

## Управление выбором необходимых составов электронного лома на основе теории игр

© 2017 г. Г.В. Кружкова, Ю.Ю. Костюхин, И.М. Рожков\*

Рассмотрены способы выбора различных видов техногенного лома для обеспечения предприятия вторичной металлургии теми составами, переработка которых даст максимальный экономический эффект, а также вносимый вклад в задачу рационального природопользования путем их утилизации. Результативность закупки партии шихты оценена модифицированным интегральным показателем, учитывающим значения функции желательности управляющих воздействий, с использованием весовых коэффициентов, отражающих разную значимость частных показателей эффективности и вклад каждого из них в окончательное решение. Кроме того, оценивается желательность поступившего на рынок состава лома, соответственно, корректируется базовая цена сырья. Для построения обобщенного показателя эффективности используется функция желательности Харрингтона. В целях определения поведения на конкурентном рынке закупки предприятию предлагается использовать положения математической теории игр. Действия предприятия на конкурентном рынке закупки сырья рассматриваются как игра против «природы», где «природа» – это состояние рынка. Корректировка закупочных цен осуществляется последовательно, учитывая состав предлагаемого сырья, финансовые возможности предприятия, а также показано, что не доминирующему на рынке предприятию целесообразно увеличивать цену лома эпизодически. Предложена схема оплаты поставок электронного лома для предприятия вторичной металлургии, использующего технологическую схему комплексной переработки сырья, учитывающая особенности состава лома, ситуацию на рынке и изменение цены на золото. Окончательная оплата поступившей партии производится с учетом оценки предполагаемой выручки после извлечения всех ценных компонентов согласно разработанной математической модели. Показано, что повышение эффективности хозяйственной деятельности предприятия возможно за счет применения методики управления выбором рациональных составов электронного лома для оптимизации последовательности поступающих составов сырья и повышения эффективности хозяйственной деятельности.

**Ключевые слова:** переработка техногенного лома, управляющие воздействия, предприятие вторичной металлургии, функция желательности Харрингтона, корректировка закупочных цен, комплексная переработка сырья, методика управления, схема оплаты

В настоящее время в России и в мире в результате технического перевооружения предприятий и организаций увеличивается объем электронных отходов, которые, с одной стороны, наносят огромный вред окружающей среде, с другой – представляют собой ценнейшие ресурсы, по содержанию полезных компонентов превосходящие природные источники. В статье идет речь о переработке лома, образующегося после окончательного выхода из строя электронной аппаратуры, и формировании лучшего варианта шихтовки плавки с учетом выбора различных составов техногенного сырья. Для обеспечения наилучшего экономического эффекта предприятию выгодно закупать и перерабатывать лом с максимальным процентным содержанием драгоценных металлов.

Введем следующие обозначения:

$N$  – количество поступивших на рынок составов;  
 $n = 1$  – номер рассматриваемого состава.

Методика управления выбором рациональных составов электронного лома включает следующие основные этапы:

**Этап 1.** Формирование множества вариантов шихтовки плавки со значениями функции желательности выбираемых составов, лежащих в диапазоне от  $d_{\min}$  до  $d_{\max}$ .

Используемая функция желательности представляет собой интегральный показатель эффективности закупки одной партии электронного лома. Рассматриваются следующие частные показатели закупки:

$p_1$  – наличие у предприятия финансовых возможностей для повышения закупочной цены на лом;

$p_2$  – территориальная доступность для поставщика, приемлемый для него размер транспортного тарифа;

$p_3$  – возможность переработки любого состава лома;

\* Кружкова Г.В. – старший преподаватель, galkruzhkova@mail.ru, Костюхин Ю.Ю. – канд. экон. наук, профессор, kostuhinyury@mail.ru, Рожков И.М. – д-р экон. наук, профессор НИТУ «МИСИС», 119049, Москва, Ленинский просп., д. 4.

