



## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ СБОРА И ТРАНСПОРТИРОВКИ ТБО С УДАЛЕННЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

**В. М. Даценко<sup>1</sup>, Ю. А. Новичков<sup>2</sup>**

*ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,*

*2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>dacenko-vital@mail.ru, <sup>2</sup>novichkov\_yura@mail.ru*

*Получена 10 октября 2018; принята 23 ноября 2018.*

**Аннотация.** В работе рассматривается вопрос повышения эффективности технологии и средств механизации сбора и транспортировки твердых бытовых отходов с мест их рассредоточенного образования. Произведен анализ современных методов обращения с отходами в удаленных населенных пунктах, в ходе которого установлено, что затраты на транспортировку отходов преобладают над другими затратами при их дальнейшей переработке или утилизации. Предложен способ дооборудования существующих контейнеров типа «Кубо» механизмом подпрессовки путем установки двух гидроцилиндров и подвижной задней стенки, позволяющих увеличить плотность накапливаемых отходов. Разработана технология сбора и транспортировки ТБО с помощью контейнера, дооборудованного механизмом подпрессовки. Уделено внимание зависимости плотности накапливаемых отходов от степени и количества циклов их сжатия. При создании контейнеров сбора ТБО, дооборудованных механизмом подпрессовки, целесообразно максимально увеличивать степень сжатия отходов путем увеличения хода подвижной стенки контейнера. При этом количество циклов сжатия отходов свыше четырех раз не рационально, происходит незначительное увеличение объема накапливаемых отходов.

**Ключевые слова:** твердые бытовые отходы, транспортировка, степень сжатия, объем накопления отходов, контейнер, цикл сжатия.

## УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ЗБОРУ І ТРАНСПОРТУВАННЯ ТПВ З ВІДДАЛЕНИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

**В. М. Даценко<sup>1</sup>, Ю. А. Новічков<sup>2</sup>**

*ДОН ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,*

*2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>dacenko-vital@mail.ru, <sup>2</sup>novichkov\_yura@mail.ru*

*Отримана 10 жовтня 2018; прийнята 23 листопада 2018.*

**Анотація.** У роботі розглядається питання підвищення ефективності технології і засобів механізації збору і транспортування твердих побутових відходів з місць їх зосередженого утворення. Здійснено аналіз сучасних методів поводження з відходами у віддалених населених пунктах, в ході якого встановлено, що витрати на транспортування відходів переважають над іншими витратами при їх подальшій переробці або утилізації. Запропоновано спосіб дообладнання існуючих контейнерів типу «Кубо» механізмом підпресування шляхом встановлення двох гідроциліндрів і рухомої задньої стінки, що дозволяє збільшити щільність накопичуваних відходів. Розроблено технологію збирання та транспортування ТПВ за допомогою контейнера, дообладнаного механізмом підпресування. Прیدілено увагу залежності

щільності накопичуваних відходів від ступеня і кількості циклів стиснення. При створенні контейнерів збору ТПВ, дообладнаних механізмом підпресування, доцільно максимально збільшувати ступінь стиснення відходів, шляхом збільшення ходу рухомої стінки контейнера. При цьому кількість циклів стиснення відходів більше чотирьох разів не раціональна, відбувається незначне збільшення об'єму накопичуваних відходів.

**Ключові слова:** тверді побутові відходи, транспортування, ступінь стиснення, об'єм накопичення відходів, контейнер, цикл стиснення.

## IMPROVEMENT OF MECHANICAL MEANS OF MSW COLLECTION AND TRANSPORTATION FROM REMOTE SETTLEMENTS

Vitaly Datsenko<sup>1</sup>, Yuri Novichkov<sup>2</sup>

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup> dachenko-vital@mail.ru, <sup>2</sup> novichkov\_yura@mail.ru*

