3.1 Польове компостування (windrow composting)

Польове компостування є найпростішим способом знешкодження і переробки ТПВ. Якщо на полігонах знешкодження протікає протягом 50–100 років, то при польовому компостуванні цей процес відбувається за 6–18 місяців залежно від кліматичних умов.

Компостування – складний біологічний процес, що супроводжується інтенсивним виділенням тепла. Органічні речовини, що легко гниють, розкладаються з утворенням рухливих форм гумінових кислот, добре засвоюваних рослинами. У результаті компостування синтезується гумус, який є основним компонентом ґрунту. В основі отримання компосту лежить процес амоніфікації під впливом бактерій аеробів. У свою чергу амоніфікація є процесом розкладання органічних сполук ТПВ з виділенням аміаку. Тому при компостуванні ТПВ втрачають до 20% (по вазі) органічних речовин.

Розкладання органічної речовини ТПВ, що ініціюється аеробною мікрофлорою, вимагає постійного притоку кисню і відведення газоподібних продуктів окислення, у тому числі вуглекислого газу. Накопичення вуглекислого газу, знижуючи окислювальний потенціал, може гальмувати процес. Тому в ТПВ повинне підтримуватися певне співвідношення вуглецю й азоту ( $C:N=25:30$ ). В процесі компостування зниження ваги органічної речовини складає 20% ваги.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Компостування ТПВ проводиться на майданчиках, розташованих поряд з полігонами. Найпростіша технологія компостування полягає у складуванні штабелями – розташуванні паралельними рядами з проїздом між ними 3 м.

Ширина основи і висота варіюються залежно від кліматичних умов. Для запобігання виплоду мух, усунення запахів і зменшення теплообміну між штабелями і повітряним середовищем їх покривають шаром землі або торфу заввишки 15–20 см. У штабелях весінньо–літньої

закладки в результаті протікання аеробного компостування протягом перших 15–20 днів відбувається саморозігрівання штабеля до 60–70°C; потім протягом 2–4 місяців температура тримається на рівні 40–45°C, а надалі знижується до 30–35°C. Через 10 місяців "горіння" температура встановлюється на рівні 14–18°C і тримається до наступної весни.

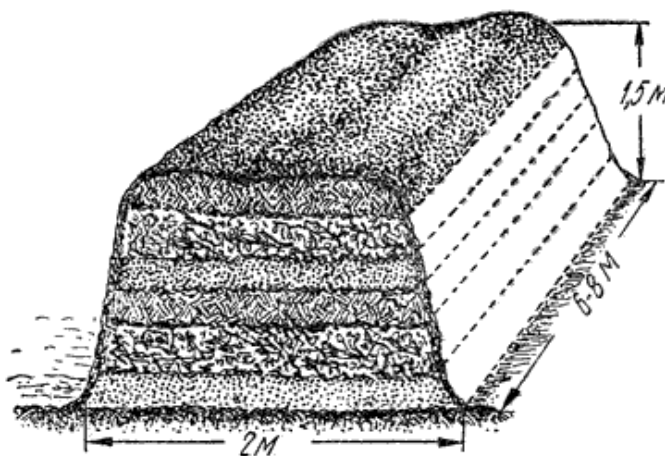


Рис 2.1 Штабель компостування

Тривалість компостування ТПВ у штабелях, що рекомендується приймати від 12 до 18 місяців. При регулярному перелопачуванні і зволоженні штабелів термін може бути істотно зменшений. У процесі компостування інтенсивно знижується вологість відходів. Для забезпечення активізації процесу разом з перелопачуванням і примусовою аерацією матеріал слід зволожувати. Отриманий компост очищається від баластних

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



фракцій: скла, каміння, металу з використанням установки для механізованого сортування.

Для підготовки відходів для польового компостування необхідно видалити неорганічні домішки шляхом механічного або ручного сортування. Типова установка для механізованого сортування містить магнітний сепаратор, віброгрохот і транспортери. Іншим варіантом технології польового компостування є попереднє дроблення ТПВ перед укладанням в штабелі, яке здійснюється за допомогою дробарок. У цьому випадку вихід компосту збільшується, а кількість відходів знижується.

Досконаліша технологія польового компостування здійснюється на спеціальних секційних майданчиках із водонепроникною основою (бетонні плити), обладнаних грейферним краном, що здійснює формування і перелопачування штабелів. На майданчиках є дробильно-сортувальне відділення, обладнане приймальним бункером з пластинчатим живильником, магнітним сепаратором для відбору металолому, системою стрічкових транспортерів, циліндровим гуркотом, дробаркою для компосту.

Для аерації ТПВ в штабелях прокладають перфоровані повітряводи, сполучені з вентилятором. Майданчики містять також систему поливу і пожежогасіння. Для ліквідації великого відсіву баластних фракцій майданчики можуть містити сміттєспалювальні або піролізні установки невеликої продуктивності; при їх відсутності баласт вивозиться на полігон.

Для невеликих міст (до 200 тис. жителів) такі майданчики компостування є реальною альтернативою полігонам ТПВ. Компостування в максимальному ступені відповідає природному кругообігу речовин, забезпечуючи знешкодження й утилізацію ТПВ.

Біологічне знезараження ТПВ при компостуванні здійснюється таким чином. За наявності вологи і кисню в середовищі ТПВ розвиваються аеробні бактерії. Спочатку розвивається група мезофільних бактерій аеробів, які розщеплюють деякі органічні сполуки. При цьому виділяється енергія, яка розігріває ТПВ до 20–35°C. Після первинного розігрівання в середовищі

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТПВ починає активно розвиватися група термофільних бактерій аеробів, які здатні розщеплювати більш стійкі органічні сполуки. Енергія, що виділяється при цьому, розігріває ТПВ до 60°C і більш. Така температура згубна для патогенних мікроорганізмів. Так, збудники туберкульозу гинуть при температурі 55–60°C за 5–60 хвилин, тифу – при цій же температурі за 5–30 хвилин, дизентерії – за 60 хвилин, холери – за 60–80 хвилин. У результаті забезпечується знешкодження біопалива і компосту.

Потім відбувається повільне зниження температури при скороченні кількості термофілів, які переходять в спороподібний стан; знов розвиваються мезофільні мікроорганізми. Зниження температури вказує на те, що рухомі сполуки органічної маси в основному засвоєні. У цій фазі працюють амоніфікуючі 39 мікроорганізми.

На завершальному етапі процесу компостування розвиваються мікроорганізми, які розкладають целюлозу. Для успішного перебігу процесу компостування необхідне дотримання наступних умов: вологість ТПВ повинна бути не менше 50–60% ваги; вміст харчових відходів – не менше 25–30% ваги; відношення C:N в ТПВ – 25:30. За кордоном є немалий досвід із переробки ТПВ у компости. Доведено позитивний вплив багаторічного внесення компостів із ТПВ на властивості ґрунту, на накопичення органічних речовин і водостійких структурних агрегатів, на поліпшення інших агрохімічних і біологічних властивостей [7].

При польовому компостуванні ТПВ, що доставляються на польовий майданчик, розвантажують в приймальний бункер або вирівняну площадку. Бульдозером, грейферним краном або спеціальними машинами формують штабелі, в яких відбуваються процеси аеробного компостування. Висота штабелів залежить від методу аерації матеріалу і може перевищувати 2,5 м. Між штабелями залишають відстань 3–6 м для проїзду.

Для запобігання розсіювання легких фракцій сміття, інтенсивного розмноження мух і усунення неприємного запаху поверхню штабеля

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вкривають шаром торфу, зрілого компосту або ґрунту товщиною близько 0,2 м.

Тривалість знешкодження ТПВ на майданчиках компостування від 1 до 6 міс. в залежності від використовуваного обладнання, прийнятої технології і сезону закладки штабелів.

У свою чергу, категорію «рядковий компостування» можна розбити на підкатегорії:

1) компостні ряди, що перемішуються механічним способом (для забезпечення доступу кисню);

- Продукт на виході: компост
- Витрати на створення компосту (США, 2010р.): \$ 15- \$ 40/т
- Тривалість компостування:  $\approx$  3 місяці
- Діапазон температури: 10-55 ° С, що дозволяє позбавлятися від патогенних речовин, личинок і бур'янів.

Перевагами є те, що витрати мінімальні в порівнянні з іншими технологіями; у разі позапланового збільшення сировини, що надійшла, ряди можуть бути збільшені.

Недоліками являється те, що не можна переробляти велику кількість харчових відходів (багатих азотом), потрібна велика кількість матеріалу, багатого вуглецем (наприклад, листя, гілки); можуть утворюватися анаеробні ділянки в рядах через складність проходу кисню, що веде до проблем з запахом від бази компостування і виділенню метану в атмосферу; проблеми з запахом від компостної бази, якщо строго не дотримуються всіх правил компостування: співвідношення азоту і вуглецю, надлишки опадів призводять до вимивання цінних речовин з матеріалу, забруднюють компост і порушують процес розкладання речовини.

2) компостні ряди, що аеруються (подача кисню через труби всередині ряду);

- Продукт на виході: компост
- Витрати на створення компосту (США, 2010р.): \$ 25- \$ 60/т

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Тривалість компостування:  $\approx 3$  місяці
- Діапазон температури:  $10-55^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє позбавлятися від патогенних речовин, личинок і бур'янів.

Перевагами є те, що ця технологія озволяє переробляти великі обсяги харчових відходів, ніж перший вид компостування;

Недолік - це дорожче, ніж перший тип рядкового компостування.

3) ряди з синтетичним накриттям, що аеруються (для підтримки необхідного рівня вологості і стабілізації температури).

- Продукт на виході: компост
- Витрати на створення компосту (США, 2010р.): \$ 55- \$ 65/т
- Тривалість компостування:  $\approx 2-4$  місяці
- Діапазон температури:  $10-55^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє позбавлятися від патогенних речовин, личинок і бур'янів.

Перевагами є те, що немає проблем з контролем запаху з компостній бази; порівняно простий контроль за рівнем вологості.

Недоліками технології є те, що вона дорожче, ніж перший і другий типи рядкового компостування та після закінчення активної стадії будь-якого з трьох наведених типів компостування, починається стадія визрівання (curing phase), яка триває 3-6 тижнів. Далі матеріал просівається для видалення сторонніх елементів (пластик, скло і т.д.).

### 2.3.2 Компостування в закритих реакторах (In-Vessel composting)

Аеробне компостування в біобарабанах характеризується трьома фазами, які послідовно розвиваються в часі: фазою наростання температури, стаціонарної фазою високих температур і фазою падіння температури.

Перша з них характеризується посиленням розмноження мезофільних мікроорганізмів, оптимальна температура розвитку яких становить  $25-30^{\circ}\text{C}$ . Джерелом енергії для бактерій служать легко розкладаються органічні сполуки, що містяться, в основному, в харчових відходах (цукор, органічні

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кислоти, білки). В процесі їх життєдіяльності виділяється теплова енергія, яка сприяє нагріванню маси до температур понад 50 °С.

Друга фаза характеризується розвитком термофільних бактерій, в результаті життєдіяльності яких збільшується виділення тепла, прискорюються процеси переробки ТПВ в компост (підвищення температури на кожні 10° С інтенсифікує мікробіологічні процеси в 2-3 рази).

Третя фаза - повільне падіння температури - свідчить про вичерпання легкорозкладаємих органічних сполук. На цій стадії термофільна мікрофлора переходить в стан спор, частково видмираючи, а мезофільна - починає знову розмножуватися завдяки тому, що має більш різноманітну і потужну ферментативну систему, за допомогою якої розкладаються більш стійкі органічні сполуки (клітковина і лігнін). При знешкодженні побутових відходів відбувається не тільки розпад органічної речовини, але і його синтез, тобто освіту гумінових сполук, полегшує якість органічного добрива. У циклі аеробного біотермічного компостування вміст органічної речовини в матеріалі знижується (по сухій масі) на 16-26%. Досвід експлуатації показав, що під час доставки на завод ТПВ з температурою вище +5 °С їх знешкодження і переробка виконується в біобарабанах за дві доби. При надходженні ТПВ з температурою менш +5 °С для їх знешкодження і переробки потрібно до 3-х діб. Необхідною умовою знешкодження ТПВ в біобарабанах є експозиція маси не менше 12 годин при температурі понад 50 °С.

Необхідна для біотермічного процесу мікрофлора є в необхідній кількості в ТПВ. Активізацію її життєдіяльності забезпечують за рахунок перемішування ТПВ при обертанні біобарабанів і аерації маси. Використовують два режими обертання біобарабанів: обертання протягом 12 годин зі швидкістю 1,1 об/хв, що забезпечує завантаження і вивантаження, і подальше обертання в інші 12 годин з швидкістю 0,2-0,3 об/хв, що забезпечує перемішування маси. Недоліком першого режиму обертання є підвищена енергоємність процесу, що є наслідком невідповідності продуктивності

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

біобарабанів продуктивності подальшого в технологічному ланцюгу обладнання.

Для забезпечення оптимальних умов життєдіяльності аеробної мікрофлори в біобарабани необхідно подавати повітря з розрахунку 0,2-0,6 м<sup>3</sup> на 1 кг ТПВ. У процесі аеробного розкладання виділяються діоксид вуглецю і вода.

Біотермічне аеробне компостування може супроводжуватися вогнищевим анаеробним процесом. Анаеробні явища можуть бути пов'язані з недостатньою аерацією окремих зон біобарабанів або тривалим складуванням ТПВ до їх подачі в біобарабани. В процесі анаеробного розкладання виділяється індол, скатол і сірководень.

Аерація поряд з інтенсивним перемішуванням і подрібненням матеріалу сприяє ліквідації анаеробних зон. Аерація сприяє зниженню вологості матеріалу, що важливо для подальшого просіювання, сепарації і дроблення компосту, які найбільш ефективно здійснюються на матеріалі з вологістю не більше 50%.

В зимовий період з метою зниження втрат тепла в біобарабани подають мінімальну кількість повітря - 0,2-0,3 м<sup>3</sup> на 1 кг матеріалу, що переробляється, а в осінній період - подачу повітря збільшують до 0,3 м<sup>3</sup> на 1 кг матеріалу.

В процесі знешкодження органічної фракції ТПВ в біобарабанах збільшується її щільність за рахунок стирання паперу, картону та харчових відходів. У біобарабан надходять ТПВ щільністю 160-230 кг/м<sup>3</sup>, а у розвантажувальному торці їх щільність досягає при 2-х добовому циклі переробки 800 кг / м<sup>3</sup>. Середня щільність маси, що знаходиться в біобарабані, становить 540 кг / м<sup>3</sup>.

Збільшення тривалості перебування маси в біобарабанах призводить до суттєвого підвищення щільності, що досягає 1000 кг / м<sup>3</sup>.

При вивантаженні з біобарабана збільшується пористість маси, і її щільність знижується до 500 кг / м<sup>3</sup>.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічний процес переробки ТПВ повністю механізований і керують їм з центрального пульта управління. Біотермічний процес знешкодження відходів відбувається завдяки активному росту термофільних мікроорганізмів в аеробних умовах. Маса відходів сама розігрівається до температури 60 С°, при якій хвороботворні мікроорганізми, яйця гельмінтів, личинки і лялечки мух гинуть і маса відходів знешкоджується.

Щодня біобарабан завантажується мінімум на ½ корисного об'єму свіжими відходами та одночасно розвантажується. Таким чином, свіжі відходи, що завантажуються в барабан, потрапляють в середу з активним біотермічним процесом, що скорочує цикл їх компостування до 1 доби. Пропускна здатність кожного біобарабана до 34 тис. тонн / рік.

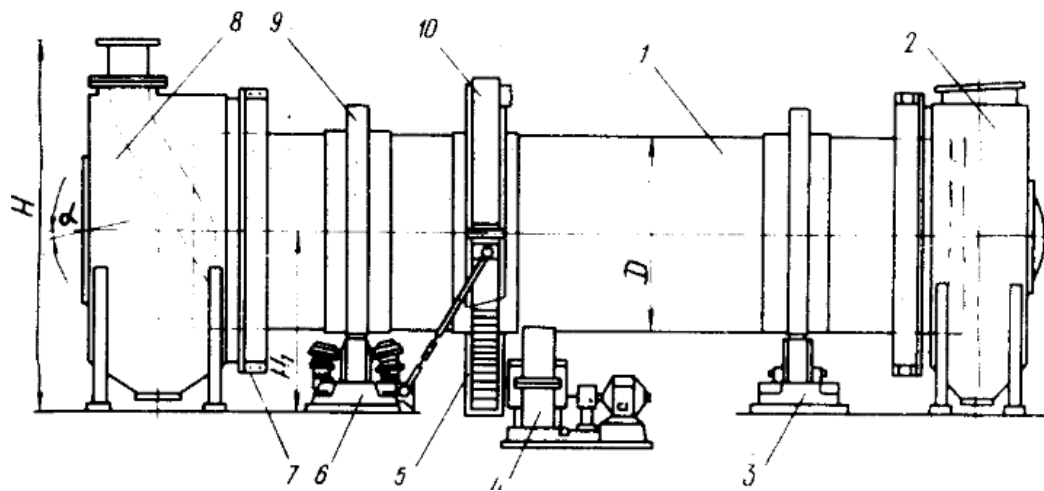


Рис. 2.2 Конструкція барабана

Біобарабан виконує практично дві функції: забезпечення в масі необхідного біотермічного процесу і механічне перемішування відходів.

Біобарабани застосовуються в умовах обмеженості земельних ресурсів. Аерація (постачання киснем) здійснюється за допомогою подачі гарячого повітря. Відсіки зазвичай мають розміри 2 м в діаметрі.

Продукт на виході: компост

Витрати на створення компосту (США, 2010р.): \$ 80- \$ 110 / т

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Тривалість компостування: 4-10 тижнів (1-3 активна стадія, 3-6 тижнів - стадія визрівання)

Переваги методу це порівняно швидкий процес компостування; не потрібно великої території; можна переробляти більшу кількість відходів, ніж при рядковому компостуванні; немає проблем з контролем запаху; хороша аерація процесу (не допускається утворення анаеробних ділянок).

Недолік - дорожче ніж рядкове компостування.

Для проведення процесу компостування в даній роботі був обраний метод компостування в закритому реакторі (біобарабані) через найбільше ефективність та відсутність суттєвих недоліків [22],[23].

