

---

УДК 691.002.8(477.62)

## ЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В МІСЦЯХ ЇХ СТВОРЕННЯ

В.О. Пенчук, В.М. Даценко

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури*

Утилізація й переробка твердих побутових відходів найважливіше соціально-економічне завдання. У статті проаналізований морфологічний состав твердих побутових відходів місць суспільного користування (вищі навчальні заклади, лікарні, бази відпочинку і тощо). Розглянутий вплив ступеня стиснення й послідовності відбору фракцій твердих побутових відходів на час їх сортування. Описана пропонується технологія поводження із твердими побутовими відходами в місцях їх створення з метою зниження затрат на збір, транспортування та сортування твердих побутових відходів.

### **Стан питання твердих побутових відходів (ТПВ) в Україні.**

Однією з найгостріших екологічних проблем в Україні є утилізація міського сміття. Міста ростуть, кількість відходів збільшується, з кожним роком погіршується екологічна обстановка, а відношення до сміттевої проблематики практично не міняється. Не маючи ні своїх технологій утилізації сміття, ні засобів на їхню покупку за кордоном, міста України змушені усе більше й більше засмічуватися, скидаючи сміття на звичайні міські смітники. Враховуючи важке економічне становище, у якому зараз перебуває економіка України, важко розраховувати на можливість виділення під сміттеву проблематику значних коштів. Досить важко уявити, що можна буде швидко навчити населення України робити збір сміття роздільно, тобто формувати «західне» сміття.

Слід звернути увагу на те, що в більшості держав Західної Європи й Америки правильна утилізація сміття приносить не збиток державній скарбниці, як у нас, а навпаки - істотний прибуток [1-7].

**Мета роботи:** Провести аналіз впливу підпресування ТПВ, у кузовах комунальних машин на часові й матеріальні витрати процесів збору, доставки й сортування ТПВ.

### **Виконання морфологічного аналізу ТПВ в навчальних закладах.**

Морфологічний склад навчальних закладів був досліджений на прикладі Донбаської Національної академії будівництва та архітектури (далі ДонНАБА) (рис. 1). Потоки відходів розподіляються таким чином. Навчальний корпус №1,2 та 3 - контейнер 1, їдальня – контейнер 2, навчальний корпус №5 – контейнер 3, навчальний корпус №4 та гуртожиток №5 – контейнер 4, гуртожитки №1-4 – контейнери 5.

Приблизний морфологічний склад ТПВ ДонНАБА містить наступні компоненти (в %): папір, картон, паперові пакування – до 50; метал – до 10; стекло – до 15; різні пластмасові вироби – до 25; інші відходи до 5.

Тобто склад ТПВ майже повністю складає ця з втор сировини придатної до подальшої переробки.

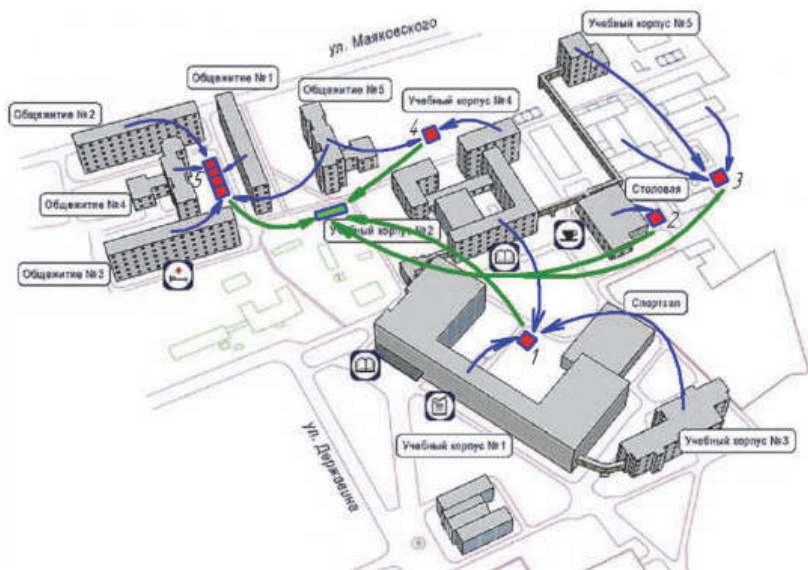


Рис. 1 Схема потоків ТПВ ДонНАБА



Рис. 2 Контейнери збору ТПВ ДонНАБА

Дослідження впливу пресування твердих побутових відходів на час сортування та раціональної послідовності вилучення фракцій.

