



## **ЗАВИСИМОСТЬ ВРЕМЕНИ СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ОТ ИХ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ**

**В. М. Даценко<sup>а,1</sup>, В. В. Зубова<sup>а,2</sup>, А. А. Гербутов<sup>б,3</sup>**

<sup>а</sup> ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

<sup>б</sup> ГПОУ «Снежнянский горный техникум»,  
6, ул. Ленина, г. Снежное, ДНР, 286500.

E-mail: <sup>1</sup> dachenko-vital@mail.ru, <sup>2</sup> viktoriya-zubova@yandex.ru, <sup>3</sup> a.gerbutow@yandex.ru

Получена 15 февраля 2022; принята 25 марта 2022.

**Аннотация.** В работе рассматривается вопрос влияния подпрессовки твердых коммунальных отходов на время их сортировки. Произведен анализ современных методов обращения с отходами, в ходе которого установлено, что наиболее рациональной технологией обращения с отходами является их сортировка с последующей переработкой. Кроме отбора фракций, пригодных для вторичной переработки, сортировка позволяет повысить экологичность и экономичность традиционной термической и биотермической обработки твердых коммунальных отходов, а также повышает уплотняемость свалок неуплотняемых отходов. Установлено, что в настоящее время наибольшее распространение получила система одноэтапного вывоза отходов с предварительным их сбором в контейнеры. При этом наиболее часто в качестве транспорта применяются контейнерные мусоровозы с боковой загрузкой кузова манипулятором серий КО и МКМ. Такие машины, с целью увеличения перевозимой массы отходов за один цикл, оборудуются механизмами для принудительного сжатия со степенью  $\zeta = 4...5$ . На основе экспериментальных исследований получена зависимость времени сортировки  $n$ -го объема твердых коммунальных отходов от их степени сжатия, которой установлено падение производительности сортировки подпрессованных отходов до 30 %.

**Ключевые слова:** твердые коммунальные отходы, сортировка, степень сжатия, мусоровоз, контейнер.

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ ЧАСУ СОРТУВАННЯ ТВЕРДИХ КОМУНАЛЬНИХ ВІДХОДІВ ВІД ЇХ СТУПЕНЯ СТИСНЕННЯ**

**В. М. Даценко<sup>а,1</sup>, В. В. Зубова<sup>а,2</sup>, А. О. Гербутов<sup>б,3</sup>**

<sup>а</sup> ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.

<sup>б</sup> ДПОУ «Сніжнянський гірничий технікум»,  
6, вул. Леніна, м. Сніжне, ДНР, 286500.

E-mail: <sup>1</sup> dachenko-vital@mail.ru, <sup>2</sup> viktoriya-zubova@yandex.ru, <sup>3</sup> a.gerbutow@yandex.ru

Отримана 15 лютого 2022; прийнята 25 березня 2022.

**Анотація.** У роботі розглядається питання впливу підпресування твердих комунальних відходів на час їх сортування. Проведено аналіз сучасних методів поводження з відходами, в ході якого встановлено, що найбільш раціональною технологією поводження з відходами є їх сортування з подальшою переробкою. Крім відбору фракцій, придатних для вторинної переробки, сортування дозволяє підвищити екологічність і економічність традиційної термічної і біотермічної обробки твердих комунальних відходів, а також підвищує ущільнення звалища неутилізованих відходів. Встановлено, що на даний час найбільшого поширення набула система одноетапного вивезення відходів з попереднім їх збором в контейнери. При цьому найбільш часто як транспорт застосовуються контейнерні сміттєвози з бічним завантаженням

кузова манипулятором серий КО і МКМ. Такі машини, з метою збільшення перевезеної маси відходів за один цикл, обладнуються механізмами для примусового стиснення зі ступенем  $\zeta = 4...5$ . На основі експериментальних досліджень отримано залежність часу сортування  $n$ -го об'єму твердих комунальних відходів від їх ступеня стиснення, якою встановлено падіння продуктивності сортування підпресованих відходів до 30 %.

**Ключові слова:** тверді комунальні відходи, сортування, ступінь стиснення, сміттєвоз, контейнер.

## DEPENDENCE OF THE SORTING TIME OF MUNICIPAL SOLID WASTE ON THEIR DEGREE OF COMPRESSION

Vitaly Datsenko <sup>a,1</sup>, Viktoriya Zubova <sup>a,2</sup>, Andrey Gerbutov <sup>b,3</sup>

<sup>a</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

<sup>b</sup> Snezhnyansky Mining Technical school,  
6, Lenin Str., Snezhnoye, DPR, 286500.