### 2.3.3. Вибір та обґрунтування обраної технології

На основі літературного огляду для переробки органічної фракції була обрана технологія компостування в біобарабані. Дана технологія дозволяє досягти високоефективного компостування за коротку тривалість процесу.

Для прискорення процесу компостування у біобарабані сировина попередньо подрібнюється, більш того, неперервне протікання процесу дозволяє підтримувати стабільну температуру, а відповідно активність мікроорганізмів.

В загальній технології використовується вторинна сировина в якості відсортованого пластику, який потрапляє на переробку шляхом швидкісного піролізу. Утворений мазут відправляється на реалізацію, а утворені гази та твердий залишок з піролізного реактору використовуються для підготовки теплового агенту сушіння пластику.

За рахунок запропонованих рішень досягається здешевшення кінцевого продукту, також використання піролізного газу та вугілля виключає необхідність їх очищення чи утилізації.

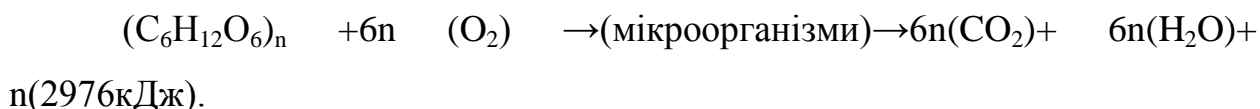
					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 3. МІКРОБІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ КОМПОСТУВАННЯ

#### 3.1 Основні хімічні процеси, що лежать в основі компостування

Аеробні біохімічні реакції, що протікають при компостуванні, можна представити в загальному вигляді:



Як видно з реакції, целюлоза окислюється до вуглекислого газу і води при аеробних умовах. Перероблені таким чином відходи вступають в природний кругообіг речовин в природі за рахунок їх знешкодження і перетворення в компост.

Кубарева О. Г. та співавтори, вивчаючи мікробіологічні процеси, що відбуваються в компостах, приготованих з різного органічної сировини, прийшли до висновку, що зміна агрохімічних показників якості компостів і накопичення поживних речовин тісно пов'язане з мікробіологічною активністю [24].

З точки зору мікробіології, компостування - це екзотермічний процес біологічного окислення, в якому органічний субстрат піддається аеробного біодеградації змішаною популяцією мікроорганізмів в умовах підвищеної температури і вологості. Ця спонтанна популяція мікрофлори визначає якість і швидкість дозрівання компостів [25].

У процесі компостування при розкладанні посліду або гною, які мають певний склад, в певних умовах (температура, вологість,

					МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	МІКРОБІОЛОГІЧНІ ТА БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ КОМПОСТУВАННЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Нагорняк Т.А						40	
Конс.						КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп		
Керівн.	Зцдченко Л.С.							
Затверд.	Зцдченко Л.С.							

концентрація речовин, рН, вміст токсинів) виділяються 2-4 домінуючих види мікроорганізмів, які здійснюють процес розкладання органічної речовини. При цьому, якщо змінити умови, то з'являються інші і види мікроорганізмів, отже, внесення додаткової кількості попередньо виділених мікроорганізмів-деструкторів на початковій стадії компостування навряд чи може сильно підвищити швидкість процесу, але, за твердженням П. Фоструп, більша концентрація мікроорганізмів дає більш швидкий старт, що може бути важливим для прискорення компостування [25,26].

Процес компостування можна умовно розділити на 4 стадії:

1. мезофільна;
2. термофільна;
3. охолодження;
4. дозрівання.

У період мезофільної стадії мікроорганізми починають досить швидко розмножуватися, температура відходів поступово підвищується до 40 ° С і середовище підкислюється через утворення органічних кислот [25].

При розкладанні амінокислот білків мікроорганізмами *Bacillus cereus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium sporogenes* азот звільняється у вигляді аміаку (так званий процес амоніфікації (мінералізації) азоту), а з сірки, що міститься в білках утворюються сірчисті сполуки. Шляхи внутрішньоклітинного або позаклітинного розщеплення амінокислот можуть бути різними. В принципі, можливі такі процеси :

а) дезамінування:  $R-CH_2CHNH_2-COOH \rightarrow R-CH=CHCOOH + NH_3$

б) окислювальне дезамінування:  $R-CHNH_2-COOH + 1/2O_2 \rightarrow R-CO-COOH + NH_3$

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в) відновне дезамінування  $R-CHNH_2-COOH + 2H \rightarrow R-CH_2-COOH + NH_3$

г) декарбоксилування:  $R-CHNH_2-COOH \rightarrow R-CH_2NH_2 + CO_2$

Як впливає з цих даних, в процесі перших трьох реакцій виділяється аміак, при декарбоксилуванні виділяється діоксид вуглецю [24,27].

Вуглець використовується мікроорганізмами для отримання енергії, а азот - для побудови структури клітини, оптимальне співвідношення вуглецю та азоту в матеріалі для компостування становить 30:1. Якщо на початку процесу компостування співвідношення вуглецю і азоту значно перевищує 30:1, то компостування відбувається повільно, якщо співвідношення вуглецю менше, ніж це необхідно для перетворення азоту білка, то цей вуглець витрачається, а залишкова кількість азоту виділяється у вигляді аміаку. У разі досягнення певного оптимуму в співвідношенні вуглецю і азоту бактерії та інші мікроорганізми розвиваються добре і втрати азоту мінімальні [26].

Зміна рН середовища також є результатом хіміко-мікробіологічних перетворень. Аміак, який утворюється в гної при окисненні органічних речовин, досить швидко окиснюється в азотисту, потім в азотну кислоту, відбувається процес нітрифікації. Даний процес викликаний бактеріями роду *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrosolobus* і ін. [24].

У процесі компостування втрачається у вигляді вуглекислого газу і води близько 40% маси органічної речовини, відповідно, збільшується зольність.

Азотисті сполуки твердих виділень і підстилки, головним чином білок, також розкладаються з утворенням аміаку, але дуже повільно, тому що при великій кількості вуглецевих сполук утворюється аміак, який повністю використовується мікроорганізмами [25,26].

При підвищенні температури понад 40 ° С відбувається перехід від мезофільної стадії до термофільної, в результаті такого переходу температура суміші досягає 60 ° С.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Протягом термофільної фази легко розкладаються субстрати, такі, як цукри, крохмаль, білки, жири, досить швидко споживаються. Більш стійкі субстрати знижують активність термофільних мікроорганізмів. У процесі компостування спостерігається швидке, практично повне розкладання жирів і перетворення лігноцел-люлози в гумусоподібні речовини з високою ємністю катіонного обміну. При цьому швидкість тепловиділення стає рівною швидкості тепловтрат, що відповідає досягненню температурного максимуму.

За рахунок біотермічних і біолітичних процесів компостування дає можливість знезаражувати ТПВ, гній ВРХ, пташиний послід від патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. У процесі компостування гинуть такі патогенні мікроорганізми, як кишкова паличка, стафілококи, а також стійкий штам *Salmonella Dublin* [25].

У період стадії охолодження, яка йде після температурного максимуму, рН повільно знижується. Швидкість тепловиділення стає дуже низькою, а температура знижується до рівня навколишнього середовища.

Перші три стадії компостування протікають дуже швидко за дні або тижні, в залежності від системи компостування, в той час як заключна стадія - дозрівання, протягом якої втрати маси і тепловиділення малі, триває кілька місяців [25,28].

У період дозрівання протікають складні реакції між залишками лігніну з відходів і білками відмерлих мікроорганізмів, що призводять до утворення гумінових кислот. Для визначення дозрівання досить часто використовують відношення  $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ , оскільки на заключній стадії процесу компостування зростає вміст нітратів і знижується вміст солей амонію [29].

За даними Поманського А.А., спад сухої речовини в гної за 6 місяців його зберігання становить 17-21%, при дозріванні гною в ньому значно зростає вміст перегнійних з'єднань. Роботи Пряшнікова В.П. підтверджують, що мінеральних речовин при зберіганні гною втрачається менше, ніж

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

органічних, проте він щодо збагачується основними поживними для рослини елементами (особливо калієм і фосфором)[29].

Деякі виробники компосту додають в суміші певну кількість сухого ґрунту для зменшення вмісту вологи і зниження виділення аміаку при низькому співвідношенні вуглецю і азоту в матеріалі. Щоб забезпечити співвідношення вуглецю і азоту на рівні 30: 1 найбільш ефективно додавати целюлозу. Сухий ґрунт додають при значному рівні кислотності, проте зайва ґрунт знижує проникнення повітря в матеріал і впливає на досягнення оптимальної температури суміші [26,27].

Фізико-хімічні процеси і продукти мікробіологічних перетворень гною становлять великий інтерес з практичної точки зору. Корозія конструкційних елементів і технічних пристроїв пояснюється специфічними іонними реакціями, причому найбільш важливу роль відіграє зміст сульфідів, сульфатів і аміаку, а також вуглекислоти.

Якщо не дотримуватися правил техніки безпеки і не враховувати місцеві умови, то виділяються газоподібні продукти, наприклад сірководень, аміак, аміни, меркаптани і нижчі жирні кислоти, можуть зумовити різкий запах та представляти серйозну небезпеку для здоров'я людини і тварин [25,30].

Таким чином, всі процеси, які відбуваються при зберіганні і переробці органічної сировини і гною є результатом діяльності мікроорганізмів, при цьому видовий склад мікробного угруповання непостійний і змінюється в залежності від умови компостування. Слід також зазначити, що всі ці процеси взаємопов'язані і невіддільні один від одного, вивчення мікробіологічних процесів є ключем до розуміння будь-яких перетворень, а також до розробки способів і прийомів регулювання цих процесів.

					<i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Характеристика біологічного агента

Проведені дослідження дозволяють констатувати, що компостування являє собою динамічний мікробіологічний процес, який відбувається завдяки активності мікроорганізмів різних груп: бактерій, актиноміцетів, грибів, дріжджів та ін. Вивчення популяції бактерій, грибів і актиноміцетів, що беруть участь у компостуванні, було проведено низкою дослідників. З'ясовано, що домінуючою формою мікроорганізмів є мезофіли. До 90 % їх кількості належить до бацил, різнопігментних бактерій і оліготрофів [31,32]. На початку компостування переважають аеробні бактерії, у наступних стадіях чисельність бактерій знижується [33].

Видовий склад мікобіоти компосту залежить від етапу його приготування.

Мезофільні види родів *Absidia*, *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Cephalotrichum*, *Drechslera*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Phoma*, *Stachybotrys* та *Trichoderma* поступово замінюються термофільними зокрема *H. Insolens* та *S.thermophilum*. Розвиток двох останніх видів міксоміцетів є показником якісного субстрату.

Виділення із готового компосту представників родів *Mortierella* та *Penicillium* може свідчити про його неоднорідність та порушення температурного режиму процесу компостування.

### 3.3 Умови, необхідні для процесу компостування

#### 3.3.1 Розмір частинок та структурна підтримка складу компосту

Розмір частинок матеріалів для компостування повинен бути настільки малим, наскільки це можливо. Це дозволяє ефективно проводити аерацію (у разі аеробного компостування) полегшує розкладання загальної маси бактеріями, грибами та актиноміцетами. Тому органічну фракцію

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

твердих побутових відходів та сільськогосподарських залишків подрібнюють до невеликих шматків перед компостуванням. Органічні добавки - це матеріали, додані до загальної маси для збільшення кількості деградованого органічного С, зменшення об'ємної ваги, і збільшення повітряних порожнин компостної суміші; Приклади цих матеріалів є тирса, рисова солома, торф, т.д. Сушені водяні гіацинти (*Eichhornia crassipes*) і рисова солома, подрібнена на дрібні шматочки (довжиною 2-3 см) були визнані найкращими матеріалами для компостування Polprasert et al., 1980).

### 3.3.2 Контроль вологості

Для належного розвитку мікробної асоціації, важливий оптимальний вміст води компостної суміші.

Вода необхідна в процесі компостування, так як поживні речовини для мікроорганізмів повинні розчинятися у воді перед тим, як будуть доступні для споживання.

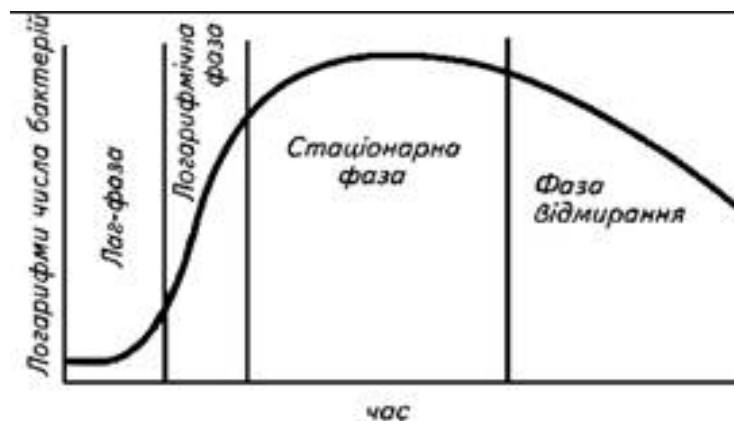


Рис 3.1 Графік динаміки росту та розвитку мікроорганізмів

При вологості менше 30% від загальної маси швидкість біологічних процесів різко падає, а при високій вологості 20% вони можуть спинитись. При надто великій вологості порожнини у структурі компоста заповнюються водою, яка обмежує доступ кисню для мікроорганізмів. Деякі матеріали,

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

наприклад папір, при нагріванні швидко втрачають структурну стійкість, злипаючись в однорідну масу. Однак матеріали типу соломи стійкі до високої вологості. Таким чином, оптимальна вологість варіює і залежить від природи та розміру часток. Рекомендована оптимальна вологість знаходиться в межах 50-60%, але при використанні носіїв можливі і великі значення. У аеробному компостуванні великий вміст води блокує прохід повітря, завдяки чому процес компостування стає анаеробним. Саме вміст вологи в межах 50-70% (в середньому 60%) найбільш підходить для компостування і повинен підтримуватися протягом періодів активного росту бактерій, тобто lag-фази та логарифмічної фази росту. Вологість компостної суміші можна контролювати шляхом додавання води до компостного штабелю або барабану один або два рази на день.

### 3.3.3 Вимоги до аерації

Аеробне компостування вимагає належної аерації для забезпечення достатнього рівня кисню для аеробних мікроорганізмів, які сприяють стабілізації органічних відходів. Це досягається завдяки певним не-механічним засобів, такі як періодичний поворот компостів, встановлення перфорованих стовпів у складові купи або скидання компосту з купи на полігон та навпаки. Найбільш ефективним, механічним способом є повітряна аерація, при якій повітря прокачується через перфоровані труби та отвори в компостні купи. При компостуванні у біобарабанах використовується комплексна аерація суміші - перемішуванням та аерацією повітрям шляхом подачі повітря по трубопроводу.

Оскільки немеханічна аерація не може забезпечити достатній рівень кисню мікроорганізмам, аеробні умови переважають лише на зовнішній поверхні для компостних куп, в той час як всередині розвиваються умови, сприятливі для факультативних та анаеробних мікроорганізмів.

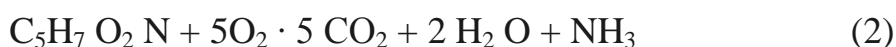
					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Без додаткової аерації швидкість компостування сповільнюється і процес протікає набагато довше. При застосуванні механічної аерації - кількість або швидкість потоку повітря має також контролюватися. Занадто багато аерації може викликати втрату тепла від скупчень компосту, тоді як занадто мало аерації призведе до виникнення анаеробних умов усередині компостних куч.

Простий спосіб визначення аераційних вимог базується на стехіометричній реакції окиснення відходів. Знання хімічного складу відходів, що підлягають компостуванню (Табл. 3.1), полегшують розрахунок. Оскільки компостована суміш - це комбінація різних органічних речовин, формули  $C_{10}H_{19}O_3N$  і  $C_5H_7O_2N$  використовувалися для позначення його хімічного складу. Стехіометричні рівняння

для повного окиснення цих сполук наступні:



Частина  $NH_3$ , отримана з перерахованих вище реакцій, буде втрачена через випаровування, у випадку, якщо рН складатиме більше 7. Решта  $NH_3$  буде окиснена до  $NO_3$  - під час дозрівання компосту.

Таблиця 3.1 Загальний хімічний склад різних органічних матеріалів

Вуглеводи	$(C_6H_{10}O_5)_x$
Протеїн	$C_{16}H_{24}O_5N_4$
Жир	$C_{50}H_{90}O_6$

Деревина	$C_{295}H_{420}O_{186}N$
Трава	$C_{23}H_{38}O_{17}N$

### 3.3.4 Температура та pH

Біологічно вироблене в межах процесу є важливим з двох основних причин:

- максимізація швидкості розкладання;
- утворення матеріалу, який є мікробіологічно "безпечним" для використання на виході.

Загальновідомо, що термофільний діапазон температур компосту близько 60-65 ° С, дозволить значно знизити швидкість біодеградації.

В останніх дослідженнях було продемонстровано оптимальна температура для компостування, що вимірювалось за мікробною активністю - 55 ° С. З іншого боку, більшість патогенних мікроорганізмів ефективно інактивуються при температурах вище 50 ° С. Отже, основним завданням є контроль температури в компості для покращення переробки органічного матеріалу, так і інактивації (приблизно 55 ° С). Температуру можна контролювати за допомогою регулювання аерації та вологості.

Температурні закономірності у складах компосту впливають на види і типи зростання мікроорганізмів.

У багатьох випадках, термофільна температура може навіть досягати 55-65 ° С і тривати кілька днів, сприяючи ефективній інактивації збудників.

Аеробне компостування звичайно протікає з нейтральним pH і рідко зустрічається екстримальне падіння або підвищення pH. Невелике зниження pH може відбутися протягом перших кількох днів анаеробного

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

компостування внаслідок утворення летких жирних кислот. Після цього періоду знову рН стає нейтральним, після перетворення метану та діоксиду вуглецю реакціями метаногенів.

### 3.4 Характеристика кінцевого продукту компостування

Компост на основі твердих побутових відходів по своїм хімічним і санітарним показникам повинен відповідати нормам, що розроблені Академією комунального господарства спільно із санітарними і сільськогосподарськими організаціями.

Отриманий компост можна використовувати:

- як добриво:
  - у сільському господарстві;
  - у лісному господарстві;
  - у зеленому будівництві;
  - для рекультивації земель;
- як паливо з попереднім брикетуванням; брикетування треба

проводити за стандартними технологіями, які включають попередню сушку компосту до вологості від 3% до 8% та оброблення на пресі.