Дослідження впливу пресування ТПВ на час сортування було проведено на базі кафедри ПТБДМО ДонНАБА. Стенд для пресування ТПВ показаний на рис. 3. В процесі проведення дослідження було проведено по три досліду з різним ступенем стискання 0, 2 та 4.



Рис. 3 Загальний вид стенду пресування ТПВ.

1- привід; 2- рама стенда; 3- ящик, що імітує кузов мусоровоза; 4- датчик виміру зусилля пресування; 5- плита, що пресує; 6- ЕОМ; 7- блок живлення підсилювача; 8- контролер national instruments для перетворення сигналу; 9- чотириканальний підсилювач; 10- блок частотного регулювання приводу.



Рис. 4 Кінограма стискання ТПВ.

Під час дослідження послідовності вилучення фракцій ТПВ, були встановлена наступна раціональна послідовність вилучення фракцій ТПВ. Під час сортування першим потрібно відбирати папір, другим метал або пластик і в останню чергу скло. Залежність часу сортування від послідовності відбору фракцій ТПВ при різних ступенях стискання приведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Залежність часу сортування від послідовності відбору фракцій ТПВ при різних ступенях стискання.

| Ступень стискання | Перший відбір | Другий відбір | Третій відбір | Час сортування, с |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| 0                 | металл        | папір         | пластик       | 80                |
| 0                 | пластик       | металл        | папір         | 65                |
| 0                 | папір         | пластик       | металл        | 50                |
| 0                 | металл        | пластик       | папір         | 93                |
| 0                 | пластик       | папір         | металл        | 81                |
| 0                 | папір         | металл        | пластик       | 47                |
| 2                 | пластик       | металл        | папір         | 73                |
| 2                 | папір         | металл        | пластик       | 66                |
| 2                 | папір         | пластик       | металл        | 68                |
| 2                 | металл        | пластик       | папір         | 104               |
| 2                 | металл        | папір         | пластик       | 93                |
| 2                 | пластик       | папір         | металл        | 94                |
| 4                 | металл        | пластик       | папір         | 111               |
| 4                 | папір         | металл        | пластик       | 77                |
| 4                 | пластик       | папір         | металл        | 107               |
| 4                 | пластик       | металл        | папір         | 87                |
| 4                 | бумага        | пластик       | металл        | 81                |
| 4                 | металл        | папір         | пластик       | 102               |

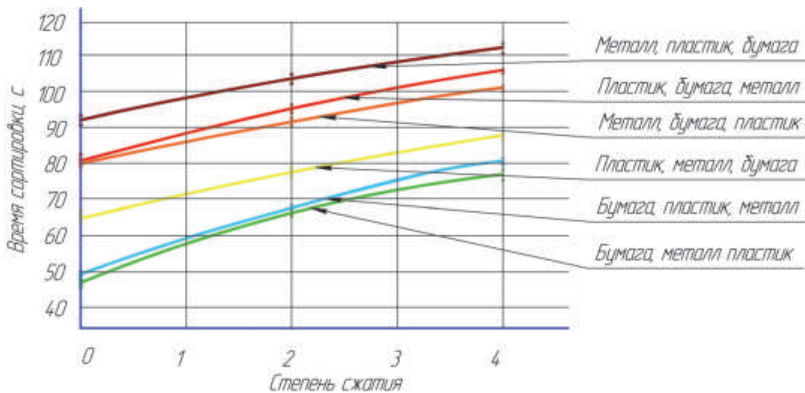


Рис. 5 - Графік залежності часу сортування від ступеня стискання та послідовності відбору фракцій ТПВ

З збільшенням ступені стискання ТПВ значно зростає час необхідний для сортування відходів, тобто необхідно відсортувати втор сировину поблизу

міст збору, оскільки транспортування здійснює ця сміттєвозами з під пресуванням

**Математична модель оцінки часу, що витрачається на сортування твердих побутових відходів в місцях їх створення.**

При проведенні експерименту використовується трьох факторний план Бокса -Бенкіна. Рівні варіювання факторів при кожному ступені стискання наведено у таблиці 2