E-mail: <sup>1</sup> dachenko-vital@mail.ru, <sup>2</sup> viktoriya-zubova@yandex.ru, <sup>3</sup> a.gerbutov@yandex.ru

Received 15 February 2022; accepted 25 March 2022.

**Abstract.** The paper considers the issue of the influence of pre-pressing of municipal solid waste on the time of their sorting. The analysis of modern methods of waste management was carried out, during which it was established that the most rational waste management technology is their sorting with subsequent processing. In addition to the selection of fractions suitable for recycling, sorting makes it possible to increase the environmental friendliness and efficiency of traditional thermal and biothermal treatment of municipal solid waste, and also increases the compaction of landfills of non-recyclable waste. It has been established that currently the system of one-stage waste removal with their preliminary collection in containers has become the most widespread. At the same time, container garbage trucks with side loading of the body with a manipulator of the KO and MKM series are most often used as transport, such machines, in order to increase the transported mass of waste in one cycle, are equipped with mechanisms for forced compression with a degree of  $\zeta = 4...5$ . On the basis of experimental studies, the dependence of the sorting time of the  $n$ -th volume of municipal solid waste on their compression ratio was obtained, which established a drop in the sorting performance of the compressed waste up to 30 %.

**Keywords:** solid municipal waste, sorting, compression ratio, garbage truck, container.

### Формулировка проблемы

В городах, где на ограниченной территории сосредоточена значительная масса населения, происходит наиболее интенсивное накопление твердых коммунальных отходов (ТКО), которые при неправильном и несвоевременном удалении могут серьезно загрязнять окружающую среду. Поэтому одним из важнейших мероприятий по защите окружающей среды является своевременный сбор, вывоз, обезвреживание и утилизация ТКО. Системным анализом результатов работ [1–5] установлено, что наиболее рациональной технологией обращения с отходами является их сортировка с последующей перера-

боткой. Сортировка сама по себе, как самостоятельная операция, не в полной мере решает задачу санитарной очистки городов, так как не все выявляемые компоненты подлежат дальнейшей переработке.

Однако она улучшает и ускоряет процесс компостирования органических веществ ТКО, облегчает очистку компоста от примесей, снижает необходимую производительность весьма дорогостоящего биотермического и термического оборудования, улучшает процесс сжигания, т. е. технология комплексной переработки ТКО с предварительной сортировкой повышает экологичность и экономичность традиционной

термической и биотермической обработки ТКО. Эта технология, кроме того, повышает уплотняемость свалок не утилизируемых отходов и, как следствие, уменьшает их объем и количество проникающих в почву фильтрационных вод.

В настоящее время наибольшее распространение получила система одноэтапного вывоза ТКО с предварительным их сбором в контейнеры. При этом наиболее часто, в качестве транспорта применяются контейнерные мусоровозы с боковой загрузкой кузова манипулятором серий КО и МКМ, среднего и большого класса (объемом кузова 8...22,5 м<sup>3</sup>) [6–9]. Такие машины, с целью увеличения перевозимой массы отходов за один цикл, оборудуются механизмами для принудительного сжатия со степенью  $\zeta = 4...5$ . Достоверные данные о влиянии процессов подпрессовки коммунальных отходов на их комплексную переработку сортировкой отсутствуют. В работах 10, 11 экспериментальными исследованиями установлено падение производительности сортировки подпрессованных отходов вплоть до 30 %, однако отсутствует математическое обоснование зависимости времени сортировки  $n$ -го объема твердых коммунальных отходов от их степени сжатия.

Также важно учитывать то, что подпрессовка ТКО наряду с увеличением времени, затрачиваемым на сортировку, ухудшает качественные показатели отсортированного вторсырья. Необходимость сортировки отходов и возможность захоронения необработанных отходов в соответствии с требованиями действующего законодательства обуславливают тот факт, что в настоящее время сортировка ТКО должна не только решать экологические проблемы (снижать объем захораниваемых отходов и ущерб окружающей среде), но и быть экономически эффективной. Для большинства организаций, планирующих внедрять сортировку ТКО, это означает, что мусоросортировочная линия должна как минимум окупаться, а в идеале – приносить прибыль. Такая задача обычно ставится при технико-экономическом обосновании и выборе оборудования промышленной сортировки и является основным критерием положительного решения о реализации технологии.

Ресурсный потенциал ТКО обычно определяется как отношение суммарной массы компонентов, представляющих ценность как вторичное сырье, к общей массе отходов. Ресурсный по-

тенциал при такой оценке обычно значительный и составляет 40...60 % от массы всех отходов [12, 13]. Однако в действительности, когда речь заходит об извлечении и использовании этого потенциала, такие оценки обычно оказываются существенно завышенными, в особенности это касается спрессованных фракций. Например, когда речь идет о составе бытовых отходов, к макулатуре обычно относят все виды изделий из бумаги и картона, в том числе обрывки и обрезки, куски и предметы, загрязненные маслами, которые не перерабатываются. Зачастую именно подпрессовка ТКО приводит к образованию вторсырья ненадлежащего качества.