Компост з опалого листя треба використовувати тільки в зеленому господарстві та для рекультивації земель. В зв'язку з цим доцільно розташовувати обладнані ділянки для компостування опалого листя на території комунальних підприємств з утримання зелених насаджень [34].

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 Агрохімічні і фізико-хімічні показники добрив, що призначені для використання у лісному господарстві, зеленому будівництві та для рекультивації земель.

Назва показника	Норма
1	2
Вміст фракцій крупніше ніж 50 мм, на суху речовину, % не більше	2
Масова доля органічної речовини, на сухий продукт, %, не менше	40
Вологість, %	20-80
Реакція середовища, рН	6,5-8,0
Масова доля поживних речовин, на сухий продукт, %, не менше	
азот (N) загальний	1,5
фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) загальний	1,8
калій (K <sub>2</sub> O) загальний	0,1

Добрива за мікробіологічними показниками повинні відповідати нормам, що наведені у таблиці 3.3 [34].

Таблиця 3.3 Мікробіологічні показники добрив

Назва показника	Норма
Індекс БГКП, куо/дм <sup>3</sup> , не більше	10000
Наявність патогенної мікрофлори	не допускається
Наявність життєздатних яєць гельмінтів, шт/кг	не допускається

Допустимі норми токсикологічних показників добрив не повинні перевершувати межі, зазначеної в таблиці 3.4 [34].

Таблиця 3.4 Допустимі норми токсикологічних показників добрив, що призначені для використання у лісному господарстві, зеленому будівництві та для рекультивації земель.

Назва показника,	Норма, мг/кг сухої речовини, не більше
1	2
Залізо	45000
Кадмій	250
Кобальт	300
Марганець	7000
Мідь	6000
Нікель	900
Ртуть	50
Свинець	2000
Стронцій	600
Хром 3+	5000
Цинк	9000

Наявність в добриві інших елементів, не зазначених в таблицях допускається з дозволу органів санітарного нагляду.

Класифікаційні групи добрив і допустимі величини вмісту в них важких металів, обмеження у дозах, частоті внесення і областях застосування повинні відповідати показникам таблиці.

Дози добрив треба розраховувати згідно з таблицею 3.5 [34].

Таблиця 3.5 Групи добрив і допустимі величини вмісту в них важких металів, мг/кг сухої речовини, обмеження у дозах, частоті внесення і областях використання у лісному господарстві, зеленому будівництві та для рекультивації земель

Назва показника	Група А	Група Б	Група В
	Використання в якості добрив (або для виготовлення компосту) у дозах, адекватних стандартним добривам	Використання у дозі (10-15) т/га на рік по сухій речовині або не більше 50 т/га раз у 3 роки	Використання у дозі (10-20) т/га по сухій речовині раз у 5 років з обов'язковим контролем фонових вмісту елементів
	Лісові культури, зелене будівництво	Лісові культури, зелене будівництво	Лісові культури, зелене будівництво, рекультивація земель
Стронцій	до 300	300-450	450-600
Свинець	до 750	750-1500	1500-2000
Ртуть	до 15	15-30	30-50
Кадмій	до 30	30-100	100-250
Нікель	до 300	300-600	600-900
Хром 3+	до 750	750-2000	2000-5000
Марганець	до 2000	2000-4000	4000-7000
Цинк	до 3500	3500-7000	7000-9000
Мідь	до 1500	1500-3000	3000-6000
Кобальт	до 100	100-200	200-300
Залізо	до 25000	25000-35000	35000-45000

## 4. ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ШЛЯХОМ КОМПОСТУВАННЯ

### 4.1 Сировина та матеріали

Сировина	Характеристики
Суміш ТПВ	Середня вологість - 60%
	Розмір фракцій, мм до 150 мм (70...90%) 150...350 мм (10...25%) більше 350 мм (1,5...2%)
	Насипна щільність - 731 кг/м <sup>3</sup>

Матеріал	Характеристики
Гній	Вміст N – 0,2%, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -0,05%, K <sub>2</sub> O-0,4% Вологість W=88%
Біопульпа з НАМ	pH=6,5-8,5 Вологість W=95%
Повітря	
Вода технічна	

					МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Нагорняк Т.А				ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ШЛЯХОМ КОМПОСТУВАННЯ		Літ.	Арк.	Аркушів
Конс.								54	
							КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп		
Керівн.	Зцдченко Л.С.								
Затверд.	Зцдченко Л.С.								

## 4.2 Опис технологічного процесу

### ДР 1. Підготовка аераційного повітря

При подачі повітря необхідно забезпечити виконання трьох основних операцій:

- Стиснення повітря для подолання опору повітропроводів та арматури;
- видалення пилу та інших завислих у повітрі частинок;
- регулювання температури та вологості.

#### ДР 1.1. Забір повітря з атмосфери

Здійснюється шляхом забору повітря з атмосфери повітрязабірником ПЗ-29 з точкою забору 4-6 м вище рівня землі.

#### ДР 1.2. Фільтрування повітря

Повітря очищається крізь волокнистий фільтр Ф-28, що затримує пил, механічні частинки. Фільтрувальним матеріальним матеріалом є тканина Петрянова (ФПП-15-3,0) з максимальним діаметром частинок, що затримує 1,8 мкм, максимальною допустимою температурою 60°C й ефективністю очищення 98%. Проводиться контроль ефективності очищення.

#### ДР 1.3. Компресування повітря

Для компресування повітря застосовують компресор К-39 з продуктивністю від 2 до 190 м<sup>3</sup>/хв зі стисненням повітря до 2,5 бар (2,5 кПа). На даній стадії щоденно здійснюється контроль тиску, використовуючи технічний манометр.

#### ДР 1.4. Нагрівання повітря

Повітря після забору ПЗ-29 та фільтрації, проходять етап компресування, а потім нагріву. Нагрів стисненого на попередньому етапі

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		



повітря відбувається в електрокалорифері ЕК-48. Нагрівання повітря відбувається до 56-57 °С і далі подається трубопроводом до барабану Б-30. Допустимий для процесу тиск - не більше 10 бар.

**ДР.2. Підготовка персоналу.** Проводиться навчання та інструктажі персоналу щодо особливостей проведення технологічного процесу та техніки безпеки, забезпечення персоналу засобами персонального захисту.

**ДР.3. Підготовка обладнань та комунікацій.**

**ДР.3.1. Перевірка з'єднань на стійкість та герметичність.** Випробування проводяться спочатку на механічну міцність, потім на герметичність. При випробуваннях на механічну міцність тиск в трубопроводах і апаратах створюється водою.

Випробування апаратів на герметичність проводять тиском повітря або інертного газу. До цього вони обов'язково повинні бути перевірені на міцність. Якщо в процесі випробування повітрям виявиться, що труби, їх сполучення або апарати недостатньо механічно міцні, то може статися їх розрив з руйнівними наслідками.

Застосування повітря допускається тільки в тих випадках, коли випробовувані об'єкти ще не були використані у виробництві або були піддані ретельному очищенню від залишків робочого середовища (чистота повинна бути перевірена хімічним аналізом). У всіх інших випадках випробування проводять стисненим азотом.

Методи контролю герметичності з'єднань призначають в залежності від умов експлуатації виробів, типу конструкції і інших чинників. Контроль, здійснюваний після зовнішнього огляду, заснований на здатності газів і рідин проникати через отвори. Для проведення випробувань використовують гас, аміак, повітря, воду, гелій і ін. При випробуванні гасом поверхню, доступну для огляду, покривають водною суспензією крейди або каоліну і підсушують. Протилежну сторону шва два-три рази змочують гасом. Дефекти в шві

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виявляються по появі жирних жовтих плям на пофарбованій поверхні. Таким методом перевіряють елементи, що працюють без внутрішнього тиску з товщиною стінки до 16 мм і розміром дефекту понад 0,1 мм. Тривалість випробування повинна становити не менше 12 год при плюсовій температурі і не менше 26 год - при від'ємній.

При гідравлічному випробуванні всі отвори у виробі щільно закривають заглушками і через штуцер заповнюють виріб водою. За допомогою гідравлічного насоса створюють тиск, що в 1,25-1,5 рази перевищує робочий. Про наявність дефектів судять по появі на протилежному боці шва течі, крапель або слідів рідини. Даний вид випробувань застосовують при перевірці герметичності зварних з'єднань парових і водяних котлів, трубопроводів і елементів, що працюють під тиском.

Після перевірки агент видаляється, після чого апарат вводиться в експлуатацію без попередньої дезінфекції та стерилізації, адже процес проходить в нестерильних умовах.

Бульбашковим методом перевіряють герметичність з'єднань сушарки, піролізного реактора та циклонів, реєструючи пухирці газу, що виходить з корпусу виробу через шар мильної піни. Даний метод можна віднести до газогідравлічних. Конденсатор-холодильник та збірник конденсату перевіряються за допомогою гідравлічного методу.

#### **ДР.4. Підготовка повітряно-газової суміші для висушування пластику.**

##### **ДР 4.1. Спалювання піролізного газу.**

В камеру спалювання КС-23 підводиться піролізний газ з ТП 15.2, за рахунок спалювання газу ( $t=110-700^{\circ}\text{C}$ ) відбувається нагрівання середовища.

Топкові гази поступають до камери змішування їх з повітрям на етап ТП 4.3.

					<i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ДР.4.2. Спалювання вуглистої речовини.** Вугілля після процесу піролізу подається з ТП 14 до камери спалювання та спалюється для нагрівання газу, що в подальшому використовується для процесу піролізу. Утворені топкові гази використовуються для підготовки паро-газової суміші для сушіння сировини. Після процесу спалювання вуглистої речовини зола направляється на утилізацію.

#### **ДР. 4.3. Змішування топкових газів з повітрям.**

Топкові гази з камери спалювання КС-23 змішуються з повітрям, яке поступає з ДР 1.3,(температура суміші 120-150 °С) в камері змішувача КЗ-25 і потім подаються за допомогою вентилятора під опорну решітку сушарки СЦ-20.

Топкові гази в суміші з атмосферним повітрям використовують при сушінні пластику, що був попередньо відсортований від інших сміттєвих домішок.

#### **ТП 5. Розвантаження і прийом відходів**

Завантажені сміттєвози прибувають на полігон через вагову В-1 , де встановлені камери відеоспостереження К-2, які з'єднані з комп'ютером ПК-3, на якому автоматично реєструється дата і час прибуття автомобіля, його державний номер, марка і код, найменування та належність до організації-перевізника, вид відходів, визначається вага автомобіля і вантажу.

ТПВ не мають містити радіоактивних відходів, тому нормою дози випромінювання, що контролюють дозиметром є 10-30 мкР/год.

Вагова складається з автоваг АВ-4 з вантажною платформою, дані зважування заносяться до ПК-3, узагальнюються надходження відходів за день, тиждень, місяць і т.д.

Після зважування тверді побутові відходи (ТПВ) розвантажуються в приймальний бункер ПБ-5, оснащений пластинчастим живильником ПЖ-6.

					<i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **ТП 6 Сортивання відходів**

### **ТП 6.1. Електромагнітна сепарація.**

Пластинчастий живильник перевантажує побутові відходи на барабанний грохот БГ-11, перед яким встановлений електромагнітний сепаратор МС-7. В сепараторі відділяються метали, які далі переправляються за допомогою стрічкового конвеєра КС-8 на ручну сепарацію. Відділені ручним способом чорні метали направляються до металпресу П-10, а кольорові метали відвантажуються до бункеру-накопичувачу БН-9.

### **ТП 6.2. Аеродинамічна сепарація та просіювання.**

В грохоті БГ-11 ТПВ проходить первинний та вторинний просів маси. Крупна фракція (включаючи картонні ятки, папір, текстиль тощо) або так звані відходи, що не піддаються компостуванню (НВ) зсипають на конвеєр етапу ручної сепарації. Часткове відділення пластику та плівки від ТПВ в грохоті БГ-11 відбувається за допомогою аеродинамічної сепарації. Для аеродинамічної сепарації використовується стиснене повітря, яке подається від ДР 1.3. Пластик та плівка, що відділились на етапі аеродинамічної сепарації надходять до етапу ТП 12 для промивки та подрібнення.

### **ТП 6.3. Ручна сепарація крупних часток**

Після просіювання на грохоті тверда фракція побутових відходи проходять через лінію ручного відбору утильних твердих фракцій, яка представлена стрічковим транспортером ТР-12. Відібрана сировина сортується за видами відходів, папір надходить на прес для паперу П-13, де пресується в тюки і йде на подальшу переробку в якості вторинної сировини для целюлозно-паперової фабрики.

Відсортований пластик подається стрічковим транспортером ТР-15 до ДВ-16 для подрібнення та П-17 попередньої промивки сировини для подальшого піролізу.

					<i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Уся баластна фракція стрічковим транспортером направляється до бункера-накопичувача БН-14 для подальшої утилізації або знешкодження.

### **ТП 7. Змішування і подрібнення органічних відходів**

Змішування органічної складові ТПВ з гноєм відбувається в камері-змішувачі З-33.

Далі подрібнення суміші відбувається в шнековій дробарці ШД-47. Розмір частинок за технологією після подрібнення - 2-3 см.

### **ТП 8. Компостування у барабані**

Після подрібнення, органічні відходи потрапляють у барабан, в якому відбувається процес біохімічної конверсії органічної фракції побутових відходів у штучно створених умовах. Для забезпечення необхідної кількості мікроорганізмів деструкторів в якості інокуляту додають гній великої рогатої худоби та надлишковий активний мул. Необхідний обсяг гною та мулу визначається згідно показників мікробіологічного контролю сировини, яка перебуває в барабані. Сировина проходить через розподільні пристрої з накопичуючих збірників і бункерів.

Інтенсифікацію масообмінних процесів забезпечують за рахунок перемішування сировини при обертанні барабанів і аерації маси, що компостується. Використовують два режими обертання барабанів: обертання протягом 12 годин зі швидкістю 1,1 об / хв, при завантаженні і вивантаженні, і подальше обертання в інші 12 годин з швидкістю 0,2-0,3 об /хв, що забезпечує перемішування маси, що компостується.

Завантаження побутових відходів і вивантаження біокомпосту проводиться безперервно або періодично в залежності від часу експозиції відходів в барабані. Термін перебування відходів в барабані - від 1 до 3 діб.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для активізації процесу окиснення побутових відходів і створення якісного біокомпосту, а також знешкодження відходів від патогенних мікроорганізмів в барабан безперервно подається підігріте в електрокалорифері до температури 45-60 °С повітря. При цій температурі відбувається знешкодження частини патогенних мікроорганізмів.

Найбільш високу якість і широку поліфункціональну дію мають біокомпости, отримані з додаванням посліду птахофабрик, ВРХ, свиноферм та ін. У даному технологічному процесі гній обрано косубстратом для ферментації біокомпосту.

Для прискорення та підвищення ефективності переробки ТПВ використовується біопульпа з надлишковим активним мулом із міських очисних споруд.

З міських очисних споруд, після скидання з аеротенків надлишку активного мулу, пульпа з активним мулом надходить у відстійники, звідки її доставляють на підприємство, де проходить компостування і зливають в збірники-акумулятори.

У збірники подається підігріте в електрокалорифері повітря через перфоровані труби, проводиться барботаж біопульпи. Туди ж періодично вводиться вода для забезпечення вологості необхідної для життєдіяльності і розмноження бактерій.

Один збірників-акумуляторів служить для постійного відбору пульпи і подачі її в барабан, а в другій відбувається розмноження бактерій та підтримання їх у активному стані. Дозріла пульпа із збірника-акумулятора насосами подається в барабан і зрошує органічну фракцію побутових відходів і, що надходять з прийомного бункера.

Щільність сировини змінюється від 160-230 кг/м³ на початку, до 700 кг/м³ після проходження барабану.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На етапі активного компостування у барабані визначаються наступні показники для вологості: 55-60%, рН для даного процесу лежить в межах 6,5-8.

Суміш газів, що утворилась під час процесу компостування потрапляє на ЗВ 18.3 для знезараження та очищення.

### **ТП 9. Подрібнення компосту**

Компостований матеріал надходить у шахтну дробарку. Шахтна дробарка являється молотковою дробаркою з горизонтальним валом. Вологість матеріалу має бути не більше 50 %. Матеріал, що подрібнюється видаляється висхідним потоком повітря. Процес подрібнення необхідний для забезпечення гомогенності матеріалу після проміжного процесу ферментації у барабані перед кінцевим просіюванням компосту. На даному етапі часточки розміром до 40 мм потрапляють у дробарку з частотою обертання вала – 730 об/хв.. Продуктивність дробарки коливається у межах 7,7-14,1 т/год, в залежності від вологості вхідної сировини ( $W=40-50\%$ ). Розмір часток компосту на виході – 5-10 мм.

### **ТП 10. Дозрівання компосту в штабелях**

Дозрівання компосту відбувається в штабелях протягом 1,5-2 місяців.

В анаеробних і аеробних умовах утворюються нітрати в результаті ферментативних перетворень при температурі 35-45 °С. Процеси, які відбуваються під час дозрівання компосту дозволяють отримати біокомпост, що містить до 10-12% зв'язаного азоту і до 30% азоту у нітратній формі, який здатні асимілювати рослини.

### **ТП 11. Вторинний просів компосту**

Вторинне просіювання відбувається на грохоті, де біокомпост розділяється на два потоки: баласт і просіяний компост. Після подрібнення і відсіювання компост подається на майданчик-склад, де складається в штабелі та в подальшому відправляється на продаж.

					<i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Баласт, що залишився від просівання компостованої маси в кількості 6-10% від вихідної маси твердих відходів надходить в бункер і підлягає для захоронення на полігоні.

Баластні фракції не містять харчових відходів, непривабливі для гризунів і комах, не виділяють фільтрати і не представляють небезпеки для навколишнього середовища при складуванні на полігонах ТПВ або рекультивації земель.

### **ТП 12. Промивка та подрібнення пластику.**

Відсортований пластик рухається по стрічковому конвеєру СК-15 з потужністю 2,2 кВт і потрапляє в двовальцеву дробарку ДВ-16. Дробарка призначена для крупного подрібнення відходів і вивантаження в бункер пневмотранспортом. Дробарка складається з масивних пустотілих збірних валків циліндричної форми. Кількість валків – 2. Форма робочої поверхні – зубчаті валки. Матеріал подрібнюється на шматочки розміром 10-15 мм.

