

СТАТЬЯ НОМЕРА
MAIN FEATURE

УДК 338.2

DOI: 10.18413/2409-1634-2017-4-1-3-9

Кантарджян С.Л.¹
Карапетян Е.А.²

**ВЫБОР ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ (ТБО)
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА НОРМАЛИЗАЦИИ
РАЗНОРОДНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА
ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**

- ¹) Ереванский государственный университет, ул. Алека Манукяна 1,
г. Ереван, 0025, Республика Армения, *s.khantarjyan@ysu.am*
²) Ереванский государственный университет, ул. Алека Манукяна 1,
г. Ереван, 0025, Республика Армения, *esterkarapetyan@mail.ru*

Аннотация

Актуальность. В статье осуществлен сравнительный анализ действующих технологий переработки ТБО. При этом использовались опубликованные в литературе одноименные технико-экономические и экологические показатели трех наиболее популярных технологий по обезвреживанию и утилизации ТБО. Выбор предпочтительного варианта осуществляется с использованием алгоритма нормализации разнородных показателей качества, разработанного для случая, когда заданы интервалы варьирования этих показателей.

Ключевые слова: инновации; инновационные проекты; экономико-математические методы и модели; разнородные показатели

Sargis L. Kantardzhyan¹
Yester A. Karapetyan²

**SELECTION OF A PREFERRED TECHNOLOGY FOR
MUNICIPAL SOLID WASTE (MSW) TREATMENT USING
THE METHOD OF NORMALIZATION OF HETEROGENEOUS
QUALITY INDICATORS OF INNOVATIVE PROJECTS**

- ¹) Yerevan State University, 1 Alex Manukyan St., Yerevan, 0025, Armenia,
s.khantarjyan@ysu.am
²) Yerevan State University, Alex Manukyan St., Yerevan, 0025, Armenia,
esterkarapetyan@mail.ru

Abstract

Significance. The article compares the existing technologies for solid waste treatment. The analysis is based on the published same-name technical, economic and environmental indicators of the three most popular technologies for decontamination and disposal of solid waste. The choice of the preferred variant is carried out using the algorithm of normalization of heterogeneous quality indicators, developed for the case when the intervals of variation of these indicators are given.

Keywords: innovations; innovative projects; economic and mathematical methods and models; heterogeneous indicators

Введение

Проблема переработки и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) решается либо путем их захоронения на специально отведенных для этой цели полигонах, либо путем их переработки и утилизации на мусороперерабатывающих заводах.

В практических задачах чаще всего используют такие способы переработки, как сжигание, пиролиз и плазменную газификацию.

В настоящей работе осуществлен сравнительный анализ всех трех технологий, учитывающий совокупность экономических и самое главное экологических факторов, т.е. приняты во внимание не только капитальные и эксплуатационные затраты, но и долговременные последствия загрязнения окружающей среды.

Особенность решаемой задачи заключается в том, что упомянутые показатели заданы в интервальном виде, что не позволяет при выборе предпочтительной технологии

использовать известные методы математической оптимизации. В то же время уже известны модели и алгоритмы решения задач управления инновационными проектами, обеспечивающие выбор оптимального варианта инновационного проекта. Подобная цель формализуется в виде требования по достижению некоторых значений соответствующих показателей качества проекта (максимума, минимума, попадания в допустимую область).

Основная часть

В 2009 году была опубликована коллективная монография, посвященная разработке комплекса математических моделей и алгоритмов, обеспечивающих решение подобных задач [1]. Для выбора предпочтительного варианта использовались взятые из литературы сравнительные технико-экономические и экологические показатели, упомянутые выше технологии по обезвреживанию и утилизации ТБО [2]. Они приведены в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительные технико-экономические и экологические показатели различных технологий по обезвреживанию и утилизации ТБО

Table 1

Comparative technical, economic and ecological indicators of different technologies for solid waste disposal and utilization

Показатели	Единицы измерения	Технология		
		Термическая переработка		Плазменная газификация
		Сжигание	Пиролиз	
Удельные капиталовложения	Тыс. руб./1т.ТБО в год	17-30	14-20	20-24
Стоимость аренды земельного участка	Тыс. руб./1т.ТБО в год	0,002	0,003	0,002
Удельная стоимость переработки, в т.ч.		700-1200	60-1100	1800-2300
Удельные эксплуатационные затраты	руб./1т.ТБО	1500-2000	1300-1800	2000-2500
Удельные экологические платежи	руб./1т.ТБО	78	69	20
Удельные доходы предприятия	руб./1тТБО	878	769	220
Удельные энергозатраты	кВ-ч/1т ТБО	50-70	50-70	500
Удельная занимаемая площадь	м ³ /1т ТБО в год.	0,1-0,2	0,15-0,30	0,1-0,2