Помимо вышесказанного, ключевое значение имеют коэффициенты извлечения фракций ТКО. Коэффициент извлечения  $i$ -го компонента  $k$  представляет собой долю компонента, которая может быть извлечена в ходе сортировки, случаи когда компонент извлекается полностью, в реальных условиях практически не может быть достигнут, и в первую очередь это зависит от степени уплотнения отходов при транспортировке.

Увеличение производительности сортировки ТКО, а также улучшение качественных показателей отсортированного вторсырья может быть достигнуто путем исключения этапа сжатия неотсортированных отходов, т. е. организации раздельного сбора ТКО населением или применение блочных и мобильных сортировочных линий с целью минимизации затрат на транспортировку неотсортированных ТКО.

### Цель

Вывести зависимость времени сортировки  $n$ -го объема твердых коммунальных отходов от их степени сжатия.

### Основной материал

В процессе экспериментальных исследований (рис. 1) по сортировке фракций ТКО была установлена следующая рациональная последовательность извлечения фракций из состава ТКО: бумага, металл, пластик и в последнюю очередь стекло (рис. 2) [14].

При разработке методики экспериментальных исследований был использован трехфакторный план Бокса-Бенкина, уровни варьирования факторов при каждой ступени сжатия приведены в табл. 1.

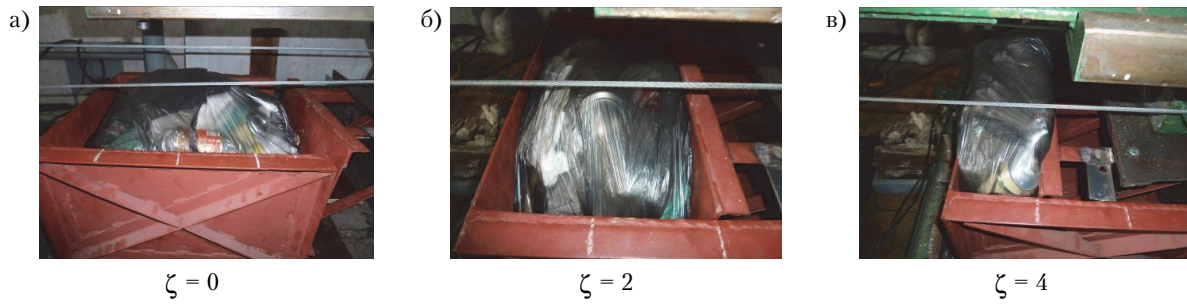


Рисунок 1. Кинограмма процесса сжатия ТКО.

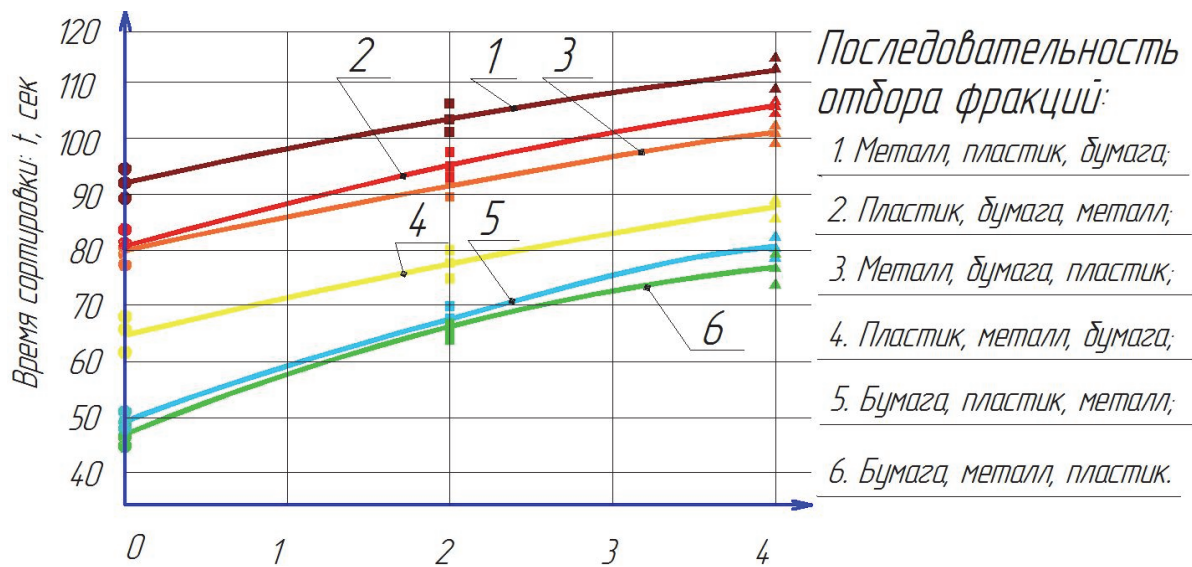


Рисунок 2. График зависимости времени сортировки от степени сжатия и последовательности отбора фракций ТКО.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов при каждой степени сжатия