Таблиця 2

Рівні варіювання факторів при кожному ступені стискання

| Ступені стискання                | Рівні факторів та їх інтервал варіювання |    |    |          |
|----------------------------------|--|----|----|----------|
|                                  | +1                                       | 0  | -1 | Інтервал |
| Ступень стискання 0              |  |    |    |          |
| Час стискання металу $x_1$ , с   | 24                                       | 18 | 12 | 6        |
| Час стискання папіру $x_2$ , с   | 34                                       | 25 | 16 | 9        |
| Час стискання пластику $x_3$ , с | 36                                       | 24 | 12 | 12       |
| Ступень стискання 2              |  |    |    |          |
| Час стискання металу $x_1$ , с   | 29                                       | 23 | 17 | 5        |
| Час стискання папіру $x_2$ , с   | 36                                       | 30 | 24 | 6        |
| Час стискання пластику $x_3$ , с | 37                                       | 27 | 17 | 10       |
| Ступень стискання 4              |  |    |    |          |
| Час стискання металу $x_1$ , с   | 30                                       | 23 | 16 | 7        |
| Час стискання папіру $x_2$ , с   | 42                                       | 37 | 32 | 5        |
| Час стискання пластику $x_3$ , с | 38                                       | 27 | 16 | 11       |

Після реалізації експериментальних досліджень була встановлена статистична однорідність дисперсій за критерієм Кохрена при рівні значущості 0,05. В результаті подальшої обробки даних експериментальних досліджень знайдені коефіцієнти регресії і складені моделі оцінки часу, що витрачається на сортування твердих побутових відходів, які після перевірки за критерієм Стьюдента значущості коефіцієнтів набули вигляду (відповідно для ступенів стискання 0,2,4):

$$y = 39,44 + 2,542x_1 + 1,208x_3 - 3,875x_1x_2 - 2,875x_1x_3 - 0,875x_2x_3 + 31,245x_1^2 + 8,432x_2^2 + 1,04x_3^2, \quad (1)$$

$$y = 68,24 + 3,5x_1 + 1,667x_3 - 4,25x_1x_2 - 3,5x_1x_3 - 2,083x_2x_3 + 13,254x_1^2 + 10,114x_2^2, \quad (2)$$

$$y = 89,486 + 2,75x_1 + 1,654x_3 - 3,25x_1x_2 - 2,5x_1x_3 - 1,833x_2x_3 + 9,539x_1^2 + 1,593x_2^2 + 1,593x_3^2. \quad (3)$$

Для вивчення оптимальних значень параметрів за результатами експериментальних досліджень було застосовано методи канонічного аналізу.

Визначено, що координати центрів гіперповерхонь становитимуть (відповідно для ступенів стискання 0, 2, 4):

$$x_{1S} = -0,07671, \quad x_{2S} = -0,05445, \quad x_{3S} = -0,07097, \quad y = 39,01785.$$

$$x_{1S} = 0,276831, \quad x_{2S} = 0,335137, \quad x_{3S} = 2,689689, \quad y = 70,96631,$$

$$x_{1S} = -0,90253, \quad x_{2S} = -2,43183, \quad x_{3S} = -2,6265, \quad y = 86,07282.$$

Після визначення коренів характеристичного рівняння було встановлено, що рівняння (1) - (3) в канонічній формі матимуть вигляд:

$$y - 39,01785 = 1,01z_1^2 + 32,216z_2^2 + 7,492z_3^2, \quad (4)$$

$$y - 70,96631 = -0,394z_1^2 + 14,418z_2^2 + 3,346z_3^2, \quad (5)$$

$$y - 86,07282 = -0,729z_1^2 + 8,86z_2^2 + 3,869z_3^2. \quad (6)$$

Дослідження рівнянь регресій в канонічній формі дозволяє зробити наступні висновки: при ступені стискання 0 поверхнею відгуку є параболоїд і в центрі фігури мінімум; при ступені стискання 2 та 4 поверхнею – двопорожнинний гіперболоїд і в центрі фігури – мінімакс.

Проаналізувавши отримані двовимірні перетини, можна зробити висновок: оптимальний режим роботи сортування ТПВ з використанням блокової установки будуть забезпечуватись, якщо час, що витрачається на сортування ТПВ, буде приймати значення (відповідно для ступенів стискання 0, 2, 4):

1. Час на сортування металу 17.5 с, час на сортування папіру 18.7 с, на сортування пластику 23.3 с.