Подрібнені відходи промивають у промивачі П-17 водою технічною для осадження пластівців і пневматичним транспортом направляють в повітряний класифікатор, що являє собою динамічний сепаратор СД-18, де відділяється тверда фракція, що становить близько 3% від загальної маси (каміння, пісок та ін.). Каміння, дрібне скло класифікується як форма будівельних та побутових відходів та вивозиться на полігон, попередньо потрапивши до бункера-накопичувача БН-14.

Динамічний сепаратор служить для автоматичного відокремлення крупних частинок вторсировини від дрібних з подальшим їх подрібненням.

### **ТП 13. Сушіння пластику**

Вологий матеріал з бункера шнековим транспортером безперервно подається в сушильну СЦ-20 камеру для висушування. Видалення вологи у центробіжній сушарці відбувається за рахунок відцентрової сили і потік у газоповітряної суміші з ДР 4.3.. Час сушіння регулюється таймером.

					<i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Температура суміші ( $T=70-80^{\circ}\text{C}$ ). Вологість матеріалу на виході має становити не більше 0,1% для забезпечення ефективного процесу піролізу.

**ТП 14. Швидкий піроліз (в киплячому шарі) пластику.** Висушена сировина з СЦ-20 потрапляє до піролізного реактора ПР-21. Швидкий піроліз відбувається за температури  $500-600^{\circ}\text{C}$  протягом 2-3 с в піролізному реакторі з киплячим шаром газу при атмосферному тиску.

Агентом-носієм теплової енергії є розігрітий газ, що утворюється при спалюванні рециркуляційного пірогазу, при цьому передача теплової енергії відбувається за системою газ - вихідна речовина.

Киплячий шар створюється потоком частини пірогазу, псевдозрідження шару підтримується в режимі «кипіння» і постійного виносу. При цьому несеться повністю теплоносій і утворюються продукти реакції - парогазовий потік і вуглиста речовина. Ці потоки розподіляються в циклоні, де парогазовий потік підіймається вгору, а вуглиста речовина збирається в нижній частині циклону та направляється в камеру спалювання КС-23.

#### **ТП.15. Розділення і конденсація парогазової суміші.**

**ТП. 15.1. Відділення твердих частинок у циклоні.** Після піролізу паро-газовий потік подається до циклону Ц-22, де відділяється вугільний пил та подається на спалювання в камеру спалювання КС-23 на ДР 5.2.

**ТП. 15.2. Попереднє охолодження парогазової суміші.** Після процесу піролізу відділена фракція парогазового потоку конденсатора, з температурою  $300-320^{\circ}\text{C}$ , потрапляє до теплообмінника, який працює за принципом скрубера КХ-24. Нафта охолоджується розпилювальною системою, через яку подається попередньо конденсована біонафта, де охолоджується до  $55-60^{\circ}\text{C}$ .

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**ТП. 15.3. Вторинна конденсація.** За рахунок різниці температур утворюється конденсована вода. Подальше охолодження біонафти в конденсаторі КХ-24 до 30-35 °С здійснюється охолоджуючим агентом (водою).

Конденсована біонафта подається на зберігання для подальшого використання та невелика її частина для попереднього охолодження парогазової суміші.

### **ПВ 16. Пресування макулатури**

Маса, відібрана на первинному просіюванні ТПВ подається на стрічковий транспортер Тр-12 для ручного сортування паперу. Відсортований папір відправляється до П-13, пресується на пресі для паперу у тюки розміром 1250 мм:600 мм: 600 мм, масою 100-150 кг, які перев'язуються дротом.

### **ПВ 17. Пресування металів**

Після електромагнітної сепарації, відділені метали (чорні окремо від кольорових), потрапляють на пакетувальний прес для металів (П-10). Відділені ручним способом чорні метали направляються до металпресу П-10, а кольорові метали відвантажуються до бункеру-накопичувачу БН-9 і направляються на подальше використання..

### **ЗВ 18. Знешкодження відходів**

#### **ЗВ 18.1. Відстоювання та очистка оборотних вод в гідрофльтрі**

В процесі дроблення та мийки вторинного пластику витрачається велика кількість води, в якій накопичуються важкі (камені, пісок, метали і т.д.) і легкі (жири, масла, папір, частки деревини та дрібного пластику - «жмиху») забруднення.

					<i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для видалення забруднюючих часинок з промивної води після промивки пластику і підготувати її до наступного циклу виробництва – використовують гідрофільтр. Ефективність фільтрації різко зростає і може варіюватися залежно від частоти обертів дисків фільтра (регулюється від 3 до 18 оборотів в хвилину).

Спочатку промивна вода піддається попередньому відстоюванню для відділення важких частинок (таких як пісок та камені), після чого подається до гідрофільтру.

**ЗВ.18.2 Очистка відпрацьованого повітря.** Відпрацьовані гази після ТП 14 потрапляють до багатоступінчатого абсорбера для видалення  $\text{CO}_2$ . Вихідна суміш, яка містить до 60-70 мас.%  $\text{CO}_2$  при  $P = (2-3) \text{ МПа}$ ,  $T = (350-360) \text{ К}$  надходить послідовно знизу вгору, проходить по насадці абсорберів, де в верхній перетин кожного з них подається під тиском вода за допомогою насоса. Велика частина  $\text{CO}_2$  з потоку суміші видаляється в останньому абсорбері за рахунок розчинення  $\text{CO}_2$  в потоці  $\text{H}_2\text{O}$ . Аналогічний процес відбувається і в наступних абсорберах, діаметри яких послідовно зменшуються в зв'язку зі зменшенням потоку газової суміші, що надходить на абсорбцію і необхідності забезпечити значення оптимальної швидкості суміші, яка піднімається по висоті абсорбера  $0,025 \div 0,03 \text{ м / с}$ .

З верхнього перетину абсорбера виходить очищена газова суміш, кінцевий вміст  $\text{CO}_2$  в якій становить 0,5 об.% і нижче.

**ЗВ 18.3. Знезараження та очищення суміші газів в мокрому електрофільтрі.**

Суміш газів що утворюється під час процесу компостування потребує знезараження та очистки. В суміші виявляють пил, мікроорганізми і шкідливо діючих гази (аміак, сірководень, вуглекислий газ і ін.)

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проаналізувавши всі існуючі методи очищення газу від сірководню можна зробити висновок, що найбільш підходящим для застосування в тваринництві буде абсорбційний метод з застосуванням водного розчину. Застосування даного методу засновано на його високу ефективність при найменших як фінансових, так і енерговитрат. Відомо, що сірководень по дією озону окислюється до сульфатів.

Таким чином, при озонування повітря, що очищається відбувається його очищення від сірководню. Як джерело озону можна використовувати коронний розряд, на основі якого працюють електрофільтри. Тривалість очищення суміші – 25-35 хв.

#### 4.3. Контроль на виробництві

Для забезпечення відповідності готової продукції вимогам НТД на підприємстві забезпечується постійний контроль процесу. Інформація про методи контролю, періодичність перевірки та об'єкти контролю подані у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Основні точки і параметри контролю виробництва

№ п/п	Назва стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Методи контролю	Метод контролю параметра, тип приладу
1	Розвантажен ня і прийом відходів	Рівень радіоактивно го забруднення	По мірі прибуття сміттєво зів	Д=10-30 мкР/год	К <sub>т</sub>	Дозиметр– радіометр МКС-05 «ТЕРРА» 2010
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	
						Арк. 67

2	Компостування у біобарабані	Температура	Постійно	T = 55-60°C	K <sub>T</sub>	МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1С
		Колі-титр	1 раз в денну зміну	не менше 0,01	K <sub>мб</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою біотермічного барабану
		Рівень заповненості барабану	Постійно	не більше 0,6	K <sub>T</sub>	Радарний рівнемір Burkert 8136
		Значення рН	Постійно	6.5-8	K <sub>T</sub>	рН-метр промисловий рН-101П

3	Висушування пластику	Кінцева вологість	1 раз в денну зміну	0,01%	К <sub>т</sub>	ДТ-129 Вологомір деревини, паперу, пластику
4	Подрібнення пластику	Розмір частинок, мм	1 раз на добу	10-15мм	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою лінії
5	Подрібнення сировини	Розмір частинок, мм	Кожні 3 години	2-3 см	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою лінії
6	Подрібнення компосту	Розмір частинок, мм	1 раз на добу	2-8 мм	К <sub>т</sub>	Методика лабораторного контролю за роботою лінії
7	Швидкий піроліз пластику	Температура	Постійно	450-600 °С	К <sub>т</sub>	МВВ № 081/12-0311- 06 Термометр

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

		Тиск	Постійно	$6 \cdot 10^5$	$K_T$	Манометр МТ-0,6
--	--	------	----------	----------------	-------	--------------------

#### 4.4 Матеріальний баланс процесу

Витрачено		Отримано	
Назва	Кількість, кг	Назва	Кількість, кг
Органічна фракція ТПВ	4864	Компост	3250
Гній	2350	Пари води і гази	4856
Активний мул	892		
Всього	8106	Всього	8106

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

## 5. ВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТПВ

### 5.1 Вибір та характеристика біобарабана

Відповідно до завдання необхідно вибрати та розрахувати основні параметри біобарабана процесу компостування.

Згідно технологічного процесу у біобарабан поступає суміш органічної складової ТПВ, гною тваринного та активного мулу, яка підлягає компостуванню.

Біобарабан представляє собою сталевий порожнистий циліндр. Попереду є завантажувальний пристрій у вигляді нерухомої камери. На торці барабана знаходиться розвантажувальний люк, який відкривається за допомогою електроприводу.

Усередині барабана вмонтована система аерації (спеціальна подача повітря) і одночасно здійснюється видалення газів, що виділяються за допомогою спеціальної системи відсмоктування. Усередині барабана крім того проводиться зрошення біомаси, що забезпечує необхідну вологість продукту. Обертання біобарабанів здійснюється від електричного приводу [35].

					МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТВИБІР ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТПВ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Нагорняк Т.А						71	
Конс.						КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп		
Керівн.	Зцдченко Л.С.							
Затверд.	Зцдченко Л.С.							



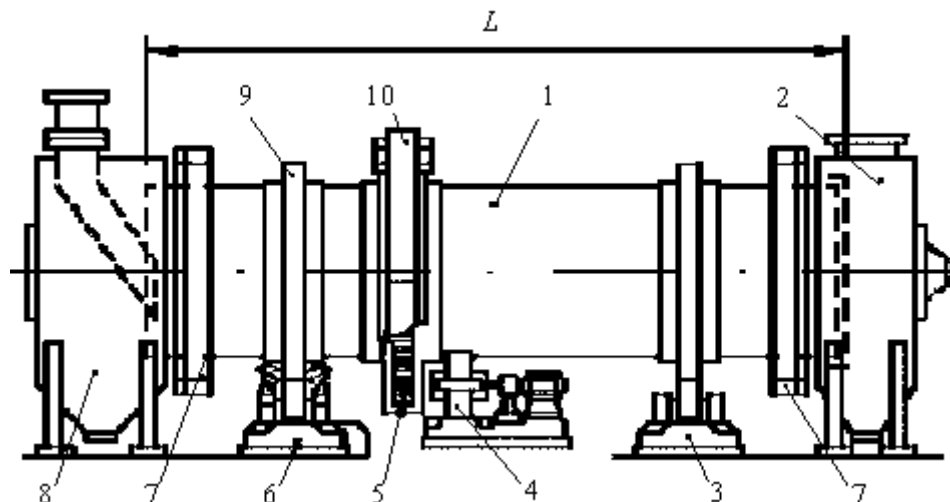


Рис. 5.1 Схема конструкції біобарабана

1 - барабан; 2 - розвантажувальна камера; 3 - опорна станція; 4 - привід; 5 - зубчастий вінець; 6 - упорна станція; 7 - ущільнення; 8 - завантажувальна камера; 9 - бандаж; 10 - кожух

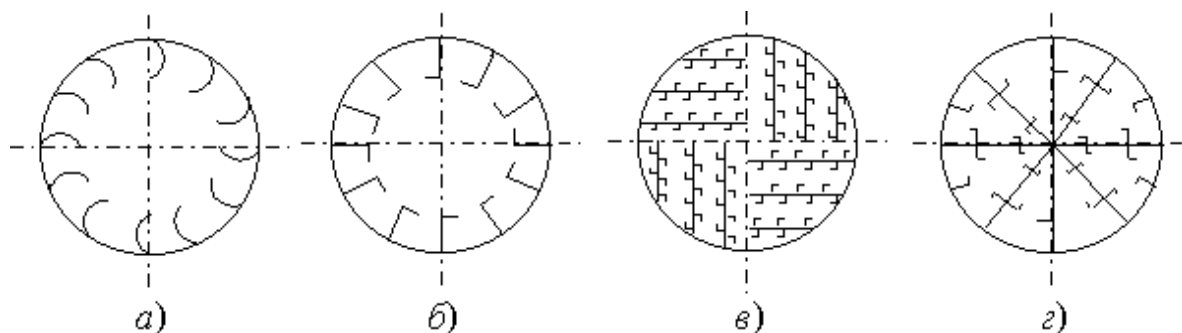


Рис. 5.2 Типи перевалочних пристроїв, що застосовуються в барабанах: а – лопатева ; б - підйомно – лопатева ; в – розподільна ; г - розподільна з закритими осередками.

Конструкцію може бути використано в біоенергетиці в якості універсального аеробного реактора для переробки в добриво гною тварин, посліду птахів, зеленої маси, побутових та інших сільськогосподарських і лісових відходів біосировини.

Для процесу компостування було обрано біобарабан з підйомно-лопатеvim перевалочним пристроєм.

## 5.2 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції біобарабану

Для *розрахунку об'єму сировини* приймається співвідношення по масі:

1. 60 % - органічна фракція
2. 28 % - гній
3. 11% - акт мул

В даній суміші: співвідношення C:N становить близько 25 %, вологість суміші 60%, насипна маса (щільність): 722 кг/м<sup>3</sup>.

Табл X. Вихідні дані для розрахунку складу суміші

	С % від сухої маси	N % від сухої маси	Воло гість,%	Щільні сть, т/м <sup>3</sup>
Органіч на фракція	35	1,1	40	0,6
Гній	27	2,7	88	0,9
Активн ий мул	69	3,1	95	1

Для забезпечення нормального протікання процесу компостування необхідно, щоб співвідношення вмісту вуглецю до нітрогену (C:N) становило 25-30, вологість 60-70%.

Розраховуємо співвідношення органічних відходів і гною

Враховуючи вологість 1 кг органічних відходів буде містити:

$$m(C) = 350 \cdot 0,6 = 210 \text{ г} \quad (1)$$

$$m(N) = 11 \cdot 0,6 = 6,6 \text{ г} \quad (2)$$

1 кг гною буде містити :

$$m(C) = 270 \cdot 0,12 = 32,4 \text{ г} \quad (3)$$

$$m(N) = 27 \cdot 0,12 = 6,6 \text{ г} \quad (4)$$

Перевіряємо чи задовольняє співвідношення органічні відходи :  
гній=2:1 вимогу до вмісту вуглецю і нітрогену.

3 кг суміші буде містити:

$$m(C) = 2 \cdot 210 + 32,4 = 452,2 \text{ г} \quad (5)$$

$$m(N) = 2 \cdot 6,6 + 3,24 = 16,44 \text{ г} \quad (6)$$

$$C: N = 452,3:16,44 = 27,5 \quad (7)$$

Тоді 1 кг суміші органічні відходи:гній=2:1 містить:

$$m(C) - 150,7 \text{ г}$$

$$m(N) - 5,48 \text{ г}$$

Визначаємо вологість суміші орг. відходи :гній =2:1

$$W = \frac{(2 \cdot 0,41 + 0,88)}{3} = 0,56\% \quad (8)$$

Для забезпечення необхідної вологості потрібно додавати активний мул або воду.

**Розраховуємо необхідну кількість активного мулу:**

Якщо необхідна вологість 60%, то масову долю суміші гною і органічних відходів по відношенню до активного мулу визначаємо з рівняння:

$$0,56x + 0,95 \cdot (1-x) = 0,6$$

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$0,39x=0,35$$

$$X=0,89$$

Де  $x$  – масова доля суміші гною і органічних відходів по відношенню до активного мулу.

Перевіряємо чи задовольняє такий склад суміші вимогу до співвідношення вмісту вуглецю і нітрогену.

$$m(C) = 150,7 \cdot 0,80 + 690 \cdot 0,11 = 210 \text{ г} \quad (9)$$

$$m(N) = 5,48 \cdot 0,89 + 31 \cdot 0,11 = 8,29 \text{ г} \quad (10)$$

$$\text{Співвідношення становитиме } C: N = 210:8,29 = 25,33$$

Приймаємо масові долі компонентів:

Органічна фракція – 0,6

Гній – 0,29

АМ – 0,11

Визначаємо щільність (насипну масу суміші)

$$m(\text{нас.}) = 0,6 \cdot 0,6 + 0,29 \cdot 0,9 + 0,11 \cdot 1 = 0,731 \text{ т/м}^3 \quad (11)$$

### Розрахунок камери барабана

Для розрахунку об'єму барабана:

- норма накопичення відходів  $0,76 \text{ кг}/(\text{люд добу}) = (280 \text{ кг}/(\text{люд рік}))$
- ДБН 360-92
- вміст органічної фракції - 32%
- кількість жителів 20 000 чол

$$P = (0,76 \cdot 20000 \cdot 0,32) = 4864 \text{ кг / добу} \quad (12)$$

з цього - потужність підприємства по відходам вийде 4864 кг/добу.

Насипна маса органічної фракції :  $731 \text{ кг/м}^3$

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт заповнення компостувального барабана 0,6

Інтенсивність аерації 1,2 м<sup>3</sup>/кг добу

Слід зазначити, що 4864 кг/добу за попереднім розрахунком становить лише 60% від загальної маси, що завантажується в барабан.