Показатели	Единицы измерения	Технология		
		Термическая переработка		Плазменная газификация
		Сжигание	Пиролиз	
Экологические аспекты				
Степень и срок обезвреживания		Полное за 1 час	Полное за 1 час	Полное за 1 час
Наличие отходов производства	% от массы ТБО	23-28 (зола-шлак)	25-30 (кокосовый остаток)	Мелкодисперсная пыль, возгоны тяжелых металлов
Загрязнение почвы		Только шлакоотвал	Только коксовый остаток	Практически нет
Загрязнение грунтовых вод		нет	нет	нет
Загрязнение атмосферы		В пределах норм	В пределах норм	Тяжелые металлы
Получаемые продукты переработки ТБО				
Энергия производимого пара МВт-ч/1 ч ТБО	МВт-ч/1 ч ТБО	1,60	1,20	-
Электроэнергия	МВт-ч/1 ч ТБО	0,40	0,30	0,5
Компост	% от массы ТБО	-	-	-
Черные металлы	-«-	2	2	3
Цветные металлы	-«-	-	0,3-0,4	-
Другое вторсырье	-«-	-	5-10	15-20

Выбор предпочтительного варианта осуществлялся с использованием алгоритма нормализации разнородных показателей качества, заимствованного нами из упомянутой выше монографии. Использованы те же обозначения, которые приведены в тексте монографии.

Сравнивались три наиболее важных показателя с заданными границами интервалов их изменения. В соответствии с выбранным алгоритмом на первом этапе была осуществлена нормализация разнородных интервальных показателей качества $K_i(S_n)$ для всех трех инновационных проектов. Нумерация инновационных проектов осуществлена следующим образом;

S_1 – сжигание, S_2 – пиролиз, S_3 – плазменная газификация. В рассматриваемом нами случае $K_i (i = \overline{1,3}) S_n (1 = \overline{1,3})$ а именно,

$K_1(S_n)$ – удельные капиталовложения, тыс. руб/1т ТБО

$K_2(S_n)$ – удельные эксплуатационные затраты; руб/1т.ТБО)

$K_3(S_n)$ – удельная занимаемая площадь; м³/ 1 т ТВО в год.

Предполагается минимизация всех трех показателей.

Варианты изучения показателей качества проектов и ширина интервала оценок t_i представлены в таблице 2.

Таблица 2

Исходные данные для решения задачи

Table 2

Initial data for solution of tasks

Показатели Качества- $K_i(S_n)$	Проекты (S_n)	S_1	S_2	S_3	m_i
1. Удельные капиталовложения- $K_1(S_n)$		17-30	14-20	20-24	30
2. Удельные эксплуатационные затраты- $K_2(S_n)$		1500-2000	1300-1800	2000-2500	2500
3. Удельные занимаемая пло- щадь- $K_3(S_n)$		0.1-0.2	0.15-0.30	0.1-0.2	0.30

В качестве теоретической базы для решения задачи использовалась интервальная арифметика Каухера [3]. Как видно из таблицы 2, показатели $K_1(S_n), K_2(S_n), K_3(S_n)$ являются разнородными, измеряемыми в интервальной шкале, с различными диапазонами отклонения качества.

Ширина m_i интервалов оценок по i -му частному интервальному показателю качества определяется предельно допустимыми значениями частных показателей качества.

При решении задачи использовалась формула (2.3.2) взятая из упомянутой выше коллективной монографии и определяющая элементы $\mu K_1(S_k, S_l)$ для всех k и l [1, 37].

Оценочная матрица $\|\mu^u K_1(S_k, S_l)\|$ приведена в таблице 3.