*Received 10 October 2018; accepted 23 November 2018.*

**Abstract.** The paper deals with the issue of improving the efficiency of technology and means of mechanization of collection and transportation of municipal solid waste from the places of their dispersed formation. The analysis of modern methods of waste management in remote settlements, which found that the cost of transportation of waste prevail over other costs in their further processing or disposal. A method of retrofitting existing containers of the «Kubo» type with a pre-pressing mechanism is proposed by installing two hydraulic cylinders and a movable rear wall, which allows increasing the density of accumulated waste. The technology of collection and transportation of solid waste using a container equipped with a pre-pressing mechanism. Attention is paid to the dependence of the density of accumulated waste on the degree and number of cycles of their compression, when creating containers for collecting solid waste equipped with a pre-pressing mechanism, it is advisable to maximize the degree of compression of waste by increasing the stroke of the movable wall of the container. At the same time, the number of cycles of waste compression more than 4 times is not rational, there is a slight increase in the volume of accumulated waste.

**Keywords:** solid domestic waste, transportation, compression ratio, volume of waste accumulation, container, compression cycle.

### Формулировка проблемы

В XXI веке есть тенденция к увеличению количества отходов, с каждым годом ухудшается экологическая обстановка. На свалках образуется целый букет сильнейших ядов и токсикантов: бенз'а'пирены, меркаптаны и один из самых «свежих» и сильнейших ядов — диоксин. Погоня за прибылью оборачивается возникновением вблизи городов и поселков мощных «термохимических мин» замедленного действия, «разминирование» которых потребует со временем крупных затрат.

Одной из значимых составляющих этих затрат являются затраты на сбор и транспортировку ТБО, особенно в рассредоточенных местах их образования. Поэтому изучение и создание

новых энергосберегающих способов сбора и транспортировки твердых бытовых отходов с применением специализированного оборудования является актуальной и важной научно-технической задачей.

### Анализ последних исследований и публикаций

Экологической проблеме, связанной с твердыми бытовыми отходами, в последнее время уделено достаточно много внимания. В работах 1, 2, 11 рассматриваются различные административно-экономические аспекты мусороудаления и уборки населенных пунктов.

В работах [5, 12] говорится об организации раздельного сбора ТБО непосредственно

в местах их образования. Важнейшим элементом в успешной реализации масштабных схем раздельного сбора ТБО является вовлечение и участие населения.

Современные тенденции в области управления, мониторинга, технических решений, связанных с вопросом об отходах и современных способах их переработки, проанализированы в работах [3, 4].

В работах [6–9] рассмотрены проблемы утилизации отходов, различные способы утилизации и переработки.

Особое внимание в вышерассматриваемых источниках уделяется минимизации затрат на сбор, транспортировку и переработку ТБО. В рассредоточенных местах образования отходов затраты на сбор и транспортировку многократно увеличиваются, преобладая над другими составляющими [10].

### Цель

Обосновать целесообразность применения модернизированного контейнера сбора твердых бытовых отходов типа «Кубо», дооборудованного механизмом подпрессовки, путем исследования зависимости плотности накапливаемых отходов от степени и количества циклов их сжатия.

### Основной материал

На данном этапе областью применения бункеров сбора ТБО типа «Кубо» являются удаленные поселки, базы отдыха и другие рассредоточенные места образования отходов. К недостатку такого метода сбора и транспортировки можно отнести малую плотность перевозимых отходов, т. к. в отличие от традиционных машин для сбора отходов (мусоровозов) в таких бункерах не происходит сжатие отходов.

Наиболее важной мотивацией в применении бункеров сбора ТБО, дооборудованных механизмом подпрессовки, является возможность увеличения плотности перевозимых отходов и, как следствие, совершение меньшего количества циклов по транспортировке отходов. Технология сбора и транспортировки ТБО с помощью контейнера, дооборудованного механизмом подпрессовки представлена на рисунке 1.

Применение данной технологии подразумевает наличие мобильной маслостанции, передвигающейся к местам установки контейнеров, с помощью которой осуществляется привод гидроцилиндров, осуществляющих сжатие отходов. Конструктивная схема и условное изображение процесса подпрессовки представлены на рисунке 2.

Процесс сжатия осуществляется с помощью двух гидроцилиндров, передвигающих заднюю стенку. Для отвода жидкости, которая может образоваться при сжатии, предусматривается специальная емкость в нижней части контейнера.