Степени сжатия	Уровни факторов и их интервал варьирования			
Степени сжатия 0				
Время сжатия металла $x_1$ , с	24	18	12	6
Время сжатия бумаги $x_2$ , с	34	25	16	9
Время сжатия пластика $x_3$ , с	36	24	12	12
Степени сжатия 2				
Время сжатия металла $x_1$ , с	29	23	17	5
Время сжатия бумаги $x_2$ , с	36	30	24	6
Время сжатия пластика $x_3$ , с	37	27	17	10
Степени сжатия 4				
Время сжатия металла $x_1$ , с	30	23	16	7
Время сжатия бумаги $x_2$ , с	42	37	32	5
Время сжатия пластика $x_3$ , с	38	27	16	11

При обработке результатов экспериментальных исследований была установлена статистическая однородность дисперсий по критерию Кохрена, составлены уравнения регрессии для времени, затрачиваемого на сортировку твердых бытовых отходов:

$$\begin{aligned}
 y &= 39,44 + 2,542x_1 + 1,208x_3 - 3,875x_1x_2 - \\
 \zeta = 0; & -2,875x_1x_3 - 0,875x_2x_3 + 31,245x_1^2 + \\
 & + 8,432x_2^2 + 1,04x_3^2, \\
 y &= 68,24 + 3,5x_1 + 1,667x_3 - 4,25x_1x_2 - \\
 \zeta = 2; & -3,5x_1x_3 - 2,083x_2x_3 + 13,254x_1^2 + \\
 & + 10,114x_2^2, \\
 y &= 89,486 + 2,75x_1 + 1,654x_3 - 3,25x_1x_2 - \\
 \zeta = 4; & -2,5x_1x_3 - 1,833x_2x_3 + 9,539x_1^2 + 1,593x_2^2 + \\
 & + 1,593x_3^2.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

На основании канонического анализа установлено, что координаты центров гиперповерхностей составляют:

$$\begin{aligned}
 \zeta = 0; & \quad x_{1S} = -0,07671, \quad x_{2S} = -0,05445, \\
 & \quad x_{3S} = -0,07097, \quad y = 39,01785. \\
 \zeta = 2; & \quad x_{1S} = 0,276831, \quad x_{2S} = 0,335137, \\
 & \quad x_{3S} = 2,689689, \quad y = 70,96631. \\
 \zeta = 4; & \quad x_{1S} = -0,90253, \quad x_{2S} = -2,43183, \\
 & \quad x_{3S} = -2,6265, \quad y = 86,07282.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

После определения корней характеристического уравнения уравнение (1) представлено в канонической форме:

$$\begin{aligned}
 \zeta = 0; & \quad y - 39,01785 = 1,01z_1^2 + 32,216z_2^2 + 7,492z_3^2, \\
 \zeta = 2; & \quad y - 70,96631 = -0,394z_1^2 + 14,418z_2^2 + \\
 & \quad + 3,346z_3^2, \\
 \zeta = 4; & \quad y - 86,07282 = -0,729z_1^2 + 8,86z_2^2 + 3,869z_3^2.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Исследования уравнений регрессий позволили сделать следующие выводы: при степени сжатия 0 поверхностью отклика является параболоид и в центре фигуры минимум, при степени сжатия 2 и 4 поверхностью – двухполостный гиперболоид и в центре фигуры – мини-макс.

Вышеописанный процесс сортировки рассматривался как идеальный без учета того, что один компонент был закрыт другим или один из составляющих компонентов был поглощен другим.

Теоретически решить задачу количественной оценки влияния процесса сжатия общего объема ТКО на время сортировки практически невозможно из-за весьма вероятностного характера процесса. В общем случае функцию затрат вре-

мени на сортировку ТКО на четыре компонента можно представить как:

$$S = f(a, b, c, d) = \sum_{i=1}^n (t_i - (a\xi_i^3 + b\xi_i^2 + c\xi_i + d)), \tag{4}$$

где  $t_i$  – затрачиваемое время;

$\xi_i$  – степень сжатия;

$a, b, c, d$  – эмпирические коэффициенты.