Аналогично определяются значения $\mu^u K_2(S_k, S_l)$ и $\mu^u K_3(S_k, S_l)$. Полученные данные сведены в таблицу 4 и таблицу 5.

$$\mu K_1(S_1, S_2) = \frac{[17,30]-[14,20]}{30} = \frac{[\min\{17-14;14-20\};\max\{17-14;30-20\}]}{30} = \frac{[3,10]}{30} = [0,1; 0,33] \quad (1)$$

$$\mu K_1(S_1, S_3) = \frac{[17,30]-[20,24]}{30} = \frac{[\min\{17-20;30-24\};\max\{17-20;30-24\}]}{30} = \frac{[-3,6]}{30} = [-0,1; 0,2] \quad (2)$$

$$\mu K_2(S_2, S_1) = \frac{[14,20]-[17,30]}{30} = [-0,1; -0,33] \quad (3)$$

$$\mu K_1(S_2, S_3) = \frac{[14,20]-[20,24]}{30} = [-0,06; -0,04] \quad (4)$$

$$\mu K_1(S_3, S_1) = \frac{[20,24]-[17,30]}{30} = [-0,03; -0,06] \quad (5)$$

$$\mu K_1(S_3, S_2) = \frac{[20,24]-[14,20]}{30} = [0,06; 0,04] \quad (6)$$

Таблица 3

Оценочная матрица $\|\mu^u K_1(S_k, S_l)\|$

Table 3

Evaluation matrix $\|\mu^u K_1(S_k, S_l)\|$

Проекты (S_k)	Проекты (S_l)	S_1	S_2	S_3
S_1		0	[0,1;0,33]	[-0,1;0,2]
S_2		[-0,33;0,1]	0	[-0,2;-0,13]
S_3		[-0,2;-0,1]	[-0,13;0,2]	0

Таблица 4

Оценочная матрица || $\mu^u K_2(S_k, S_l)$ ||

Table 4

Evaluation matrix || $\mu^u K_2(S_k, S_l)$ ||

Проекты (S _k) \ Проекты (S _l)	S ₁	S ₂	S ₃
S ₁	0	[0,08;0,03]	[-0,2;-0,2]
S ₂	[-0,08;-0,08]	0	[-0,28;-0,28]
S ₃	[-0,2;0,2]	[0,28;0,28]	0

Таблица 5

Оценочная матрица || $\mu^u K_3(S_k, S_l)$ ||

Table 5

Evaluation matrix || $\mu^u K_3(S_k, S_l)$ ||

Проекты(S _k) \ Проекты (S _l)	S ₁	S ₂	S ₃
S ₁	0	[-0,33;-0,16]	0
S ₂	[0,16;0,33]	0	[0,016;0,30]
S ₃	0	[-0,3;-0,016]	0

С использованием формулы (2.3.3), взятой из упомянутой выше монографии, определяются элементы $\mu_D^u K_i(S_k, S_l) (\forall k, l)$.

$$\mu_D^u K_i(S_1, S_2) = [0,1; 0,33] - [-0,33; 0,1] = 0,23; 0,43$$

$$\mu_D^u K_i(S_1, S_3) = [0,1; 0,2] - [-0,2; 0,1] = 0,1; 0,1$$

Таблица 6

Оценочная матрица || $\mu_D^u K_1(S_k, S_l)$ ||

Table 6

Evaluation matrix || $\mu_D^u K_1(S_k, S_l)$ ||

Проекты (S _k) \ Проекты (S _l)	S ₁	S ₂	S ₃
S ₁	0	0,2	0
S ₂	-0,2	0	0
S ₃	0	0	0

Таблица 7

Оценочная матрица || $\mu_D^u K_2(S_k, S_l)$ ||

Table 7

Evaluation matrix || $\mu_D^u K_2(S_k, S_l)$ ||

Проекты (S _k) \ Проекты (S _l)	S ₁	S ₂	S ₃
S ₁	0	0	0
S ₂	0	0	0
S ₃	0	0	0

Таблица 8

Оценочная матрица $|| \mu_D^u K_3 (S_k, S_l) ||$

Table 8

Evaluation matrix $|| \mu_D^u K_3 (S_k, S_l) ||$

Проекты (S _k) \ Проекты (S _l)	S ₁	S ₂	S ₃
S ₁	0	0	0
S ₂	0	0	0
S ₃	0	0	0

С использованием формулы (2.3.4), взятой из упомянутой выше монографии, вычисляются значения $\mu_{ND}K_1(S_k, S_l)$, $\mu_{ND}K_2(S_k, S_l)$ и $\mu_{ND}K_3(S_k, S_l)$. Полученные данные сведены в таблицы 9, 10, 11.

Значения функции принадлежности $\mu_D^u K_i(S_k)$ для каждого проекта по показателям K_1, K_2, K_3 , вычисленные по формуле (2.3.5) сведены в таблицу 12.