Позициями 2, 3 и 4 показана степень сжатия отходов при соответствующих циклах сжатия 1ц, 2ц и 3ц.

Для определения объема отходов с учетом их подпрессовки в зависимости от степени сжатия и количества циклов сжатия можно воспользоваться следующей зависимостью:

$$V_{ТБО} = n \cdot (V_k - \frac{V_k}{\varepsilon}) + V_k, \quad (1)$$

где  $V_k$  – объем контейнера, м<sup>3</sup>;

$n$  – количество циклов сжатия;

$\varepsilon$  – степень сжатия.

Численный анализ данной зависимости для контейнера объемом 18 м<sup>3</sup> представлен в таблице. Контейнер объемом 18 м<sup>3</sup> был взят как один из наиболее распространенных в использовании.

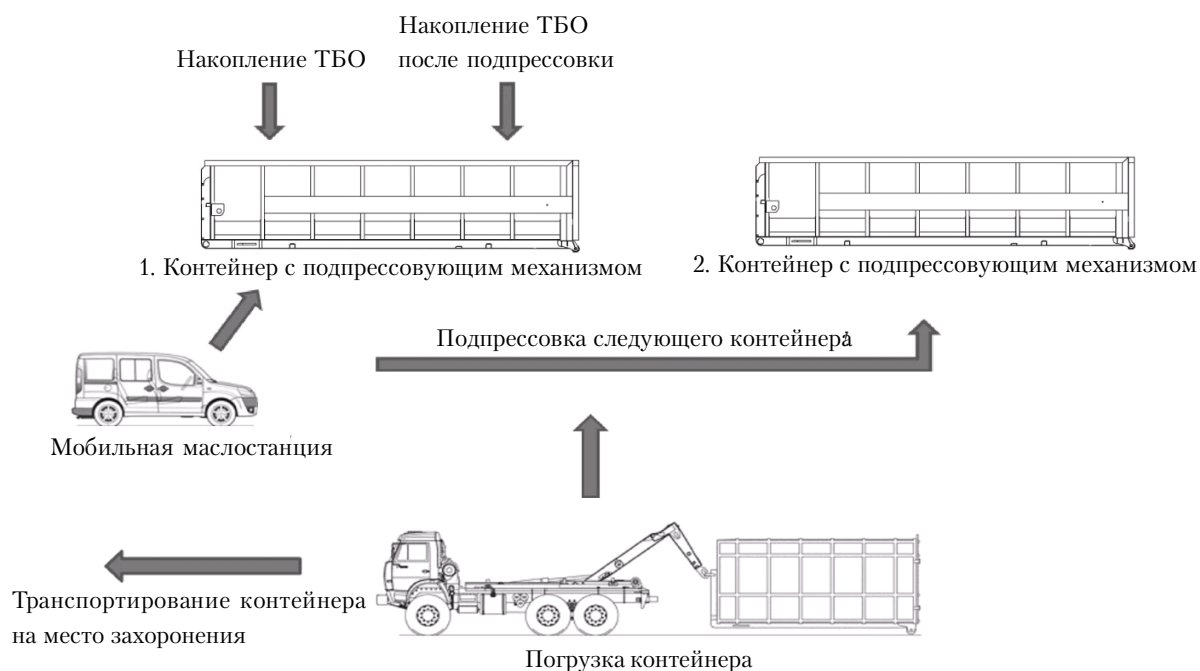
Проанализировав приведенную на рисунке 3 гистограмму, можно утверждать следующее. При создании контейнеров сбора ТБО, дооборудованных механизмом подпрессовки, целесообразно максимально увеличивать степень сжатия отходов путем увеличения хода подвижной стенки контейнера. При этом количество циклов сжатия отходов свыше четырех раз не рационально, происходит незначительное увеличение объема накапливаемых отходов.