Исходя из условия достижения функции  $S$  минимального значения находим её частные производные по каждому из аргументов и приравняем их к нулю, составив систему уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned}
 \frac{dS}{da} &= 2a \sum_{i=1}^n \xi_i^6 - 2 \sum_{i=1}^n (\xi_i^3 t) + 2b \sum_{i=1}^n \xi_i^5 + \\
 &+ 2c \sum_{i=1}^n \xi_i^4 + 2d \sum_{i=1}^n \xi_i^3 = 0; \\
 \frac{dS}{db} &= 2a \sum_{i=1}^n \xi_i^5 - 2 \sum_{i=1}^n (\xi_i^2 t) + 2b \sum_{i=1}^n \xi_i^4 + \\
 &+ 2c \sum_{i=1}^n \xi_i^3 + 2d \sum_{i=1}^n \xi_i^2 = 0; \\
 \frac{dS}{dc} &= 2a \sum_{i=1}^n \xi_i^4 - 2 \sum_{i=1}^n (\xi_i t) + 2b \sum_{i=1}^n \xi_i^3 + \\
 &+ 2c \sum_{i=1}^n \xi_i^2 + 2d \sum_{i=1}^n \xi_i = 0; \\
 \frac{dS}{dd} &= 2a \sum_{i=1}^n \xi_i^3 - 2 \sum_{i=1}^n (t_i) + 2b \sum_{i=1}^n \xi_i^2 + \\
 &+ 2c \sum_{i=1}^n \xi_i + 2dn = 0.
 \end{aligned} \right. \tag{5}$$

Для решения системы уравнений (5) составим таблицу вспомогательных значений для 60 литров (наиболее распространенный мусорный пакет) ТКО.

После подстановок и преобразований система уравнения может быть представлена как:

$$\left\{ \begin{aligned}
 4161a + 1057b + \\
 + 273c + 73d = 5513; \\
 1057a + 273b + \\
 + 73c + 21d = 1553; \\
 273a + 73b + \\
 + 21c + 7d = 497; \\
 73a + 21b + 7c + 4d.
 \end{aligned} \right. \Rightarrow \begin{cases} a = 0,3333333; \\ b = -3,5; \\ c = 17,1666666; \\ d = 43. \end{cases} \tag{6}$$

Решив полученную систему, можно установить зависимость времени сортировки ТКО от степени их предварительного сжатия:

$t(\xi) = 0,3333333\xi^3 - 3,5\xi^2 + 17,1666666\xi + 43$ . (7)  
Сопоставление теоретической кривой и экспериментальных данных зависимости времени сортировки от степени сжатия приведены на рис. 3.

Для удобства пользования для определения затрачиваемого времени на сортировку  $n$ -го объема отходов уравнение (7) можно представить в виде:

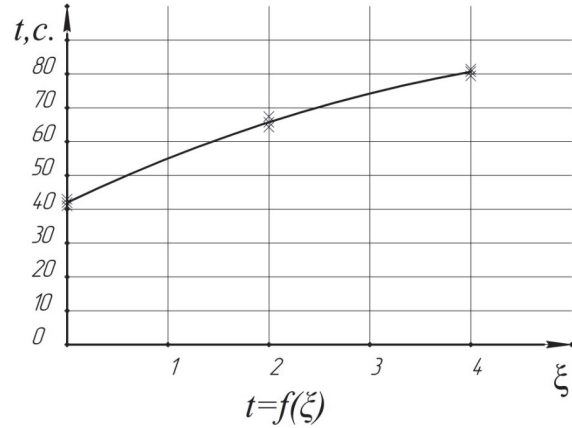
$$t(\xi) = V \frac{0,3333333\xi^3 - 3,5\xi^2 + 17,1666666\xi + 43}{3600 \cdot 0,06}, (8)$$

где  $V$  – объем сортируемых отходов,  $\text{м}^3$ .

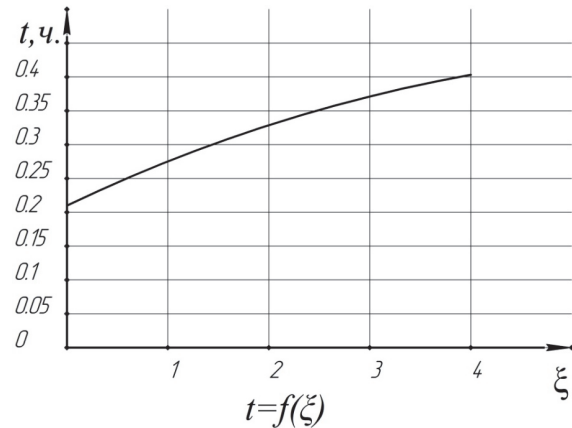
Таким образом, с помощью зависимости (8) можно определить время, которое понадобится на сортировку  $n$ -го объема ТКО при любой степени сжатия.