Таблица 9

Оценочная матрица $|| \mu_{ND}K_1 (S_k, S_l) ||$

Table 9

Evaluation matrix $|| \mu_{ND}K_1 (S_k, S_l) ||$

Проекты (S _k) \ Проекты (S _l)	S ₁	S ₂	S ₃
S ₁	1	0,8	1
S ₂	1	1	1
S ₃	1	1	1
$\min \mu_{ND}K_1(S_k, S_l)$	1	0,8	1

Таблица 10

Значения $|| \mu_{ND}K_2 (S_k, S_l) ||$

Table 10

Values $|| \mu_{ND}K_2 (S_k, S_l) ||$

Проекты (S _k) \ Проекты (S _l)	S ₁	S ₂	S ₃
S ₁	1	1	1
S ₂	1	1	1
S ₃	1	1	1
$\min \mu_{ND}K_2(S_k, S_l)$	1	1	1

Таблица 11

Значения $|| \mu_{ND}K_3 (S_k, S_l) ||$

Table 11

Values $|| \mu_{ND}K_3 (S_k, S_l) ||$

Проекты (S _k) \ Проекты (S _l)	S ₁	S ₂	S ₃
S ₁	1	1	1
S ₂	1	1	1
S ₃	1	1	1
$\min \mu_{ND}K_3(S_k, S_l)$	1	1	1

Таблица 12

Значения $\mu_D^* K_i (S_k)$

Table 12

The values of the membership function $\mu_D^* K_i (S_k)$

Проекты (S_k)	$\mu_D^* K_i (S_k)$	$\mu_D^* K_1 (S_k)$	$\mu_D^* K_2 (S_k)$	$\mu_D^* K_3 (S_k)$
S_1		1	0,8	1
S_2		1	1	1
S_3		1	1	1

Заключение

По результатам проведенных расчетов сделаны выводы о предпочтительности выбора пиролизной технологии переработки ТБО, поскольку в этом случае удельные эксплуатационные затраты будут ниже, чем при сжигании или плазменной газификации ТБО.

Информация о конфликте интересов:

авторы не имеют конфликта интересов для декларации.

Conflicts of Interest: the authors have no conflict of interest to declare.

Список литературы

1. Анисимов, В.Г., Анисимов Е.Г., Ведерников Ю.В, Матросов В.В., Черныш А.Я. Модели и методы решения задач управления инновационными проектами. Монография. Изд. «Российская Таможенная Академия» М., 2009. 90с.

2. Малышевский, А.Ф. Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России [Электронный ресурс]. Доклад Комиссии научного совета РАН по экологии и чрезвычайным ситуациям М., 2012. 48с. Режим доступа: http://rpn.gov.ru/sites/all/files/users/rpngiavred/file-browser/docs/doklad_po_tbo.pdf (Дата обращения 01.02.2018)

3. Kaucher, E. (1977), “Algebraische Erweiterungen der Intervallrechnung unter Erhaltung Ordnungsund Verbandsstrukturen”, *Computing Suppl.*, 1, 65–79.

References

1. Anisimov, V. G., Anisimov E. G., Vedernikov Yu. V, Matrosov V. V. and Chernysh, A. Ya. (2009), *Modeli i metody resheniya zadach upravleniya innovatsionnymi proektami* [Models and methods of decision of tasks of management of innovative projects], The Russian Customs Academy, Moscow, Russia

2. Malyshevskiy, A. F. (2012), “The rationale for selecting the optimal method of disposal of solid domestic waste in the cities of Russia”, *The Report of the Commission of the RAS Scientific Council for Ecology and Emergency Situations* [Online], available at: http://rpn.gov.ru/sites/all/files/users/rpngiavred/file-browser/docs/doklad_po_tbo.pdf (Accessed 1 February 2018)

3. Kaucher, E. (1977), “Algebraische Erweiterungen der Intervallrechnung unter Erhaltung Ordnungsund Verbandsstrukturen”, *Computing Suppl.*, 1, 65–79.

Информация о конфликте интересов:

авторы не имеют конфликта интересов для декларации.

Conflicts of Interest: the authors have no conflict of interest to declare.

Кантарджян Саркис Леонович, доктор экономических наук профессор, Ереван, Армения

Карапетян Эстер Артуровна, Ереван Армения

Sargis L. Kantardzhyan, Doctor of Economic Sciences, Professor, Yerevan, Armenia

Yester A. Karapetyan, Yerevan, Armenia