Інші 40% загальної маси становить активний мул та гній.

$$m(\text{заг}) = \frac{(4864 \cdot 100)}{60} = 8106 \text{ кг / добу} \quad (13)$$

### Розміри барабана

Об'єм барабана потрібно розраховувати в залежності від необхідної тривалості перебування і добової витрати сировини

$$V = \frac{m(\text{заг})}{m(\text{нас})} = \frac{8106}{731} = 11.8 \text{ м}^3 \quad (14)$$

З розрахунком на коефіцієнт заповнення барабану - 0,6 - об'єм барабана становитиме :

$$V = 18.5 \text{ м}^3 \quad (15)$$

Відношення довжини барабана до діаметру повинне становити 3,5÷7; приймаємо LD = 5. Діаметр барабана знаходять із співвідношення :

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} L = 0,785 \cdot d^2 \cdot 3,5 \cdot d = 2,748 \cdot d^3 \quad (16)$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{V}{2,748}} = \sqrt[3]{\frac{18,5}{2,748}} = 1,9 = 2 \text{ м} \quad (17)$$

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина барабана:

$$L = 3,5 \cdot d = 3,5 \cdot 2 = 7.5 \text{ м} \quad (18)$$

Обираємо типовий барабан з діаметром  $d=2000$  мм і довжиною  $L=8000$  мм.

### Час перебування матеріалу у барабані

$$2 \frac{V \rho_{cp} \beta}{G_{cp}} \frac{18,5 \cdot 731 \cdot 0,6}{0,095} \quad \text{сек}=1 \text{ доба} \quad (19)$$

де  $G_{cp}$ - середня маса матеріалу, що проходить через барабан;  $\beta = 0,6$ - коефіцієнт заповнення барабана;  $\rho_{cp}=\rho=731$  кг/м<sup>3</sup> середня насипна щільність матеріалу.

Барабани мають кут нахилу до горизонту  $0,5-6^\circ$ ; приймаємо  $= 2^\circ$ ,  $\text{tg}\alpha=0,035$ . Та частоту обертів -  $0,2-0,3$  об/хв.

### Втрати тепла в довкілля

$$Q_n = F_{бок} (t_{ст} - t_0) \alpha \text{ Вт}, \quad (20)$$

Де  $F_{бок}$  –бічна поверхня барабана м<sup>2</sup> ;  $t_{ст}$  - температура стінки барабана із зовнішнього боку °С ;  $t_0$ - температура довкілля,°С;  $\alpha$ - коефіцієнт тепловіддачі від стінки барабана в довкілля в  $\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{град})}$ .

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Він дорівнює:

$$\alpha = \alpha_k + \alpha_l \quad (21)$$

Де  $\alpha_k$ - коефіцієнт тепловіддачі за рахунок вимушеної конвекції докiлля вiдносно зовнiшньої поверхнi барабана, що обертається,  $\frac{вт}{(м^2 \cdot град)}$ ;

$\alpha_l$  - коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням,  $\frac{вт}{(м^2 \cdot град)}$ .

Приймаю  $t_{ст} = 55^\circ C$  і визначають режим руху навколишнього повітря вiдносно зовнiшньої поверхнi барабана :

$$Re = \frac{w_{\epsilon} \rho_{\epsilon}}{\mu} = \frac{0,178 \cdot 8,2 \cdot 1,185}{0,0188 \cdot 10^{-3}} = 92000 \quad (22)$$

Де вiдносна швидкiсть руху повітря

$$w_2 = \frac{\pi d_{нарп} n}{60} = \frac{3,14 \cdot 2 \cdot 2}{60} = 0,858 \frac{м}{сек}; \quad L=d=2м \quad - \quad \text{в даному випадку}$$

визначальний розмір з урахуванням можливої товщини теплової ізоляції;

$\rho_{\epsilon} = \rho_0 \frac{T_0}{T} = 1,293 \frac{273}{273+55} = 1,184 \frac{кг}{м^3}$  - щiльнiсть повітря при  $55^\circ C$ .  $T=273$ - абсолютна температура повітря в К.

Коефіцієнт тепловіддачі вiд стiнки барабани в докiлля за рахунок вимушеної конвекції:

$$Nu = 0,018 Re^{0,8} \epsilon_i = 0,018 \cdot 92000^{0,8} \cdot 1,27 = 168; \quad (23)$$

$$\epsilon_i = 1,27 (\text{при } Re = 7626,9, \frac{L}{D} = 3,5)$$

$$\alpha_k = \frac{Nu \lambda_{\epsilon}}{L} = \frac{168 \cdot 0,0261}{8,2} = 0,214 \frac{вт}{м^2 град}, \quad (24)$$

Де  $\lambda_{\epsilon} = 0,0261 \frac{вт}{(м^2 \cdot град)}$  - теплопровiднiсть повітря при  $55^\circ C$

Визначають коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_n = \frac{\varepsilon C_0 \cdot \left[ \left( \frac{T_{cm}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right]}{t_{cm} - t_0} = \frac{0,95 \cdot 5,7 \cdot \left[ \left( \frac{273+65}{100} \right)^4 - \left( \frac{273+55}{100} \right)^4 \right]}{65 - 55} = 9,7 \frac{вт}{м^2 \cdot град}, \quad (25)$$

де  $C_0 = 5,7 \frac{вт}{м^2 \cdot град}$  - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла;  $\varepsilon = 0,95$  - міра чорноти для поверхні покритою масляною фарбою. Коефіцієнт тепловіддачі від стінки барабана до повітря:

$$\alpha = 0,214 + 9,7 = 9,96 \frac{вт}{м^2 \cdot град} \quad (26)$$

Визначають необхідну товщину шару ізоляції. В якості ізоляційного матеріалу вибирають шлакову вату с  $\lambda_2 = 0,076 \frac{вт}{м^2 \cdot град}$ . Поверх ізоляції завтовшки  $\delta_2$  є кожух з листового заліза ( $\delta_3 = 1$  мм), покритий масляною фарбою. Товщина стінки барабана  $\delta_1 = 1,2$  мм. Можна прийняти  $t_1 = t_2 = 65^\circ\text{C}$  та  $t_3 = t_4 = 35^\circ\text{C}$ . Тут  $t_1$  и  $t_2$  - температура внутрішньої і зовнішньої сторін стінок барабана.  $t_3$  и  $t_4$  - температура стінок захисного кожуха.

Розрахунок ведуть по відомих формулах теплопровідності через циліндричну стінку.

Питомий тепловий потік:

$$q_1 = \pi d_{нар} q_{нар} = \pi d_{нар} \alpha (t_4 - t_0) = 3,14 \cdot 1,7 \cdot 9,96 \cdot (65 - 35) = 530 \frac{вт}{м} \quad (27)$$

По спрощеній формулі

$$q_1 = \frac{\lambda_2}{\delta_2} \pi d_{cp} (t_2 - t_3) = \frac{\lambda_2}{\delta_2} \pi (d + 2\delta_1 + \delta_2) \cdot (t_1 - t_3) \quad (28)$$

визначаємо товщину ізоляції  $\delta_2$

$$530 = \frac{0,076}{\delta_2} \cdot 3,14 \cdot (1,6 + 2 \cdot 0,012 + \delta_2) \cdot (65 - 35), \quad (29)$$

Звідси  $\delta_2 = 0,027$  м. Приймають  $\delta_2 = 30$  мм.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Уточнюємо величину зовнішнього діаметру барабана

$$d_{\text{зовн}} = 2 + 2 \cdot 0,012 + 2 \cdot 0,030 + 2 \cdot 0,001 = 2,086 = 2.1 \text{ м} \quad (30)$$

Зовнішня поверхня барабана

$$F_{\text{бок}} \pi d_{\text{нар}} L = 3.14 \cdot 2.1 \cdot 8 = 61 \text{ м}^2 \quad (31)$$

Теплові втрати в довкілля

$$Q_n = \alpha F_{\text{бок}} (t_4 - t_0) = 6.87 \cdot 61 \cdot (35 - 15) = 4190 \text{ Вт} \quad (32)$$

## 2. Вибір і розрахунок електрокалорифера

Для підігрівання до  $65^\circ\text{C}$  повітря, що поступає в барабан, застосовують нагрівачі повітря з великою поверхнею теплообміну і малим гідравлічним опором.

Найбільш підходять для таких потреб електрокалорифери (за рахунок більшої ефективності нагрівання за менший проміжок часу).

Приймаємо для розрахунку електрокалорифер.

Витрата тепла на нагрів повітря:

$$Q_t = L \cdot \rho_{\text{возд.}} \cdot c_{\text{возд.}} \cdot (t_{\text{вн.}} - t_{\text{нар.}}),$$

де:

$Q_t$  – теплова потужність калорифера, Вт;

$L$  – витрата повітря,  $\text{м}^3$  (0,25 (взимку) і 0,8 (влітку)  $\text{м}^3/\text{кг}$  ТПВ)

$\rho_{\text{возд.}}$  – щільність повітря. Щільність сухого повітря при  $15^\circ\text{C}$  на рівні моря складає  $1,225 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$c_{\text{возд.}}$  – питома теплоємність повітря,  $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K}) = 0,24 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;

$t_{\text{вн.}}$  – температура повітря на виході з калорифера,  $^\circ\text{C}$ ;

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{\text{нар.}}$  – температура зовнішнього повітря, °C

Отже:

$$Q_m = 2448 \cdot 1,225 \cdot 0,24 \cdot (65 - 15) = 41851 \text{ Вт} \quad (33)$$

Питома теплоємність:

$$C_{\text{пит}}(\text{орг. фр}) = 21,9 \cdot 68 + 2000 \text{ (Дж/кг} \cdot \text{°C)} = 2689,2 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \quad (34)$$

Кількість теплоти необхідна для нагрівання середовища:  $Q = cm(t_2 - t_1)$ ,

$$Q = 1216900800$$

За 24 год відвантажується 8106 . Якщо завантаження відбувається 1 раз за годину безперервно, то в барабан додається 338 кг за одне завантаження.

Визначаємо масу сировини і повітря, що подається за 1 год

Сировина:  $m_2 = 338$  кг – свіжої;  $m_1 = 7768$  кг – залишок в апараті

Повітря  $6,76 \text{ м}^3$  - об'єм повітря, що подається за 3 години при інтенсивності аерації  $20(\text{м}^3/\text{т год})$  Розхід повітря згідно з СОУ ЖКГ 03.09-014:2010 . 5.2.4.9 приймаємо  $20 \text{ м}^3/(\text{год т})$ .

Приймаємо температуру в барабані на початок вивантаження  $70^\circ \text{C}$

**Тепловий баланс для сировини, що змішується**

$$C \cdot m \cdot dt = C \cdot m \cdot dt$$

$$C \cdot 7768 \cdot (70 - t_k) = C \cdot 338 \cdot (t_k - 20)$$

$$t_k = (m_1 \cdot t_1) + (m_2 \cdot t_2) / (m_1 + m_2) = (7768 \cdot 70) + (338 \cdot 20) / (7768 + 338) = 68^\circ \text{C}$$

При подачі повітря з температурою  $80^\circ \text{C}$  температура суміші

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

становитиме:

$$C_{\text{пов}} \cdot V \cdot \rho_{(\text{пов})} (t_{\text{п}} - t_{\text{к}}) = C \cdot m_{\text{від}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{відх}})$$

$$t_{\text{к}} = (C_{\text{пов}} \cdot V \cdot \rho_{(\text{пов})} \cdot t_{\text{п}} + C \cdot m_{\text{від}} \cdot t_{\text{відх}}) / (C_{\text{пов}} \cdot V \cdot \rho_{(\text{пов})} + C \cdot m_{\text{від}}) =$$

$$= (1000 \cdot 338 \cdot 1,225 \cdot 80 + 3314 \cdot 8106 \cdot 56) / (1000 \cdot 338 \cdot 1,225 + 3314 \cdot 8106) =$$

$$= 56,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

338- об'єм повітря, що подається за 1 годину при інтенсивності аерації  
20(м<sup>3</sup>/т год)

$\rho$  - густина сухого повітря при 15°C на рівні моря складає 1,225 кг/м<sup>3</sup>;

питома теплоємність повітря – 1000 Дж/(кг С), приймаємо, що саморозігрівання суміші становить 2 °С за год. Тобто за 3 год температура ще підніметься на 5-6 град [34].

Нагрівання відбувається за рахунок екзотермічних процесів всередині барабана та підтримується гарячим повітрям, нагріте повітря подається для з метою підтримки температури при подачі сировини.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

Комплексна автоматизація господарської діяльності стала на сьогоднішній день для багатьох підприємств України нагальною потребою, оскільки ринок розвивається досить динамічно і для того, щоб перемогти в конкурентній боротьбі підприємству також потрібно бути максимально гнучким.

Так, автоматизація на базі гнучких виробничих систем, значно підвищуючи ефективність виробництва, полегшує працю працівників і сприяє збільшенню випуску продукції, поліпшенню її споживчих властивостей. Дозволяючи забезпечувати випуск широкої номенклатури продукції, однорідної по основних конструктивних і технологічних параметрах, гнучка автоматизація є ефективним засобом інтенсифікації [36,38].

Автоматизація виробничого процесу досягається шляхом використання систем машин-автоматів, що являють собою комбінацію різнорідного устаткування та інших технічних пристроїв, розташованих у технологічній послідовності й об'єднаних засобами транспортування, контролю та управління для виконання часткових процесів виготовлення виробів. Особливо важливу роль при цьому відіграє комплексна автоматизація виробництва, коли без безпосереднього втручання людини, але під її контролем машинами-автоматами здійснюються всі процеси виробництва — від надходження сировини до виходу готового продукту.

Під автоматизацією виробництва розуміють процес, під час якого всі або переважна частина операцій, що потребують фізичних зусиль робітника, передаються машинам і здійснюються без його особистої участі, крім функції

					МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Нагорняк Т.А				АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА			Літ.	Арк.	Аркушів
Конс.									83	
								КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп		
Керівн.	Зцдченко Л.С.									
Затверд.	Зцдченко Л.С.									

налагодження, нагляду і контролю [37,42,43].

Етапи розвитку автоматизації в промисловості визначаються розвитком засобів виробництва, електронно-обчислювальної техніки, наукових методів, технології та організації виробництва[40].

### 6.1. Опис технологічного процесу

Новизна проекту полягає у використанні гною та анаеробного активного мулу зі станції водоочищення, як добавки до основної сировини на стадії компостування для підвищення ефективності біологічної деструкції органічної фракції твердих побутових відходів. Також запропоновано використання процесу піролізу для утилізації пластику, відсортованого з ТПВ з метою здешевшення продукції шляхом самозабезпечення підприємства енергоресурсом.

На даному етапі відбувається компостування органічної фракції твердих побутових відходів.

У біобарабан Б-30 об'ємом 18,5 м<sup>3</sup> завантажуються попередньо зважені вихідні речовини для компостування: суміш подрібненої фракції ТПВ з гноєм у вхідний патрубок . Також для інтенсифікації процесу компостування до барабану додається активний мул подається через штуцер призначений для введення рідких сумішей. В цілях аерації та підтримання належної температури в барабан через вхідний патрубок подається нагріте повітря. Для покращення процесу аерації здійснюється його механічне перемішування за рахунок обертання барабану. За рахунок діяльності мікроорганізмів в барабані створюється рН=6.5-7.

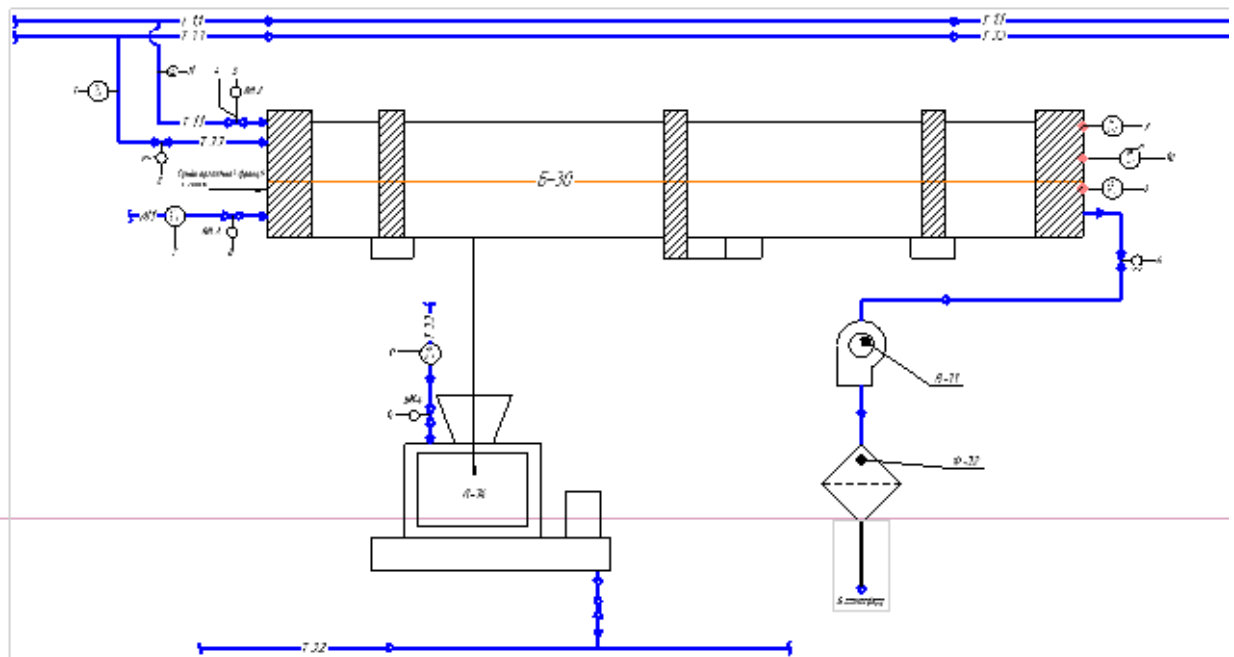
Далі встановлюється та підтримується упродовж усього часу синтезу належна температура середовища (65 °C).

Встановлення належного значення рН здійснюється шляхом природного процесу розкладання органічної фракції. Упродовж часу компостування рН контролюється.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також барабан оснащено необхідною кількістю технологічних штуцерів, через які до реактору завантажуються компоненти для компостування, а також повітря та вода. Також барабан оснащений перемішувачами, які здійснюють перемішування загальної суміші.

Функціональна схема автоматизації даної стадії наведено на рис. 6.1 і відповідному кресленні проекту.



На стадіях компостування та подрібнення компосту контролюються:

- рівень заповнення барабана;

					<div style="text-align: center;"> <i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i> </div>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- температура середовища у барабані;
- рН компостного середовища;
- температура повітря на вході.