В общем случае функцию эффективности сбора и транспортировки ТБО можно представить как:

$$\varepsilon^{ТБО} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} \cdot \gamma_{ij} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где  $P_{ij}$  – производительность сбора и транспортировки  $i$ -ых бытовых отходов по технологии  $j$ ;

$\gamma_{ij}$  – договорная цена сбора и транспортировки  $i$ -го вида бытовых отходов по технологии  $j$ ;



**Рисунок 1.** Технология и средства механизации сбора и транспортировки ТБО с помощью контейнера, дооборудованного механизмом подпрессовки.

$C_{ij}$  – материальные и энергетические затраты, связанные со сбором и транспортировкой  $i$ -го вида отходов по технологии  $j$ .

Функцию оптимизации затрат, связанных со сбором и транспортировкой ТБО, можно представить как:

$$C_{уд}^{ТБО} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij}}{\sum_{i=1}^k \Pi_{ij} \cdot \gamma_{ij}} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $C_{ij}$  – затраты материальных и энергетических ресурсов, связанных со сбором, транспортировкой  $\sum \Pi_{ij}$  количества ТБО.

С учетом вышеизложенного можно утверждать, что увеличение объемов накапливаемых отходов за один цикл транспортировки позволяет

значительно снизить стоимость работ по сбору и доставке отходов, и как следствие, повысить эффективность данных операций.

### Выводы

1. Применение специальных контейнеров для сбора отходов, дооборудованных механизмом подпрессовки, позволяет повысить эффективность их транспортировки и улучшить экологическую составляющую за счёт снижения воздействия отходов на окружающую среду.
2. Зависимость объема накапливаемых отходов от количества циклов и степени сжатия нелинейная. Численный анализ показал, что объем накапливаемых отходов в большей степени увеличивается при увеличении степени сжатия, чем от увеличения циклов сжатия.