2. Час на сортування металу 21.3 с, час на сортування папіру 27.9 с, на сортування пластику 21.6 с.

3. Час на сортування металу 16.7 с, час на сортування папіру 24.8 с, на сортування пластику 1 с.

**Суть технології сортування ТПВ із використанням блокової установки.**

Пропонується збирати відходи 1-го й 4-го контейнера біля блокової установки з подальшим сортуванням на стрічковому конвеєрі, оскільки фракційний состав даних контейнерів у більшості містить продукти придатні до переробки. контейнери 2,3,5 містять велику кількість харчових відходів і інших фракцій не придатних для переробки, тому сортувати дане сміття не доцільно.

Конвеєр для сортування ТПВ (рис. 6) складається із прийомного бункера 1 з якого тверді побутові відходи потрапляють на стрічковий конвеєр 2 на якому розташовані захвати 3. Сміття за допомогою захватів просувається під підпружинені ножі 4, які розривають поліетиленові мішки й розпушують ТПВ. Якщо під ножі попадається якась тверда фракція (скляна пляшка тощо) підпружинені ножі відхиляються й пропускають цю фракцію.

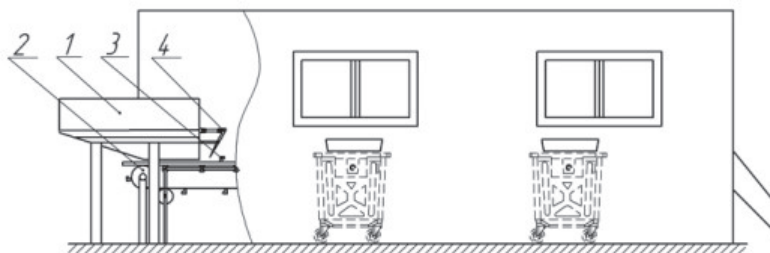


Рис. 6 – Конструктивна схема блочної установки

### ВИСНОВКИ

1. На підставі узагальнення досліджень по переробці побутових відходів встановлено що існуючі технології з використанням стаціонарних сортувальних пунктів найчастіше використовують для доставки спеціальні машини з підпресуванням ТПВ, що приводить до зниження їх ефективності.

2. Розроблена нова класифікація установок сортування побутових відходів по їхньою мобільністю й продуктивністю. На її базі вперше науково обгрунтована доцільність блокових установок сортування ТПВ.

3. У результаті досліджень процесів сортування блоковими установками на об'єктах вищої школи виявлене:

- при зборі ТПВ в поліетиленові кульки бункер їх збору на виході необхідно обладнати розрізним обладнанням, доцільно примусової дії;
- продуктивність сортування на конвеєрах шириною  $B=0,8$  м і довжиною  $L=3$  м становить 120 кг/годину;
- кількість постів сортування становить 3...4;
- раціональна послідовність сортування папір-метал-пластик, папір-пластик-метал.

### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Александровская З. И. Организация службы мусороудаления и уборки городов / З. И. Александровская. – М. : Стройиздат, 1976. – 127с.
2. Анализ и оценка зарубежного опыта обращения с твердыми бытовыми отходами / [Лихачев Ю.М., Федашко М.Я., Селиванова С.В. и др.]. – Спб: Рос. муницип. акад., 2008. – 265 с.
3. Бабанин И.В. Оценка эффективности раздельного сбора отходов / И. В. Бабанин // Твердые бытовые отходы. – 2006. – №7. – С.40–43.
4. Зигун А. Ю. Анализ проблемы сортування та роздільного збору відходів / А. Ю. Зигун // Комунальне господарство міст: наук. – техн. зб. – Х. : ХНАМГ, 2011. – Вип. 97. – С. 145–149.
5. Краснянский М. Е. Изучение потоков вторичного сырья в твердых бытовых отходах г. Донецка / М. Е.Краснянский, А. Бельгасем, О. Н. Калинин // Проблемы сбора, переработки и утилизации отходов. – Одесса: ОЦНТЭИ, 2004. – С.218–222.
6. Систер В. Г. Современные технологии обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов / В.Г. Систер, А.Н. Мирный. – М. : Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Панфилова, 2003. – 304с.
7. Твердые бытовые отходы. Проблемы и решения : учеб. пособие. – Х. : ХНАМГ, 2006. – 301 с.