### Выводы

1. Наиболее рациональной технологией обращения с отходами является их сортировка с последующей переработкой, которая, кроме отбора фракций, пригодных для вторичной переработки, позволяет повысить экологичность и экономичность традиционной термической и биотермической обработки ТКО, а также повышает уплотняемость свалок не утилизируемых отходов
2. На основании экспериментальных исследований получена зависимость времени сортировки  $n$ -го объема твердых коммунальных отходов от их степени сжатия, для одноэтапного вывоза ТКО с предварительным их сбором в контейнеры установлено падение производительности сортировки подпрессованных отходов вплоть до 30 %.



**Рисунок 3.** Сопоставление теоретической кривой и экспериментальных данных зависимости времени сортировки от степени сжатия при последовательности отбора фракций бумага, металл, пластик.



**Рисунок 4.** Теоретический график зависимости времени сортировки  $1 \text{ м}^3$  ТКО от степени сжатия при последовательности отбора фракций бумага, металл, пластик.

**Таблица 2.** Численный анализ зависимости времени сортировки от степени сжатия  $0,06 \text{ м}^3$  отходов

$\xi$	t, сек	$\xi^2$	$\xi^3$	$\xi^4$	$\xi^5$	$\xi^6$	$\xi t$	$\xi^2 t$	$\xi^3 t$	
0	43	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	57	1	1	1	1	1	57	57	57	
2	66	4	8	16	32	64	132	264	528	
4	77	16	64	256	1 024	4 096	308	1 232	4 928	
$\Sigma$	7	243	21	73	273	1 057	4 161	497	1 553	5 513

## Литература

1. Анализ и оценка зарубежного опыта обращения с твердыми бытовыми отходами / Ю. М. Лихачев, М. Я. Федашко, С. В. Селиванова [и др.]. – Санкт-Петербург : Российская муниципальная академия, 2008. – 265 с. – Текст : непосредственный.
2. Булгаков, С. Н. Новые технологии комплексной переработки твердых коммунальных отходов – дублирующая сырьевая экономика / С. Н. Булгаков. – Текст : непосредственный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2007. – № 6(101). – С. 62–64.
3. Проблемы и перспективы накопления и переработки полимерных отходов / Н. П. Горох, В. А. Юрченко, С. В. Свергузова [и др.]. – Харьков-Белгород : Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2006. – 132 с. – Текст : непосредственный.
4. Краснянский, М. Е. Утилизация и рекуперация отходов : учебное пособие / М. Е. Краснянский. – 2-е изд. – Харьков, Киев : Бурун и К, 2007. – 288 с. – Текст : непосредственный.
5. Любарская, М. А. Организация обращения с твердыми бытовыми отходами : учебное пособие / М. А. Любарская. – Санкт-Петербург : СПбГИЭУ, 2004. – 154 с. – Текст : непосредственный.
6. Influence of the municipal solid waste collection system on the time spent at a collection point: a case study / M. Carlos, A. Gallardo, N. Edo-Alcón [et. al.]. – Текст : непосредственный // Sustainability. – 2019. – Volume 11, № 22. – P. 1–14.
7. Solid waste management practice in a tourism destination – the status and challenges: a case study in Hoi an city, Vietnam / S. T. Pham Phu, T. Fujiwara, G. Hoang Minh [et. al.]. – Текст : непосредственный // Waste Management & Research. – 2019. – Volume 37, № 11. – P. 1077–1088.
8. Белоцерковский, Г. М. Мусоровозы с боковой загрузкой кузова / Г. М. Белоцерковский, А. Г. Белоцерковский. – Текст : непосредственный // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 3. – С. 20–21.
9. Kargin, R. V. Modeling of workflow in the grip-container-grip system of body garbage trucks / R. V. Kargin, I. A. Yakovlev, E. A. Shemshura. – Текст : непосредственный // Procedia Engineering. – 2017. – Volume 206. – P. 1535–1539.
10. Penchuk, V. Comprehensive assessment of the effective use of package units to sort municipal solid waste / V. Penchuk, V. Datsenko, Y. Novichkov. – Текст : непосредственный // Architecture and Engineering. – 2018. – Volume 3. – Issue 3. – P. 42–49.
11. Пенчук, В. А. Обоснование параметров ленточных конвейеров сортировки твердых бытовых отходов / В. А. Пенчук, В. М. Даценко. – Текст : непосредственный // Интерстроймех-2018: сборник докладов XXI Международной научно-технической конференции, 8–12 октября 2018 г. – Москва : Издательство МИСИ-МГСУ, 2018. – С. 161–165.