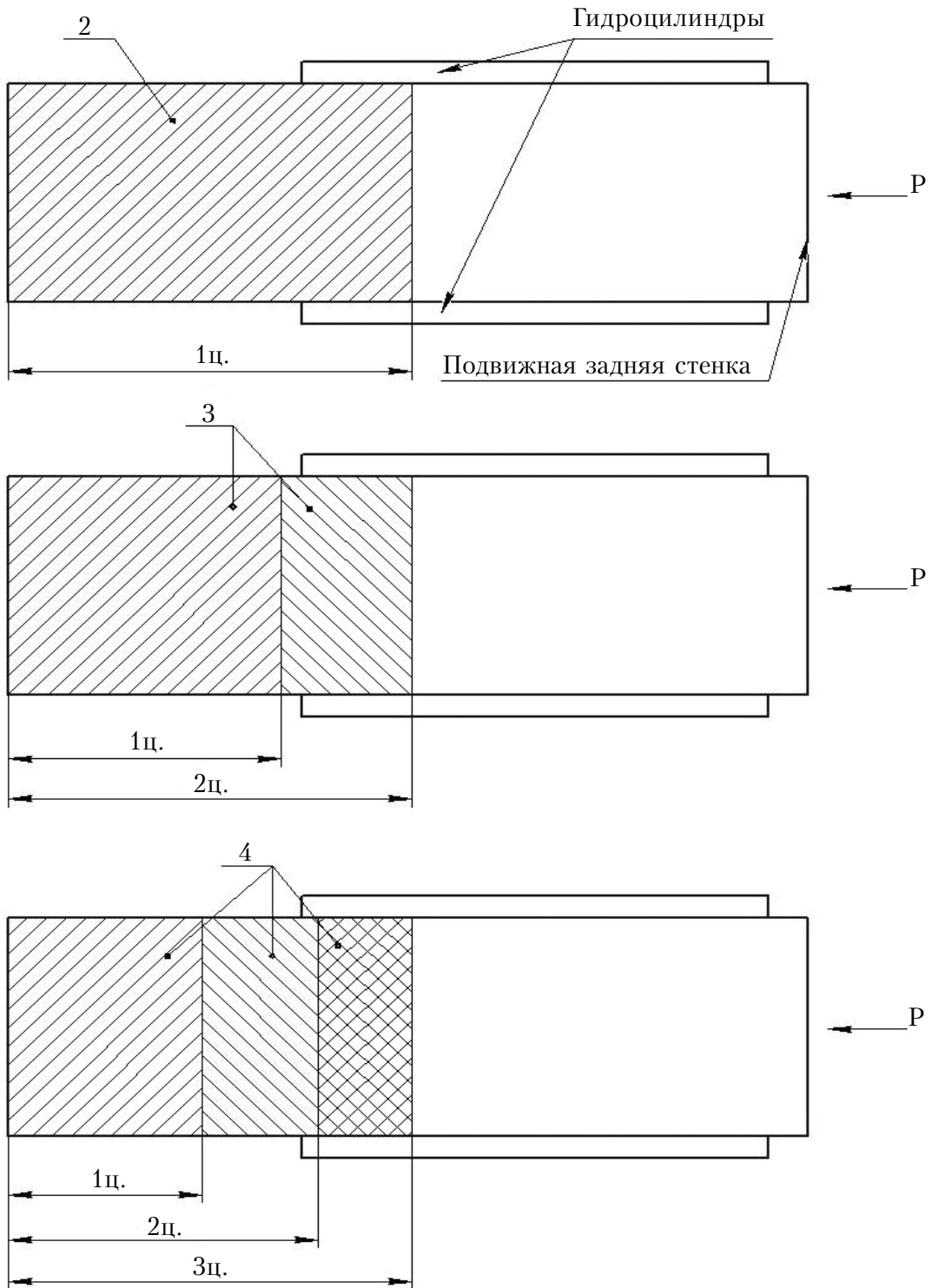


Рисунок 2. Пошаговый процесс подпрессовки в контейнере.

Таблица. Численный анализ зависимости объема накапливаемых отходов от степени и количества циклов сжатия

Кол-во циклов сжатия, $n$	Степень сжатия, $\xi$									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18	27	30	31,5	32,4	33	33,42	33,75	34	34,2
2	18	36	42	45	46,8	48	48,85	49,5	50	50,4
3	18	45	54	58,5	61,2	63	64,28	65,25	66	66,6
4	18	54	66	72	75,6	78	79,71	81	82	82,8
5	18	63	78	85,5	90	93	95,14	96,75	98	99
6	18	72	90	99	104,4	108	110,57	112,5	114	115,2
7	18	81	102	112,5	118,8	123	126	128,25	130	131,4
8	18	90	114	126	133,2	138	141,42	144	146	147,6
9	18	99	126	139,5	147,6	153	156,85	159,75	162	163,8
10	18	108	138	153	162	168	172,28	175,5	178	180

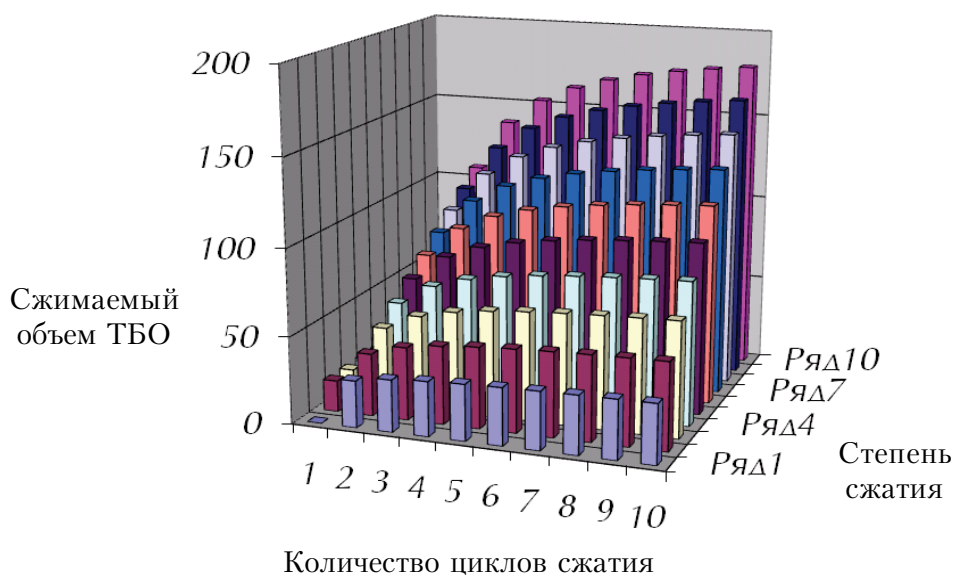


Рисунок 3. Зависимости объемов отходов в контейнере от количества циклов сжатия и степени сжатия.