Контроль і регулювання параметрів процесу здійснюється за допомогою датчиків та приладів встановлених на робочому обладнанні, трубопроводах та на пульті керування.

Візуалізація показів датчиків здійснюється за допомогою комп'ютерної сітки на основі інтерфейсу відповідно до стандарту EIA RS-485. Даний інтерфейс має велику швидкість обміну даних (115200 bps, bit per second – біт у секунду) при лінії зв'язку до 1200 метрів до керуючого комп'ютера [41].

### 6.2.1 Контури регулювання технологічного процесу

Контроль температури повітря, що подається. За місцем встановлюється вимірювач температури (поз. 1-1). Вихідний сигнал від автоматичного регулятора температури (поз. 1-3) подається на регулювальний клапан (поз. ВМ-1), встановлений на трубопроводі нагрітого повітря. Регулювальний клапан на трубопроводі повітря змінює витрату повітря у барабан, що впливає на процес теплообміну у масі суміші в барабані.

Витрата активного мулу контролюється для забезпечення ефективності процесу. На регулювальний клапан (поз. ВМ-3) марки Н6 N BELIMO подається вихідний сигнал регулятора (поз.3.3) для впливу на виконавчий механізм, що змінює положення клапана для проходження активного мулу.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата повітря на висушування компосту регулюється клапаном марки VRB2 (поз. ВМ-4). На регулювальний клапан (поз. ВМ-3) подається вихідний сигнал регулятора (поз.6.3) для впливу на виконавчий механізм.

### 6.2.2 Автоматичне регулювання

Регулювання рівня заповнення. Рівень реакційного середовища у реакторі вимірюється за допомогою радарного рівнеміра Burkert 8136 (поз. 2-1) з діапазоном вимірювання 0÷20 м. Вихідний аналоговий сигнал 4-20 мА через мікропроцесорний регулятор МИК-21 (поз. 2-2) та безконтактний пускач ПБР-2М (поз. 2-4) керує роботою виконавчого механізму МЕО 6,3/10-0,25 (поз. ВМ-2), який забезпечує подачу води технічної у барабан, за допомогою БРУ-5-3-0-24 (2-3). При відсутності сигналу відбувається перекриття трубопроводу, через який здійснюється подача води.

При досяганні певної межі наповнення, сигнал з (поз.2.3) передається на виконавчий механізм (поз. ВМ-5) для відкриття клапану спускання відпрацьованого повітря.

Контроль температури в барабані первинний вимірювальний перетворювач температури (поз. 4-1) ПВ-109Т виробляє фізичний сигнал пропорційний значенню температури, який передається на пристрій (поз. 4-2) для дистанційної передачі до пульта керування; технічний засіб забезпечує передачу сигналу від місця монтажу вимірювача температури до місця розташування виробничого приміщення з пультом керування; на пульті керування прилад (поз. 4-3) показує значення температури середовища.

Коли температура в середовищі перевищує допустиме значення, налаштованого у блок з сигналізації, прилад (поз. 4-3) формує дискретний вихідний сигнал, відповідно до якого спрацьовує сигналізація у вигляді сигнальної лампочки жовтого кольору HL2.

Для контролю рН використовують датчик рН П-02С (поз.5-1) з діапазоном вимірювання 1÷14, датчик перетворює активність іонів водню в

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		



електрорушійну силу і працює в комплекті з промисловим рН-метром рН-101П (поз. 5-2). Уніфікований електричний сигнал 4-20 мА з рН-метру поступає на мікропроцесорний регулятор МИК-21 (поз. 5-3). При відхиленні рН за мінімальне значення вмикається попереджувальна сигналізація [1].

### 6.2.3 Технологічна сигналізація та захист

Для температури (поз. 4-1) контроль відхилення за максимальне значення вказано символом Н, а за мінімальне – символом L і вони налаштовуються у приладі (поз. 4-3). Символ А показує сигналізацію на панелі приладу.

Сигналізація у вигляді світлового сигналу вмикається у разі критичного значення температури (HL-1 – жовтий колір) (HL-2 – синій колір) [41]. Також спрацьовує сигналізація у разі значного підвищення або зниження рН (HL-3 – жовтий колір, HL-4-синій колір).

Таблиця 6.1

Специфікація контрольно-вимірювальних приладів та засобів автоматизації

Поз.	Назва параметру	Назва приладу, технічна хар-ка	Тип моделі	Місце монтажу	Допустимі значення	Кількість	Виробник постачальник
1	2	3	4	5	6	7	8
1-1	Температура повітря	Вимірювальний перетворювач температури	TC004	За місцем	від -50 до +180	1	ОАО «Тепло контроль», РФ
1-3		Автоматичний регулятор температури	ARI TEMPT ROL 771 LCG	На щиті	60 - 130 °C	1	ARI Armaturen, Німеччина

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

2-1	Рівень заповнення барабана	Радарний рівнемір	Burkert 8136	За місцем	20 м	1	Bürkert, Німеччина
2-2 5-3		Універсальний мікропроцесорний регулятор	МИК-21	На щиті		2	ТОВ «Мікрол», Івано-Франківськ
2-4		Пускач безконтактний	ПБР-2М	За місцем		1	ТОВ «Дисотрон» Запоріжжя
2-3		Блок ручного керування	БРУ-5-3-0-24	На щиті		1	ТОВ «Мікрол», Івано-Франківськ
4-1	Температура в барабані	Вимірювальний перетворювач температури	ПВ-109Т	За місцем	-40-80 °С	1	ТзОВ «Термомір» Україна
4-3		Індикатор технологічний мікропроцесорний, плата комутацій	ІТМ-11	На щиті		1	м. Івано-Франківськ, ООО «МІКРОЛ»
5-1	рН середовища у реакторі	Датчик рН $t = 0 - 120\text{ }^{\circ}\text{C}$	П-02С	За місцем	0-14	1	ТОВ «ВП Діліс», Обухів
5-2		рН-метр промисловий $t = 0 - 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ $I_{\text{вих}} = 4-20\text{ мА}$	рН-101П	На щиті		1	ТОВ «ВП Діліс», Обухів

BM-1 BM-4 BM-5		Регулювальний клапан	VRB2	За місцем	0,4-145 м <sup>3</sup> /год	3	«Danfos s Trata d.o.o», Словенія
BM-2		Прилад виконавчий	МЕО 6,3/10-0,25	За місцем		1	ТОВ «Пром-прилад», Харків
BM-3		Регулювальний клапан	H6 N BELIMO	За місцем	1-60 м <sup>3</sup> /год	1	“Belimo automation AG”, Швейцарія

Таким чином, автоматизація процесу компостування включає в себе контроль, регулювання та сигналізацію ключових параметрів протікання технологічного процесу (температури, рівня рідини, рН). Для автоматизації виробництва використовуються первинні датчики (сенсори), керуючі пристрої та виконавчі механізми.

Результатом автоматизації стало підвищення продуктивності компостування за рахунок точного, швидкого управління параметрами процесу, а також зменшення трудомісткості процесу. Завдяки системам сигналізації та захисту вдалось забезпечити безпечну експлуатацію обладнання

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

## РОЗДІЛ 7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 7.1 Техніко-економічне обґрунтування проектного рішення

Практика поводження з твердими побутовими відходами в Україні показує відсутність захисту населення і навколишнього середовища від негативного їх впливу. Такий стан характерний практично для всіх областей України і являє собою національну проблему, вирішувати яку потрібно негайно.

При цьому сучасних ринкових умовах висока вартість традиційних органічних і мінеральних добрив обмежує можливість підвищення продуктивності сільського господарства. Для розвитку сільського господарства на різних етапах в даний час доцільно використовувати органічні відходи і продукти на їх основі як найбільш дешеве і незатребувана сировину. Це пов'язано з тим, що багато видів відходів містять органічну речовину і елементи мінерального живлення рослин, мають інші корисні властивості, що дозволяє використовувати їх при вирощуванні деревних і чагарникових рослин. Тому питання, пов'язані з вивченням переробки органічних відходів сучасними біоконверсійними засобами і їх використанням в лісовому господарстві, є дуже актуальними.

Скупчення відходів в багатьох місцях часто виступають в ролі техногенних забруднювачів. Наявність в них різних видів небажаних інгредієнтів вимагає комплексного підходу, що враховує безліч факторів поводження з відходами, в тому числі визначення найбільш оптимальних методів і способів переробки, можливості використання в корисних цілях в різних технологічних процесах лісогосподарства-ного виробництва. Тому утилізація органічних відходів дозволить вирішувати і екологічну проблему

					<i>МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	<i>Нагорняк Т.А</i>				<i>ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</i>		Літ.	Арк.
Конс.								91
							<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп</i>	
Керівн.	<i>Зцдченко Л.С.</i>							
Затверд.	<i>Зцдченко Л.С.</i>							

з категорії забруднювачів навколишнього середовища вони переходять в розряд ґрунтових меліорантів.

Обрана технологія дозволяє вирішити проблему переробки органічної фракції твердих побутових відходів з виробництвом добрива для лісгосподарства та сільського господарства - компосту.

## 7.2. Розрахунок ефективного фонду робочого часу підприємства

Режим роботи підприємства – безперервний (підприємство працює 365 днів на рік, 7 днів на тиждень, протягом 24 годин на добу, в 4 зміни).

Технологічний контроль, управління технологічними процесами здійснюється постійно робочим персоналом.

Тому ефективний фонд робочого часу становить:

$$T_{ef} = 365 \times 24 = 8760 \text{ год/рік} \quad (7.1)$$

Режим роботи підприємства і річний режим роботи представлено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 Річний фонд робочого часу підприємства

Показник	Норма робочого часу
Календарний фонд робочого часу підприємства, діб	365
Тривалість робочого дня підприємства, год	24
Календарний фонд робочого часу підприємства, год.	8760
Час простою у планово-попереджувальних ремонтах протягом року, год.	$T_{пр}=228$ год
Виробничий річний фонд робочого часу підприємства	$T_{ef}=8772$ год

### 7.3. Розрахунок та побудова графіка ТОРО (технологічного обслуговування та ремонтів обладнання).

Система ТОРО (технологічного обслуговування та ремонтів обладнання) містить капітальні, середні та поточні ремонти, передбачає технічний огляд та інші види міжремонтного обслуговування технологічного обладнання.

В умовах безперервного виробництва номінальний річний фонд робочого часу роботи обладнання становить 8760 год/рік (або 8640 год/рік з урахуванням можливого простою обладнання з непередбачених причин, який у системі ППР складає 120 год/рік).

Приймаємо тривалість простою обладнання під час ремонту – капітальний ремонт – 120 год/рік, середній ремонт – 24 год/рік, поточний – 6 год/рік.

В умовах безперервного виробництва кількість капітальних ремонтів розраховується:

$$a_k = \frac{T_{\text{еф}}}{t_k} \quad (7.2),$$

де  $t_k$  – час між двома капітальними ремонтами.

Кількість середніх ремонтів:

$$a_c = \left( \frac{T_{\text{еф}}}{t_c} \right) - a_k \quad (7.3),$$

де  $t_c$  – час між двома середніми ремонтами.

Кількість поточних ремонтів:

$$a_{\text{п}} = \left( \frac{T_{\text{еф}}}{t_{\text{п}}} \right) - a_k - a_c \quad (7.4),$$

де  $a_{\text{п}}$  – час між двома поточними ремонтами.

Для реактору, в умовах безперервного виробництва, кількість капітальних ремонтів дорівнює:

$$a_k = \frac{(365 \cdot 24 - 120)}{8640} = 1 \quad (7.5).$$

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість середніх ремонтів:

$$n_c = \frac{(365 \cdot 24 - 24)}{1725} - 1 = 4 \quad (7.6).$$

Кількість поточних ремонтів:

$$n_{\Pi} = \frac{(365 \cdot 24 - 6)}{500} - 1 - 4 = 12 \quad (7.7).$$

Загальний час простою у ремонтах:

$$T_{\text{рем}} = 1 \cdot 120 + 4 \cdot 24 + 6 \cdot 12 = 288 \text{ год} \quad (7.8).$$

Ефективний час роботи підприємства:

$$T_{\text{еф}} = 8760 - 288 = 8472 \text{ год} \quad (7.9).$$

Розрахунки проводимо для кожного найменування одиниці обладнання.

Для біобарабану згідно літературних даних капітальний ремонт проводиться 1 раз на рік; середній ремонт – 3 рази на рік; проведення поточних ремонтів – 6 разів на рік.

Загальний час простою біобарабану у ремонтах за 1 рік становить:

$$T_{\text{рем}} = 1 \cdot 120 + 5 \cdot 24 + 6 \cdot 6 = 228 \text{ год} \quad (7.10)$$

Ефективний час роботи біобарабана за рік без простою обладнання:

$$T_{\text{еф}} = (8760 - 120) - 228 = 8412 \text{ год} \quad (7.11).$$

Результати розрахунків представлені в таблиці 7.2.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.2.

## Графік технологічного обслуговування і ремонтів обладнання на рік

Обладнання	Вид ремонту, тривалість простою			Кількість ремонтів протягом календарного місяця за видами ремонтів													тривалість простою в ремонтах, год/рік	Ефективний фонд робочого часу обладнання, год/рік
	К	С	П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Біобарабан	$\frac{8640}{120}$	$\frac{1440}{24}$	$\frac{720}{6}$	П	С	П	П	С	К	С	П	П	С	П	С	276	8364	
Грохот	$\frac{8640}{120}$	$\frac{1440}{96}$	$\frac{720}{72}$	П С	П	П	П	П С	П К	П С	П	П	П С	П	П	288	8472	
Дробарка молоткова	$\frac{8640}{120}$	$\frac{1440}{96}$	$\frac{720}{72}$	П С	П	П	П	П С	П К	П С	П	П	П С	П	П	28' 8	8472	
Сушарка	$\frac{8640}{120}$	$\frac{1440}{24}$	$\frac{720}{6}$	С	П	С	П	П	С	П	С	П	К	П	С	276	8364	
Металовідділювач	$\frac{8640}{120}$	$\frac{1440}{24}$	$\frac{720}{6}$	С	П	С	П	П	С	П	С	П	К	П	С	276	8364	

## 7.4. Розрахунок виробничих потужностей

Добова потужність станції переробки органічної фракції твердих побутових відходів складає:  $Q=3250$  кг/добу.

Річний випуск компосту становить:

$$Q_{\text{річн}}=3250 \cdot 365=1186250 \text{ кг/рік}=1186 \text{ т/рік} \quad (7.12)$$

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		95



## 7.5. Розрахунок вартості сировини та матеріалів

Розрахунок витрат сировини, матеріалів базується на нормах витрат, встановлених галузевими нормативами, стандартами та технологічними регламентами підприємств, обраним технологічним рішенням. Результати розрахунків представлені в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3. Розрахунок вартості сировини та матеріалів

Сировина та матеріали, грн..	Витрати на рік		Витрати на одиницю продукції		
	Кількість, од.	Сума, грн..	Кількість, од	Ціна, грн./м <sup>3</sup>	Сума, грн..
1. Основна сировина: Органічна складова твердих побутових відходів	1775 т.	0	1,4 кг	0	0
2. Допоміжні матеріали: Вода водопровідна					
Гній	36500 м <sup>3</sup>	573050	0,02 м <sup>3</sup>	15,7	0,35
Активний мул	857 т	1285500	0,48 кг	1500	0,72
	325580 м <sup>3</sup>	2930220	0,18 м <sup>3</sup>	90	16,2

## 7.6. Розрахунок собівартості продукту і вартості проекту

### 7.6.1. Розрахунок собівартості продукції підприємства.

#### Амортизаційні витрати.

Таблиця 7.4. Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Об'єкт	кількість	Балансова вартість об'єкта, грн.	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн./рік
Біобарабан	1	600 000	10	60 000
Грохот	1	400 000	10	40 000

Дробарка молоткова	1	115 000	10	11 500
Сушарка	1	200 000	10	20 000
Металовідділювач	1	450 000	10	45 000
Фільтр тонкошаровий	2	45 000	10	4500
Приміщення прийому сировини	1	560 000	10	56 000
Дробарка шнекова	1	280 000	10	28 000
Сума амортизаційних нарахувань	265000			
Інструменти	3400			
Виробничий та господарський інвентар	1500			
Разом	2654900			

#### **7.6.2. Розрахунок вартості палива та енергії на технологічні потреби**

Розрахунок вартості електроенергії проводять шляхом множення розрахункової кількості електричної енергії на її собівартість.

Тариф у межах м. Києва на електроенергію для підприємств становить 2,27 грн./кВт·год (з урахуванням ПДВ).

Розраховані величини для різного обладнання внесено до таблиці 7.5.

Таблиця 7.5

## Розрахунок потреби в електроенергії на технологічні потреби

Обладнання	Потужність, кВт	Кількість, од	Коефіцієнт потугу	Загальна потужність	Коефіцієнтбільше нняпотужності	Ефективний час роботи, год/рік	Загальні витрати електроеенергії, кВт/рік
Основне обладнання							
Біобарабан	20	1	0,9	40	1,1	8541	170820
Грохот	4,5	1	0,9	4,5	1,1	8541	38434
Металовідділювач	15	1	0,9	15	1,1	8631	129465
Дробарка молоткова	11	1	0,9	11	1,1	8636	94996
Сушарка	5,5	1	0,9	5,5	1,1	8612	47366
Всього							481081

Вартість спожитої енергії розраховують за формулою:

$$T_e = E \cdot C \quad (7.13),$$

де  $C$  – ринкова вартість електроенергії.

$$T_e = 481081 \cdot 2,27 = 1092053 \text{ грн} \quad (7.14).$$

Розрахунок вартості палива та енергії на технологічні потреби приведені у таблиці 7.6.

Таблиця 7.6. Розрахунок вартості енерговитрат

Енергоносії	Витрати на рік		Витрати на одиницю продукції		
	Кількість, од	Сума, грн.	Кількість, од	Ціна, грн./од	Сума, грн.
Електроенергія	481081 кВт	1092053	0,4 кВт	2,27	0,9
Вода	36500 м <sup>3</sup>	573050	0,02м <sup>3</sup>	15,7	0,314
Всього		1665103			1,2

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

### 7.6.3. Розрахунок основної та додаткової заробітної плати виробничих працівників із нарахуваннями

Фонд заробітної плати виробничих робітників (безпосередньо зайнятих виробництвом продукції) встановлюють виходячи із спискової чисельності тарифного розряду, тарифної ставки, кількості робочих днів, відпрацьованих одним працівником протягом року з урахуванням режиму роботи підприємства. Режим роботи працівника характеризується 8-ми годинною робочою зміною в умовах безперервного робочого тижня.