## Reference

1. Likhachev, Yu. M.; Fedashko, M. Ya.; Selivanova, S. V. [et. al.]. Analysis and evaluation of foreign experience in handling solid domestic waste. – St. Petersburg : Russian Municipal Academy, 2008. – 265 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Bulgakov, S. N. New technologies for the complex processing of municipal solid waste – duplicating raw material economy. – Text : direct. – In: *Building materials, equipment, technologies of the XXI century.* – 2007. – № 6(101). – P. 62–64. (in Russian)
3. Gorokh, N. P.; Yurchenko, V. A.; Sverguzoza, S. V. [et. al.]. Problems and prospects for the accumulation and processing of polymer waste. – Kharkiv-Belgorod : Publishing house of BSTU named after V. G. Shukhov, 2006. – 132 p. – Text : direct. (in Russian)
4. Krasnyansky, M. Ye. Waste Recycling and Recovery : tutorial. – 2nd ed. – Kharkiv, Kiev : Burun and K, 2007. – 288 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Lyubarskaya, M. A. Organization of solid waste management : textbook. – St. Petersburg : StPSUE, 2004. – 154 p. – Text : direct. (in Russian)
6. Carlos, M.; Gallardo, A.; Edo-Alcón, N. [et. al.]. Influence of the municipal solid waste collection system on the time spent at a collection point: a case study. – Text : direct. – In: *Sustainability.* – 2019. – Volume 11, № 22. – P. 1–14. (in English)
7. Pham Phu, S. T.; Fujiwara, T.; Hoang Minh, G. [et. al.]. Solid waste management practice in a tourism destination – the status and challenges: a case study in Hoi an city, Vietnam. – Text : direct. – In: *Waste Management & Research.* – 2019. – Volume 37, № 11. – P. 1077–1088. (in English)
8. Belotserkovsky, G. M.; Belotserkovsky, A. G. Garbage trucks with side loading body. – Text : direct. – In: *Municipal solid waste.* – 2011. – № 3. – P. 20–21. (in Russian)
9. Kargin, R. V.; Yakovlev, I. A.; Shemshura, E. A. Modeling of workflow in the grip-container-grip system of body garbage trucks. – Text : direct. – In: *Procedia Engineering.* – 2017. – Volume 206. – P. 1535–1539. (in English)
10. Penchuk, V.; Datsenko, V.; Novichkov, Y. Comprehensive assessment of the effective use of package units to sort municipal solid waste. – Text : direct. – In: *Architecture and Engineering.* – 2018. – Volume 3. – Issue 3. – P. 42–49. (in English)
11. Penchuk, V. A.; Datsenko, V. M. Substantiation of the parameters of belt conveyors for sorting municipal solid waste. – Text : direct. – In: *Interstroyekh-2018 : collection of reports of the XXI International Scientific and Technical Conference.* – Moscow : Publishing house MCEI-MSBU, 2018. – P. 161–165. (in Russian)
12. Plinykh, G. V.; Korotayev, V. N.; Vaysman, Ya. I. Assessment of the potential of municipal solid waste as an alternative to primary energy resources. – Text : direct. – In: *Environmental protection in the*