### Литература

1. Анализ и оценка зарубежного опыта обращения с твердыми бытовыми отходами / [Ю. М. Лихачев, М. Я. Федашко, С. В. Селиванова и др.]. – СПб. : Рос. муницип. акад., 2008. – 265 с.
2. Бабанин, И. В. Оценка эффективности раздельного сбора отходов / И. В. Бабанин // Твёрдые бытовые отходы. 2006. № 7. С. 40–43.
3. Булгаков, С. Н. Новые технологии комплексной переработки твердых коммунальных отходов – дублирующая сырьевая экономика / С. Н. Булгаков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. № 6(101). С. 62–64.

### Reference

1. Analysis and evaluation of foreign experience in dealing with municipal solid waste / [Yu. M. Likhachev, M. Ya. Fedashko, S. V. Selivanova etc]. – SPb. : Rus. Municipal Academy, 2008. – 265 p. (in Russian)
2. Babanin, I. V. Evaluation of the effectiveness of separate waste collection / I. V. Babanin // In: *Solid domestic waste*. 2006. № 7. P. 40–43. (in Russian)
3. Bulgakov, S. N. New technologies for complex processing of municipal solid waste – duplicate raw materials economy / S. N. Bulgakov // In: *Building materials, equipment, technologies of the XXI century*. 2007. № 6(101). P. 62–64. (in Russian)