Графік змінності основних виробничих працівників наведений у таблиці 7.7.

Таблиця 7.7. Графік змінності операторів

Номер бригади	Дата															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В
II	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1
III	2	В	3	3	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2
IV	3	3	В	В	1	1	1	1	В	2	2	2	2	В	3	3

1 – перша зміна (22:00-06:00)

2 – друга зміна (06:00-14:00)

3 – третя зміна (14:00-22:00)

В– вихідний

Тривалість робочого циклу становить:

$$T_{\text{вир}}^{\text{рік}} = 365 \cdot 24 = 8760 \frac{\text{год}}{\text{рік}} \quad (7.15)$$

$$T_{np}^{рік} = \frac{365}{7} \cdot 40 = 2086 \frac{год}{рік} \quad (7.16)$$

Кількість бригад необхідних для безперервного виробництва:

$$n_{бригад} = \frac{8760}{2086} = 4 \text{ бригади} \quad (7.17)$$

Виходячи з режиму роботи працівника та режиму роботи підприємства (таблиця 7.8), розраховуємо річний фонд робочого часу одного працівника.

Ефективний фонд робочого часу робітника в нормальних умовах праці протягом року становить:

$$T_{ef} = 243 \cdot 8 = 1944, \text{ год /рік} \quad (7.18),$$

де 243 – кількість робочих днів одного працівника в нормальних умовах праці протягом року (табл. 7.9); 8 – тривалість робочої зміни, год/доб.

Розраховуючи фонд оплати праці, враховують явочну чисельність персоналу, чисельність його за списком, місячний оклад та тарифні розряди. При переході від явочного числа до спискового, необхідно розрахувати перехідний коефіцієнт:

$$365/243 = 1,5 \quad (7.19).$$

Різниця між списковим та явочним числом робітників дає кількість допоміжних робітників для підзмін.

Таблиця 7.8. Приблизний баланс часу роботи одного робітника

Показник	Тривалість, діб/рік, в умовах безперервного виробництва, при 8-годинному робочому дні
Календарний час роботи станції, днів	365
Неробочі дні з розрахунку на одного працівника:	91
- вихідні	-
- святкові	-

Номінальний фонд робочого часу, днів	274
Цілоденні невиходи на роботу:	
- основна відпустка	18
- хвороби	7,5
- декретна відпустка	4
- виконання державних обов'язків	1
- інші невиходи	0,5
Час роботи одного працівника, днів	243

Розрахунок тарифних сіток базується на тарифній ставці працівників 1-го розряду та відповідних коефіцієнтах. Під час розрахунку оплати праці враховуються норми мінімальної заробітної плати в Україні. Згідно з даних на 01.01.18 мінімальна заробітна плата становить 3723 грн. Тоді тарифна ставка не повинна бути меншою за:

$$ТС = (3723 \cdot 12) / (243 \cdot 8) = 22,9 \text{ грн /год} \quad (7.20).$$

Нарахування на заробітну плату складають 22%:

Послідовний розрахунок чисельності робітників та фонду заробітної плати наводяться в таблиці 7.8.

Таблиця 7.8.

Річний фонд заробітної плати основних та допоміжних працівників

Посада	Кількість працівників в бригаді, осіб	Кількість бригад, шт	Заробітна плати одного працівника за місяць, грн/міс.	Сумарна заробітна плати працівників, що займають дану посаду за рік, грн/рік	Нарахування на фонд оплати праці, грн/рік
Головний технолог	1	-	15000	180000	39600

Головний інженер	1	-	14000	168000	36900
Керівник бригади	4	4	8000	384000	84480
Технолог	2	4	7000	336000	73920
Інженер	4	4	6500	312000	68640
Прибиральник	2	4	4000	192000	42240
Сума	14	-	54500	1572000	345840

### 7.7. Розрахунок поточних витрат

Поточні витрати включають основну та додаткову заробітню плату персоналу, витрати на утримання та поточне налагодження виробничих цехів і споруд, енерговитрати, водопостачання та водовідведення, амортизацію виробничих будинків та споруд та витрати на охорону праці, ремонт та експлуатацію, ін. Дані наведені у таблиці 7.9

Стаття витрат	Витрати, грн
Зарплатня персоналу	1572000
Нарахування на заробітню плату	345840
Витрати на утримання будівель та обаднання:	
-енерговитрата, водопостачання та водовідведення	1665103
-амортизація	265000
Витрати на ремонт та експлуатацію	150000
Витрати на охорону праці	50000
Інші витрати	1500
Сума	4049443

## 7.8 Розрахунок собівартості продукції

Собівартість розраховують на підставі калькуляції, яку складають або за елементами (для підприємства в цілому), або за статтями (для окремого підрозділу) (таблиця 7.10).

Таблиця 7.10. Калькуляція собівартості готової продукції

Стаття калькуляції	Витрати на річне одержання компосту, грн.	Витрати на од.продукції (кг), грн.
Основна сировна	0	0
Енерговитрати, водопостачання та водовідведення	1665103	1,2
Заробітня плата персоналу	1572000	1,1
Нарахування на ЗП	345840	0,29
Амортизаційні витрати	265000	0,21
Інші витрати	1500	0,029
Вартість виробничих основних фондів	2654900	2,1
Повна собівартість	6504343	4,9

До собівартості входить вартість основних виробничих фондів підприємства, оборотні кошти та оборотні фонди, а також опосередковані витрати (вартість утримання адміністративно-управлінського персоналу та інші витрати, які неможливо безпосередньо віднести на собівартість готової продукції).

Отже, собівартість 1кг компосту становить 4,9 грн.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 7.9 Розрахунок ефективності виробництва.

Розраховуємо капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОбК} = 2654900 + 4788770 = 7443670 \quad (7.21)$$

Фондовіддача виробничих фондів:

$$\Phi B = B / \text{ОФ} = 9,7 \quad (7.22)$$

Фондоємність виробничих фондів:

$$\Phi E = 1 / \Phi B = 1 / 9,7 = 0,1 \quad (7.23)$$

Таблиця 7.11. Техніко-економічні показники

Показник	Значення показників підприємства	
	Одиниця вимірювання	Значення
1. Річний випуск продукції;	т/рік	1186
2. Чисельність персоналу по списках	осіб	14
3. Середньорічний виробіток робітника;	т/особу	85
4. Капіталовкладення		
• усього;	грн.	7443670
• на одиницю продукції;	грн./кг	63,3
5. Вартість виробничих фондів:		
• основних;	грн.	2654900
• оборотних;	грн.	4788770

6. Ринкова вартість продукту;	грн./кг	5,9
7. Відносний прибуток на одиницю продукції;	грн./кг	1,0
8. Рентабельність продукту;	%	159
9. Строк повернень капіталовкладень;	років	3,2
11. Фондовіддача виробничих фондів;	грн./грн.	9,7
12. Фондомісткість	грн./грн.	0,1
Собівартість одиниці продукції	грн	4,9

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

## 8. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

### 8.1 Загальні відомості

Сортування і комплексна переробка твердих побутових відходів проводяться за допомогою потужного високотехнологічного обладнання. Працювати з ним потрібно тільки строго дотримуючись техніки безпеки, тому кожен співробітник повинен в обов'язковому порядку проходити підготовку, вступний та первинні інструктажі. Для того, щоб переробка і сортування ТПВ на спеціалізованому обладнанні проводилися максимально безпечно, роботодавець повинен забезпечити відповідні умови роботи.

У даній роботі розглянуті умови праці сортувальника твердих побутових відходів на сортувальній станції. Сортувальна станція - це закриті приміщення, в якому є лінія ручного сортування. Тверді побутові відходи знаходяться на горизонтальному стрічковому транспортері, розташованому на висоті 1-1,2 м над рівнем підлоги. По боках горизонтального транспортера – робочі місця сортувальників. Робочі місця сортувальників обладнані контейнерами для збору фракцій ТПВ, сидінням, спеціальними пристосуваннями для полегшення роботи по розбиранні сміття.

До кожного робочого місця має бути підведена витяжна вентиляція та освітлення, з використанням ламп денного світла. Також організовано обігрів робочих місць для створення комфортної температури для робітників у холодну пору року.

Забезпечується наявність огорожень у небезпечних зонах. Підходи до небезпечних об'єктів, особливо таких, як дробильні установки, повинні бути огорожені для виключення безпосереднього контакту робітників з цим обладнанням.

					<i>МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	<i>Нагорняк Т.А</i>				<i>ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ</i>		Літ.	Арк.
Конс.								106
Керівн.	<i>Зцдченко Л.С.</i>						<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп</i>	
Затверд.	<i>Зцдченко Л.С.</i>							

Роботодавець повинен заборонити чистити або ремонтувати установки в момент, коли вони працюють.

Експлуатація кожної окремої установки, такої як барабан, конвеєр, дробарка або інше обладнання, передбачає дотримання індивідуальних норм і правил безпеки. Експлуатація технологічного обладнання здійснюється відповідно до інструкцій по експлуатації (складаються службою головного механіка) і заводською (фірмовою) технічною документацією. Дані інструкції містять правила підготовки, роботи і зупинки устаткування, повсякденного відходу і змащування механізмів; карту змащувань; короткі відомості про можливі несправності; основні вимоги безпеки.

Експлуатація обладнання повсякденно здійснюється працівниками, що обслуговують його, а саме слюсарями-налагоджувачами, електриками, черговими слюсарями і електриками цеху або заводу. Огляди і планово-попереджувальні ремонти обладнання виконуються службою головного механіка.

Для забезпечення працездатності, безпечної, безаварійної та економічної роботи устаткування, зокрема і молоткової дробарки, яка розроблялась, необхідно:

- вивчити технічну документацію (опису, схеми, креслення і т.п.), принцип роботи, конструктивні особливості, правила складання, розбирання і налагодження;
- швидко і безпомилково виконувати всі дії, що забезпечують безаварійний пуск, експлуатацію і вихід машини з дії;
- здійснювати належний догляд за обладнанням, містити його в технічно справному стані, проводити регулювання відповідно до вимог заводу, де було виготовлене устаткування, усувати характерні несправності вузлів і механізмів машини.

Перед пуском обладнання в експлуатацію необхідно підготувати робоче місце і оглянути обладнання. Під час огляду перевіряють наступне:

					<i>МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ</i>	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- чистоту і справність обладнання, відсутність сторонніх предметів на рухомих частинах;

- наявність і справність захисних елементів на обертових і рухомих частинах обладнання, справність завантажувальних (розвантажувальних) пристроїв; надійність кріплення вузлів і деталей обладнання (стійок, редукторів і т.п.), Справність з'єднувальних муфт, гальмівних пристроїв і т.п.;

- справність ланцюгових, ремінних і інших передач. При необхідності треба відрегулювати натяг останніх відповідно до вимог інструкції заводу-виготовлювача;

- наявність і справність контрольно-вимірювальних приладів, своєчасно пройшли перевірку, засобів світлової та звукової сигналізації;

- наявність і справність заземлюючих або занулюючих пристроїв.

## 8.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При поводженні з твердими побутовими відходами (ТПВ) і вторинною сировиною працівник піддається дії таких небезпечних та шкідливих факторів :

- Хімічні фактори: – підвищений рівень сірчаного газів у повітрі робочої зони і в зоні дихання.

- Фізичні:

- підвищена запиленість повітря робочої зони;

- викиди речовин з неприємним запахом (сірководню, аміаку, меркаптанів) на полігонах, сміттесортувальних лініях та складах компосту;

- шум від транспортних засобів та устаткування для подрібнення ТПВ та вторинної сировини на сміттесортувальних та складах компосту;

- вплив магнітного поля (для робітників, які контактують з електромагнітним сепаратором);

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підвищений рівень шуму від обладнання;
- недостатня освітленість робочого місця;
- Психофізіологічні фактори:
  - фізичне перенавантаження статична перенапруга, динамічна перенапруга;
  - нервово-психічне перенавантаження напруження зорових аналізаторів, нервово-емоційне напруження.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Основне законодавство України, яке необхідно враховувати в ході оцінки впливу комплексів з переробки сміття на навколишнє середовище, включає наступні закони:

- Закон України «Про екологічну експертизу»;
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»;
- Закон України «Про охорону атмосферного повітря».

Вибір земельної ділянки для розміщення підприємства треба проводити згідно з вимогами чинного природоохоронного й санітарного законодавства, ДБН 360 та СНіП II-89. Площу ділянки для розміщення підприємства приймають залежно від прийнятої технології сортування та перероблення ТПВ [42,43].

Площу земельної ділянки для розміщення підприємства рекомендовано приймати з розрахунку приблизно 0,09 га на 1000 т ТПВ на рік, у тому числі 0,06 га на 1000 т безпосередньо для виробництва та 0,03 га на 1000т ТПВ - під склади готової продукції (компосту) та відсортованих компонентів ТПВ, адміністративно-побутові споруди .

Одним з найважливіших завдань сучасності є проблема захисту довкілля. Викиди промислових підприємств, енергетичних систем і транспорту у повітря, водойми і надра на сучасному розвитку досягли таких розмірів, що деякі районах рівень забруднення значно перевищує санітарних норм. Особливу небезпеку становлять собою забруднення атмосфери та гідросфери.

Саме тому на підприємстві функціонує замкнутий цикл системи водопостачання і очистки стічних вод, на виходах відпрацьованого повітря встановлені фільтри-сорбенти.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливими є наступні вимоги щодо охорони навколишнього середовища:

- гранично допустимі концентрації небезпечних речовин в атмосферному повітрі населених районів;
- правила захисту поверхневих вод від забруднення зворотними водами (стандарти якості води водних об'єктів рибогосподарського призначення та води, призначеної для побутового використання);
- санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення СанПіН 4630-88 (гранично допустимі концентрації);
- Наказ № 309 від 27.06.2006 Міністерства охорони навколишнього природного середовища України «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел»[44];
- допустимі рівні дози зовнішнього гамма-випромінювання (норми контролю радіаційного випромінювання на будівельних майданчиках, підприємствах будівельної галузі та у будівельних матеріалах в Україні, ДБН В. 1.4-1.01-97)[45].

Контроль і забезпечення відповідності вимогам має забезпечувати власник підприємства.

Санітарно-епідеміологічні вимоги та обмеження містяться в Законі України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» № 4004-XII від 24.02.1994 та державних санітарних правилах та нормах[46].

Відповідно до СНіП II-89 проектом будівництва підприємства треба передбачити такі функціональні зони:

- передзаводську (за межами огорожі або умовної границі підприємства);
- виробничу зі сміттесортувальною станцією та цехом перероблення;

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- підсобну;
- складську.

В Україні також прийнята класифікація відходів за класами небезпеки згідно ДСанПіН 2.2.7.029-99 "Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення" (I клас – надзвичайно небезпечні, II клас – високо небезпечні, III клас – помірно небезпечні, IV клас – мало небезпечні). ТПВ без перевищення норм радіоактивності прийнято відносити до IV класу[47].

Серед різних складових екологічної проблеми (виснаження сировинних ресурсів, нестача чистої прісної води, можливі кліматичні катастрофи) найбільш загрозливого характеру прийняла проблема забруднення природних ресурсів, води, повітря й ґрунтів відходами в промисловості й транспорту.

Задля чистоти повітря від промислової пилу застосовуються місцеві насоси в заточувальних відділеннях і спільні в цехах.

Основними завданнями у сфері охорони навколишнього середовища є покращення й вдосконалення технологічних процесів з метою зменшення викидів шкідливих речовин у довкілля, створення безвідхідних технологій, збільшення випуску високоефективних газо- і пиловловлюючих апаратів, повірте очисного устаткування, і навіть приладів та автоматичних станцій контролю над забрудненням довкілля.

У цьому цеху повітря робочої зони має дуже багато аерозолі індустріальних масел, абразивною пилу, що виникає при заточенню інструмента.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони – це концентрації, які при 8-годинному робочому дні за весь день не викликають захворювань чи відхилень стану здоров'я.

Стандарт встановлює ГДК понад 700 видів шкідливі речовини. При тривалості роботи у атмосфері, що містить окис вуглецю, трохи більше 1-ї години ГДК окису вуглецю може бути підвищено до  $50 \text{ мг/м}^3$ , при

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тривалості роботи більш 30 хвилин – до 100 мг/ м<sup>3</sup>, при тривалості роботи понад півтора десятка хвилин – до 200 мг/ м<sup>3</sup>.

Повторні роботи в умовах утримання окису вуглецю повітря робочої зони можуть виготовлятися із перервою щонайменше 2 години.

Підприємства і споруди з технологічними процесами, можуть бути джерелами виділення шкідливих і найнебезпечніших речовин у навколишнє середовище, повинні відокремлюватися від житлової забудови санітарно-захисними зонами.

Для визначення цих зон все промислові підприємства, залежно від характеру виробництва, розділені п'ять класів [47], згідно з якими, спроектоване виробництво відноситься до II класу і передбачає санітарно-захисну зону у розмірі 500.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВОК

Скупчені в багатьох місцях відходи часто виступають в ролі техногенних забруднювачів. Наявність в них різних видів небажаних інгредієнтів вимагає комплексного підходу, що враховує безліч факторів поводження з відходами, в тому числі визначення найбільш оптимальних методів і способів переробки, можливості використання в корисних цілях в різних технологічних процесах. Тому утилізація органічних відходів дозволяє вирішувати і екологічну проблему - з категорії забруднювачів навколишнього середовища вони переходять в розряд ґрунтових меліорантів.

Шляхом дослідження існуючих технологій та розробки прокету було досягнуто поставленої мети:

- проаналізовано та описано склад твердих побутових відходів та визначено, що органічна частка твердих побутових відходів там може складати від 20 до 60% загальної маси відходів ;
- проведено огляд трьох найпоширеніших технологій переробки ТПВ, визначено їх переваги та недоліки; обрано в якості технології компостування у біобарабанах через більшу ефективність та меншу витрату часу і людських ресурсів;
- розглянуто біохімічні та мікробіологічні процеси, що відбуваються при компостуванні ТПВ у біобарабані, які дозволяють зрозуміти, що основою утворення компосту є перетворення органічної речовини мікроорганізмами до простих сполук ; наведено характеристику та норми компосту, що утворюється в процесі компостування органічної фракції твердих побутових відходів;

					МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВОК					
Розроб.	Нагорняк Т.А									
Конс.										
Керівн.	Зцдченко Л.С.									
Затверд.	Зцдченко Л.С.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп					
					Літ.		Арк.		Аркушів	
							114			

- розроблено технологічну та апаратурну схеми технології переробки твердих побутових відходів, що включає компостування органічної фракції та піроліз пластику;

- розраховано основні параметри та розроблено креслення обладнання для компостування – біобарабана; обрано типовий барабан з параметрами  $l=8000$ ,  $d=2$  м і загальним об'ємом  $18,5$  м<sup>3</sup>.