12. Ильиных, Г. В. Оценка потенциала твердых бытовых отходов как альтернативы первичным энергоресурсам / Г. В. Ильиных, В. Н. Коротаев, Я. И. Вайсман. – Текст : непосредственный // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 7. – С. 18–21.
13. Ильиных, Г. В. Построение материального баланса линии ручной сортировки твердых бытовых отходов / Г. В. Ильиных, Е. А. Устьянцев, Я. И. Вайсман. – Текст : непосредственный // Экология и промышленность России. – 2013. – № 1. – С. 22–25.
14. Пенчук, В. А. Исследование влияния подпрессовки твердых бытовых отходов на время сортировки / В. А. Пенчук, В. М. Даценко. – Текст : непосредственный // Вестник ДонНАСА. – 2013. – Выпуск 2013-6(104) Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. – С. 73–77.
15. Pires, A. Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques / A. Pires, G. Martinho. – Текст : непосредственный // Journal of Environmental Management. – 2011. – № 92. – P. 1033–1050.
16. Vu, D. D. A waste city management system for smart cities applications / D. D. Vu, G. Kaddoum. – Текст : непосредственный // Proceedings – 2017 Advances in Wireless and Optical Communications, RTUWO 2017 (2–3 November 2017, Riga, Latvia). – Riga, 2017. – P. 225–229.
17. Johnson, M. Predictive analysis based efficient routing of smart garbage bins for effective waste management / M. Johnson, R. Dhanalakshmi. – Текст : непосредственный // International Journal of Recent Technology and Engineering. – 2019. – Volume 8, № 3. – P. 5733–5739.
18. Dubois, Maarten. Municipal solid waste treatment in the EU / Maarten Dubois, Ana Maria, Martin González, Maria Knadel. – Finland : Aarhus Universitet, 2004. – 90 p. – Текст : непосредственный.
19. Rehabilitation of waste dumps and old Landfills / K. Lorber, T. Weissenbach, M. Nelles [et. al.]. – Текст : непосредственный // Proceedings 7-th International waste management and landfill symposium (4–8 October, 1999, Sardinia, Italy). – Sardinia, 1999. – Volume 2. – P. 210–221.
- oil and gas industry. – 2012. – № 7. – P. 18–21. (in Russian)
13. Pinykh, G. V.; Ustyantsev, Ye. A.; Vaysman, Ya. I. Construction of the material balance of the line for manual sorting of municipal solid waste. – Text : direct. – In: *Ecology and industry of Russia*. – 2013. – № 1. – P. 22–25. (in Russian)
14. Penchuk, V. A.; Datsenko, V. M. Investigation of the influence of pre-compression of municipal solid waste on the sorting time. – Text : direct. – In: *Bulletin of DNACEA*. – 2013. – Issue 2013-6(104) Technology, organization, mechanization and geodetic support of construction. – P. 73–77. (in Russian)
15. Pires, A.; Martinho, G. Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques. – Text : direct. – In: *Journal of Environmental Management*. – 2011. – № 92. – P. 1033–1050. (in English)
16. Vu, D. D.; Kaddoum, G. A waste city management system for smart cities applications. – Text : direct. – In: *Proceedings – 2017 Advances in Wireless and Optical Communications, RTUWO 2017*. – Riga, 2017. – P. 225–229. (in English)
17. Johnson, M.; Dhanalakshmi, R. Predictive analysis based efficient routing of smart garbage bins for effective waste management. – Text : direct. – In: *International Journal of Recent Technology and Engineering*. – 2019. – Volume 8, № 3. – P. 5733–5739. (in English)
18. Dubois, Maarten; Maria, Ana; González, Martin; Knadel, Maria. Municipal solid waste treatment in the EU. – Finland : Aarhus Universitet, 2004. – 90 p. – Text : direct. (in English)
19. Rehabilitation of waste dumps and old Landfills / K. Lorber, T. Weissenbach, M. Nelles [et. al.]. – Text : direct. – In: *Proceedings 7-th International waste management and landfill symposium*. – Sardinia, 1999. – Volume 2. – P. 210–221. (in English)

**Даценко Виталий Михайлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры наземных транспортно-технологических комплексов и средств ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: современные тенденции развития средств механизации сбора, транспортировки и переработки твердых бытовых отходов, системы автоматизированного проектирования машин.

**Зубова Виктория Владимировна** – заведующая лабораторией кафедры наземных транспортно-технологических комплексов и средств ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: современные тенденции развития средств механизации сбора, транспортировки и переработки твердых бытовых отходов, системы автоматизированного проектирования машин.



**Гербутов Андрей Алексеевич** – преподаватель ГПОУ «Снежнянский горный техникум». Научные интересы: современные тенденции развития средств механизации сбора, транспортировки и переработки твердых бытовых отходов, системы автоматизированного проектирования машин.

**Даценко Віталій Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри наземних транспортно-технологічних комплексів і засобів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: сучасні тенденції розвитку засобів механізації збору, транспортування та переробки твердих побутових відходів, системи автоматизованого проектування машин.

**Зубова Вікторія Володимирівна** – завідувача лабораторією кафедри наземних транспортно-технологічних комплексів і засобів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: сучасні тенденції розвитку засобів механізації збору, транспортування та переробки твердих побутових відходів, системи автоматизованого проектування машин.

**Гербутов Андрій Олексійович** – викладач ДПОУ «Сніжнянський гірничий технікум». Наукові інтереси: сучасні тенденції розвитку засобів механізації збору, транспортування та переробки твердих побутових відходів, системи автоматизованого проектування машин.

**Datsenko Vitaly** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Ground Transport and Technological Complexes and Facilities Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: current trends in the development of mechanization of collection, transportation and processing of solid waste, CAD systems.

**Zubova Viktoriya** – Head of the laboratory, Ground Transport and Technological Complexes and Facilities Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: current trends in the development of mechanization of collection, transportation and processing of solid waste, CAD systems.

**Gerbutov Andrey** – Teacher, Snezhnyanskiy Mining College. Scientific interests: current trends in the development of mechanization of collection, transportation and processing of solid waste, CAD systems.