4. Проблемы и перспективы накопления и переработки полимерных отходов / [Н. П. Горох, В. А. Юрченко, С. В. Свергузова и др.]. – Харьков – Белгород : изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2006. – 132 с.
5. Гринин, А. С. Промышленные и бытовые отходы : хранение, утилизация, переработка : учеб. пособие / А. С. Гринин, В. Н. Новиков. – М. : ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
6. Контрерас, Ф. Сбалансированное управление ТБО (на примере городов Йокогама и Бостон) / Ф. Контрерас, С. Ишии, К. Ханакэ // Твердые бытовые отходы. 2007. № 1. С. 50–55.
7. Краснянский, М. Е. Утилизация и рекуперация отходов : учебное пособие для студ. экол. спец. высш. учеб. зав. / М. Е. Краснянский / Донецкий нац. техн. ун-т. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Харьков : Бурун и К ; Киев : КНТ, 2007. – 288 с.
8. Любарская, М. А. Организация обращения с твердыми бытовыми отходами : учеб. пособие / М. А. Любарская. – СПб. : СПбГИЭУ, 2004. – 154 с.
9. Пенчук, В. А. Исследование влияния подпрессовки твердых бытовых отходов на время сортировки / В. А. Пенчук, В. М. Даценко // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури, 2013. – Вип. № 6(104) Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва. – С. 73–77.
10. Пенчук, В. А. Основы механизации малообъемных и рассредоточенных строительных и коммунальных работ : монография / В. А. Пенчук, В. М. Даценко, В. В. Пенчук; под ред. В. А. Пенчука. – Донецк : Ноулидж, Донецкое отд-ние, 2011. – 257 с. : ил. – Авт. указаны на обороте тит. л. – Библиогр. : С. 247–254.
11. Санитарный полигон : Пособие по мониторингу полигонов твердых бытовых отходов. Thales E&C – GKW – Consult / [Г. И. Бородай, М. Г. Задорожная, Е. А. Савченко и др.]. – Донецк : Тасис, 2004. – 293 с.
12. Пупырев, Е. И. Технологии переработки твердых бытовых отходов / Е. И. Пупырев // Жилищное и коммунальное хозяйство. 2007. № 3. С. 34–38.
13. Dubois, M. Municipal solid waste treatment in the EU / M. Dubois, A. M. M. González, M. Knadel. – [S. c. : Aarhus University], 2004. – 90 p.
14. Pires, A. Solid waste management in European countries : A review of systems analysis techniques / A. Pires, G. Martinho // Journal of Environmental Management, 2011. № 92. – P. 1033–1050.
4. Problems and prospects of accumulation and processing of polymeric wastes / [N. P. Goroh, V. A. Yurchenko, S. V. Sverguzova etc.]. – Kharkov – Belgorod : publishing house of BSTU V. G. Shukhov, 2006. – 132 p. (in Russian)
5. Grinin, A. S. Industrial and household waste: storage, disposal, recycling : study guide / A. S. Grinin, V. N. Novikov. – M. : FAIR-PRESS, 2002. – 336 p. (in Russian)
6. Contreras, F. Balanced management of MSW (on the example of the cities of Yokohama and Boston) / F. Contreras, S. Ishii, K. Hanake // In: *Solid domestic waste*. 2007. № 1. P. 50–55. (in Russian)
7. Krasnyansky, M. Ye. Recycling and waste recovery : study guide for students. eco specialist. higher studies head / M. Ye. Krasnyansky / Donetsk nat. tech. un-t – ed. 2nd, rev. and add. – Kharkov : Burun and K; Kiev : CST, 2007. – 288 p. (in Russian)
8. Lyubarskaya, M. A. Organization of the treatment of solid domestic waste : study guide / M. A. Lyubarskaya. – SPb. : Saint-Petersburg State University of Economics and Industry, 2004. – 154 p. (in Russian)
9. Penchuk, V. A. Study of the influence of the solid domestic waste pressing on the sorting time / V. A. Penchuk, V. M. Datsenko // In: *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2013. – Vol. № 6(104) Technology, organization, mechanization and geodetic support of construction. – P. 73–77. (in Ukraine)
10. Penchuk, V. A. Basics of mechanization of low-volume and dispersed construction and municipal works monograph / V. A. Penchuk, V. M. Datsenko, V. V. Penchuk; by ed. V. A. Penchuk. – Donetsk : Knowledge, Donetsk department, 2011. – 257 p. : il. – Auth. indicated on the back of tit. l – Bibliogr. : P. 247–254. (in Russian)
11. Sanitary landfill : Manual for monitoring of solid waste landfills. Thales E & C – GKW – Consult / [G. I. Boroday, M. G. Zadorozhnaya, E. A. Savchenko etc.]. – Donetsk : Tacis, 2004. – 293 p. (in Russian)
12. Pupyrev, E. I. Technologies for the processing of municipal solid waste / E. I. Pupyrev // In: *Housing and municipal services*. 2007. № 3. P. 34–38. (in Russian)
13. Dubois, M. Municipal solid waste treatment in the EU / M. Dubois, A. M. M. González, M. Knadel. – [S. c. : Aarhus University], 2004. – 90 p.
14. Pires, A. Solid waste management in European countries : A review of systems analysis techniques / A. Pires, G. Martinho // In: *Journal of Environmental Management*, 2011. № 92. – P. 1033–1050.

**Даценко Виталий Михайлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: современные тенденции развития средств механизации сбора, транспортировки и переработки твердых бытовых отходов.

**Новичков Юрий Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технической эксплуатации и сервиса автомобилей технологических машин и оборудования ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экологическая безопасность рециклинга автотракторных шин, детали машин.

**Даценко Віталій Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічна експлуатація та сервісу автомобілів технологічних машин і обладнання ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: сучасні тенденції розвитку засобів механізації збору, транспортування та переробки твердих побутових відходів.

**Новічков Юрій Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічна експлуатація та сервісу автомобілів технологічних машин і обладнання ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: екологічна безпека рециклінгу автотракторних шин, деталі машин.

**Datsenko Vitaly** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment 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.

**Novichkov Yuri** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Technical Exploitation and Service of Automobiles, Technological Machines and Equipment Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: ecological safety of motor-vehicle and tractor tires recycling, machine elements.