- розраховано техніко-економічні показники технології компостування органічної фракції ТПВ, де собівартість продукції складає 4,9 грн/кг, що є рентабельним, хоча здешевлення продукту передбачається у випадку реалізації утвореного після піролізу мазуту ;

- розроблено схему автоматизації для ділянки виробництва що включає в себе головний апарат з додатковими підготовчими роботами (етап біокомпостування та подрібнення компосту, відведення використаного повітря після загального процесу), де контролюються та регулюються основні параметри процесу – це температура середовища, рН, рієнь заповнення барабану.

- розглянуто небезпечні фактори та розробити заходи, щодо охорони праці на виробництві.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кабінет міністрів України. Постанова від 31 серпня 1998 р. N 1360 (Із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ N 1518 ( 1518-2002-п ) від 11.10.2002 )//Про затвердження Порядку ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів - 2002.
2. [Електронне джерело]<http://www.npblog.com.ua/index.php/ekologiya/utilizatsija-vidhodiv.html>
3. Наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України від 21.03.2006 № 54 “Про затвердження Правил надання послуг із збирання та вивезення твердих побутових відходів“, затверджених наказом № 54 від 21.03.2000 р. Держкомітету архітектури та житлової політики. - 2000.
4. Наказ Держстандарту України від 29 лютого 1996 р. №89 "ДЕРЖАВНИЙ КЛАСИФІКАТОР УКРАЇНИ Класифікатор відходів ДК 005-96 " (Зміна N 2 до Класифікатора відходів (КВ) ДК 005-96 від 22.01.2008).- 2008.
5. Игнатович Н.И., Рыбальский Н.Г. Что нужно знать о твердых бытовых отходах?/ Н.И. Библиотечка для населения, серия „Экологическая безопасность в быту ”. - М.: РЭФИА, 1995. - 66 с.
6. [Електронне джерело][https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/25370/1/poligony\\_TPV\\_Kalashnyk.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/25370/1/poligony_TPV_Kalashnyk.pdf)
7. Душкін С. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія утилізації твердих побутових відходів» (для студентів 2, 5 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.092601 (7.06010808) «Водопостачання та водовідведення») / С. С. Душкін, М.

					МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Нагорняк Т.А			СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Конс.										116	
								КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп			
Керівн.		Зубченко Л.С.									
Затверд.		Зубченко Л.С.									

- В. Дегтяр; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 86 с.
8. Методические рекомендации по определению морфологического состава твердых бытовых отходов, утвержденных приказом №39 МинЖКХ Украины от 16.10.2010 г
  9. Дрейер А. А., Сачков А. Н., Никольский К. С., Маринин Ю. И., Миронов А. В. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка Москва, 2002. – 97.
  10. Daniel Hoornweg and Perinaz Bhada-Tata. WHAT A WASTE. A Global Review of Solid Waste Management. March 2012, No. 15 - 98 p.
  11. “World Bank. 2012. The World Bank Annual Report 2012 : Volume 1. Main Report. World Bank Annual Report;. Washington DC. - 25 p.
  12. William E. Eleazer†, William S. Odl, Yu-Sheng Wang, and Morton A. Barlaz. Department of Civil Engineering, Box 7908, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina 27695-7908 , № 31 (3), - 1997. - pp 911–917.
  13. Гусев С. П., Склад і норми внесення промислових відходів/ С.П. Гусев; М.: Універсальна книга, 1996. - 42.
  14. Кузнецов А.Е., Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие. В 2 т. / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова [и др.] М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. Т. 1.
  15. Ножевников А.Н. Биотехнология и микробиология анаэробной переработки органических коммунальных отходов: коллективная монография / общая ред. и составл. А.Н. Ножевниковой, А.Ю. Каллистова, Ю.В. Летие, М.В. Кевбрина; . - М.: Университетская книга, 2016. - 320 с.
  16. A. Haug, Auger recombination with traps in quantum-well semiconductors, Applied Physics A Solids and Surfaces, 10.1007/BF00331406, 56, 6, (567-569), 1993.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Гаценко М. В. КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ. МІКРОБІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ / М. В. Гаценко Сільськогосподарська мікробіологія. — 2014. — Вип. 19. — С. 11–20.
18. Максимов С. Л. Вермитехнологии в Белорусии / Органическое сельское хозяйство Белорусии: перспективы развития : матер. междунар. науч.-практ. конф. / сост. Н. И. Перечина. — Минск : Донарит, 2012. — С. 50–53.
19. Сидоренко О. Д. Микробиологические основы получения компостов / О. Д. Сидоренко // Агрохимический вестник. — 1997. — № 6. — С. 3.
20. Коваленко В. П. Компостирование отходов животноводства и растениеводства : монография / Коваленко В. П., Петренко И. М. — Краснодар : КГАУ, 2001. — 148 с.
21. Швед О.В. Екологічна біотехнологія: Навч. посібник: у 2 кн. Кн. 1 / О.В. Швед, О.Б. Миколів, О.З. Комаровська-Порохнявець, В.П. Новіков. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2010. — 424 с.
22. Food Scrap Recycling: A Primer for Understanding Large-Scale Food Scrap Recycling Technologies for Urban Areas (U.S. EPA Region I, October 2012)
23. New York City Economic Development Corporation and New York City Department of Sanitation. Evaluation of New and Emerging Solid Waste Management Technologies. September 16, 2004.
24. Биотехнология микроорганизмов в сельском хозяйстве. Сборник научных трудов. Изд-во МГСХА им. Тимирязева. М.: 1989. — С. 76-80.
25. Биотехнология переработки отходов животноводства и птицеводства в органическое удобрение/ А.Ю. Винаров, А.А. Кухаренко, Т.В. Ипатова, Б.В. Бурмистров. - М.: ФИПС, 1998. — 114с.
26. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Микробиология. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1978. — 351 с.

27. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Научные основы экобиотехнологии/ Учебное пособие для студентов. – М.: Мир, 2006. – 504 с.
28. Выворова Е. Ф. Микробиологические процессы, протекающие при хранении навоза. - Омск, Омский СХИ, 1972. – 13 с.
29. Мишустин Е. Н., Термофильные микроорганизмы в природе и практике. – М., Л. АН СССР, 1950. – 391 с
30. Бесподстилочный навоз и его использование для удобрения. Предисл. и перевод с нем. П.Я. Семенова, М.: Колос, 1978. – 272 с.
31. Неклюдов А. Д. Интенсификация процесса компостирования при помощи аэробных микроорганизмов (обзор) / А. Д. Неклюдов, Г. Н. Федотов, А. Н. Иванкин // Прикладная биохимия и микробиология. — 2008. — Т. 44, № 1. — С. 9–23
32. Сидоренко О. Д. Микробиологические основы получения компостов / О. Д. Сидоренко // Агрохимический вестник. — 1997. — № 6. — С. 3–4.
33. Коваленко В. П. Компостирование отходов животноводства и растениеводства : монография / Коваленко В. П., Петренко И. М. — Краснодар : КГАУ, 2001. — 148 с.
34. Побутові відходи. ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ОРГАНІЧНОЇ РЕЧОВИНИ, ЩО Є У СКЛАДІ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ СОУ ЖКГ 03.09-014:2010
35. М.И. Мягков, Г.И. Алексеев, В.А. Ольшанецкий, Твердые бытовые отходы, Л-д, Стройиздат, 1978, с.51, 69.
36. Березівський П. С. Організація виробництва в аграрних формуваннях: Навчальний посібник/ П. С. Березівський, Н. І. Михалюк; Мін-во освіти і науки України, Львівський держ. аграрний ун-т. - К.: Центр навчальної літератури, 2005. - 559 с.
37. Гриньова В. Організація виробництва: Навчальний посібник/ Валентина Гриньова, Марина Салун.; М-во освіти і науки України, Харківський нац. екон. ун-т. - Харків: ВД "ІНЖЕК", 2005. - 550 с.

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						120
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		



38. Єгупов Ю. Організація виробництва на промисловому підприємстві: Навчальний посібник/ Юрій Єгупов,; Мін-во освіти і науки України, Одеський держ. економічний ун-т. - К.: Центр навчальної літератури, 2006. - 488 с.
39. Організація виробництва: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів/ Володимир Онищенко, Олександр Редкін, Анатолій Старовірець, Віра Чевганова,. - К.: Лібра, 2005. - 334 с.
40. Пасічник В. Г. Організація виробництва: Навчально-методичний комплекс для студентів економічних спеціальностей усіх форм навчання/ В. Г. Пасічник, О. В. Акіліна; Ін-т муніципального менеджменту та бізнесу. - К.: Центр навчальної літератури, 2005. - 293 с.
41. Брюханов, В.Н. Автоматизация производства. / В.Н. Брюханов. - М.: Высшая школа, 2005. - 367 с.
42. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. ДБН 360-92. Наказ від 17.04.1992 № 44. Редакція: 23.04.2018.
43. СНиП II-89-80. Генеральные планы промышленных предприятий. — М ФГУП ЦПП, 2006 - 36 С
44. Наказ № 309 від 27.06.2006 Міністерства охорони навколишнього природного середовища України «Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел».
45. Регламентовані радіаційні параметри. Допустимі рівні. ДБН В.1.4-1.01-97.
46. Санітарно-епідеміологічні вимоги та обмеження містяться в Законі України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» № 4004-ХІІ від 24.02.1994 та державних санітарних правилах та нормах.
47. ДСанПіН 2.2.7.029-99 "Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення"

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ДОДАТОК 1

### СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Позиція	Позначення, марка	Найменування	Кількість	Маса, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6
В-1		Вагова. Комплекс, призначений для зважування ТПВ.	1		
КП-1.1	МКС-05 «ТЕРРА» 2010.	Дозиметр – радіометр. Призначений для визначення рівня радіоактивності ТПВ.	1		
К-2		Камера відеоспостереження. Для забезпечення норм безпеки по НТД.	1		

					МД.162.БЕЗ110.00.00.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Нагорняк Т.А				ДОДАТКИ		Літ.	Арк.	Аркушів
Конс.								122	
				КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ, БЕ-71мп					
Керівн.	Зцдченко Л.С.								
Затверд.	Зцдченко Л.С.								

ПК-3		Персональний комп'ютер. Автоматично реєструється дата і час прибуття автомобіля, його державний номер, марка і код, найменування та належність до організації-перевізника, вид відходів, визначається вага автомобіля і вантажу.	1		
АВ-4	Axis 30-7К	Автомобільні ваги. Розмір платформи — 7х3 м. Максимальне навантаження – 30 т. Для контролю маси ТПВ.	1		
ПБ-5		Приймальний бункер для вивантаження ТПВ місткістю 600 м³.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10 Т
ПЖ-6		Пластинчастий живильник. Ширина пластин – 0,8м.	1		Неірж. сталь 12Х18Н10 Т

МС-7	СМВ-5	Електромагнітний сепаратор. призначений для поділу кольорових металів від немагнітних і магнітних матеріалів техногенного походження. Матеріал магнітів - Nd-Fe-B (неодим-залізо-бор) Максимальна частота наведеного змінного магнітного поля -360 Гц. Магнітна індукція на поверхні стрічки в точках max- 300 мТл. Режим очищення від феромагнітних домішок – автоматичний.	1		
КС-8, ТР-12 ТР-15 КС-41		Стрічковий конвеєр. Довжина пристрою становить 12 метрів, а швидкість роботи стрічки 1,5 м / с Ширина стрічки 1000 мм Максимальне навантаження на 1 п.м. 75 кг.	3		
БН-9	ПБН-20	Бункер накопичувач для кольорових металів. Повна маса, кг 40 000 Вантажопідйомність, кг 30 750	1		
П-10		Прес гідравлічний для відсортованих металів. Двигун з гідророзподілювачем з потужністю 5 кВт.			

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		124

БГ-11	ГБТ – 2	Барабанний грохот, призначений для первинного просіву ТПВ, з діаметром барабану 3,5 м, довжиною 10м w = 43-50% продуктивність сягає 18-20 т / год,	1		
П-13	ПМ-12	Прес для відсортованого паперу. Сила - 3 т. Довжина гвинта - 1000мм. Розмір тюку 600*800*600мм. Маса тюку макулатури – 100-150кг.	1		
БН-14	КМ-71002	Бункер- накопичувач відходів V = 7,5 куб.м. Вантажопідйомність: 5000 кг Маса: 550 кг Габарити: 3285x2032x1422 мм	1		
ДВ-16	ДДВ.1	Двовальцева дробарка для пластику. Потужність – 2,2 кВт. Дробарка складається з масивних пустотілих збірних валків циліндричної форми. Кількість валків – 2. Форма робочої поверхні – зубчаті валки.	1		

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		125

П-17		Промивач для пластику. Об'єм промивної ванни - 4 м³	1		
СД-18		Сепаратор динамічний. Діаметр ротора – 1100мм. Потужність – 20 кВт	1		
МВ-19		Магнітний вловлювач. Відокремлення домішок чорних металів.	1		
СЦ-20	ЦС640	Сушарка центрофужна. У водовіддільну центрифугу з передробленого і відмитого відходу пластика відбувається просушка.. Швидкість обертання: 1000 об / хв. Потужність: 11 кВт. Вологість – 0,02-0,1%.			Неірж. сталь 12Х18Н10 Т
ПР-21		Піролізний реактор з псевдозрідженим шаром. Нагріваючий агент-повітря. Температура проходження реакції 450-500 оС, 2-3 хв, при 100 кПа.	1		

Ц-22	ЦН-24	Циклон для очищення газів або рідин від зважених часток. Принцип очищення - інерційний (з використанням відцентрової сили), а також гравітаційний. Швидкість потоку в апараті 6,3 м/с.	1		
КС-23		Камера спалювання. Представляє собою реактор, в якому відбувається спалювання піролізного вугілля для нагріву теплоагенту (повітря).	1		
КХ-24		Конденсатор-холодильник трубчатого типу призначений для охолодження і конденсації парів рідких продуктів піролізу. Поверхня охолодження 100-150 м <sup>2</sup> .	1		
КЗ-25		Камера змішування для гомогенізації топкових газів з повітрям, використовується для зниження температури топкових газів для подальшого використання в процесі сушіння.	1		

К-26 К-27 К-49 К-50		Компресор. Призначений для стиснення повітря.	1		
В-31	ВЦУН 140x74- 0,25-4	Центробіжний вентилятор для переміщення повітря, газу, пари, диму з температурою не вище 500 ° С, які можуть вміщати липкі, волокнисті, а також пилоподібні речовини в будь-яких концентраціях. Застосовуються у всіх галузях промисловості. Витрата повітря 450 м³ / год, частота обертання двигуна 1350 об. / хв, потужність двигуна 0,25 кВт.	2		Неірж. сталь 12Х18Н10 Т
Ф-28 Ф-32		Фільтр попереднього очищення повітря запиленістю до 5мг/м³ . Неперервної дії коміркового типу заповнений 12 металічними гофрованими сітками, що змащені маслом. Пилоємність фільтру 200г/м² . Ефективність очистки 75%. Питома продуктивність 3000 м³ / м² год. Гідравлічний опір – 40 Па. Цикл роботи до регенерації – 70 год.	2		



ПЗ-29		Повітрозабірник висота труби 10 м, діаметр труби 300мм	1		
Б-30		Біотермічний барабан. , Встановлений на двох ролікоопорах з ухилом в бік розвантажувального пристрою. Довжина 36 м; діаметр біобарабанів - 4 м. Використовують два режими обертання біобарабанів: обертання протягом 12 годин зі швидкістю 1,1 об / хв, що забезпечує завантаження і вивантаження, і подальше обертання в інші 12 годин з швидкістю 0,2-0,3 об / хв, що забезпечує перемішування маси.	1		
З-33		Збірник для накопичення і подачі тваринного посліду до біотермічного барабану. Робочий об'єм – 3 м³	1		Неірж. сталь 12Х18Н10 Т

Д-34		Молоткова шахтна дробарка для компосту. Частота обертання вала – 730 об/хв.. Продуктивність дробарки коливається у межах 7,7-14,1 т/год, в залежності від вологості вхідної сировини ( W=40-50%). Розмір часток компосту на виході –5-10 мм.	1	5200	
Б-35 Б-36		Бункери для накопичення і подачі біопульпи з надлишковим активним мулом. Об'єм бункера – 2 м³	2		
Н-37 Н-38		Насос для подачі біопульпи. Потужність – 1кВ.	2		
К-39	ПКС-3,5	Компресор для повітря. Продуктивність - 3,5 м³/хв.. Тиск - 6-8 бар. Двигун –18.5 кВт	1		

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		130

ПН-44		Проточний нагрівач призначений для нагріву повітря в заданих температурних межах. Подача газу або стисненого повітря здійснюється через вхідний патрубок. Напруга живлення 220В 50Гц Тиск середовища (газ або стиснене повітря) - до 10 бар			
Ш-40		Штабелі для відстоювання компосту. Розміри : 30:15(5):5 м. Площа за нижньою основою - 450 м²	2		
Г-42	ABONO 4000W	Грохот барабанний для просівки компосту з прямим приводом. Розміри, см : 4200 (13'9") x 1500 (4'11") Корисна зона грохочення- 18 м² . Змінна швидкість. Пропускна здатність - 80-100 м³/год.	1		
A-44 A-45 A-46		Абсорбери різного діаметру призначені для очистки газу від CO2. Абсорбуючий агент - вода.	3		

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Адк.	№ докум.	Підпис	Дата		131

ШД-47		Шнекова дробарка. Електричний привод 1 шт, потужність 5,5 кВт, маса 515 кг	1		
ЕК-48	КЭЗ,0Т/1-Т	Електрокалорифер. Призначений для нагрівання повітря. Потужність 7,5 кВт	1		

					МД.162.БЕ3110.00.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		132