Таблица 1

Стандартные отметки на шкале желательности Харрингтона [The standard marks on the Harrington desirability scale]	
Желательность	Отметки на шкале желательности
Очень хорошо	1,00–0,80
Хорошо	0,80–0,63
Удовлетворительно	0,63–0,37
Плохо	0,37–0,20
Очень плохо	0,20–0,00

Таблица 2

Шкала уровней важности [Scale of importance levels]	
Уровень важности	Количественное значение
Равная важность	1
Умеренное превосходство	2
Существенное превосходство	3
Значительное превосходство	4
Очень большое превосходство	5

Таблица 3

Матрица сравнений показателей эффективности [Matrix of comparisons of performance indicators]							
Показатель эффективности	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$p_6$	$p_7$
$p_1$	1	3	4	4	3	3	5
$p_2$	1/3	1	3	3	3	4	4
$p_3$	1/4	1/3	1	2	2	1/2	3
$p_4$	1/4	1/3	1/2	1	2	1/2	2
$p_5$	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1/2	3
$p_6$	1/3	1/4	2	2	2	1	3
$p_7$	1/5	1/4	1/3	1/2	1/3	1/3	1

Таблица 4

Весовые коэффициенты показателей эффективности [Weighing factors of performance indicators]		
Показатель эффективности	Собственный вектор	Весовой вектор
$p_1$	2,990	0,34
$p_2$	2,034	0,23
$p_3$	0,906	0,10
$p_4$	0,701	0,08
$p_5$	0,635	0,07
$p_6$	1,104	0,13
$p_7$	0,369	0,04

$p_4$  – возможность принять груз, прибывший по железной дороге;

$p_5$  – возможность переработки большого объема электронных отходов;

$p_6$  – дружественные отношения руководства предприятия с организацией, готовой привезти лом;

$p_7$  – приемлемый размер расходов на страхование отправляемой партии лома.

Для построения обобщенного показателя эффективности используется функция желательности Харрингтона [1, 2]. Натуральные значения частных показателей эффективности преобразуются в безразмерную шкалу желательности. Назначение данной шкалы (табл. 1) заключается в том, чтобы установить соответствие между физическими и психологическими параметрами.

Значения шкалы желательности Харрингтона лежат в интервале от 0 до 1 и обозначаются как  $d$

(англ. *desirable* – желательный). Значение  $j$ -го частного параметра  $p_j$ , преобразованное в шкалу желательности, называется частной желательностью и обозначается как  $d_j$ . После того как частные параметры  $p_j$  переведены в свои желательности  $d_j$ , может быть сформирована обобщенная функция желательности. Обычно ее рассчитывают как среднее геометрическое частных желательностей.

Результативность закупки партии лома оценивается модифицированным обобщенным показателем с использованием весовых коэффициентов, отражающих разную значимость частных показателей эффективности и вклад каждого из них в окончательное решение. Для этого вычисляется среднее геометрическое взвешенное частных желательностей. В этом случае применяется следующая формула:

$$D = \left( \prod_{j=1}^7 (d_{p_j})^{\gamma_j} \right)^{1/\sum_{j=1}^7 \gamma_j} = ((d_{p_1})^{\gamma_1} (d_{p_2})^{\gamma_2} (d_{p_3})^{\gamma_3} \times (d_{p_4})^{\gamma_4} (d_{p_5})^{\gamma_5} (d_{p_6})^{\gamma_6} (d_{p_7})^{\gamma_7})^{1/\sum_{j=1}^7 \gamma_j}, \quad (1)$$

где  $\gamma_j$  – значения весового вектора;  $D$  – обобщенный показатель эффективности, в рассматриваемом случае вычисляется среднее геометрическое взвешенное вероятности достижения рассматриваемых желательностей.

В работе для определения весовых коэффициентов предлагается метод, основанный на мнении экспертов о парном сравнении частных показателей эффективности. Для удобства сравнения критериев эффективности обычно используется шкала качественных описаний уровней важности, далее каждому уровню ставится в соответствие определенное число. В табл. 2 приводится возможная шкала уровней важности, которую удобно использовать в целях сравнения показателей эффективности.

На следующем этапе выполняются попарные сравнения элементов каждого уровня, при этом результаты сравнений переводятся в числа. Результаты экспертных сравнений семи показателей эффективности исходя из их уровней важности представлены в табл. 3.

Весовые коэффициенты определяются путем нормализации собственных векторов по каждому показателю эффективности. Для вычисления собственного вектора матрицы извлекается корень  $n$ -й степени (где  $n$  – размерность матрицы) из произведений элементов каждой строки матрицы сравнений. Результаты расчета весовых коэффициентов представлены в табл. 4.

После подстановки значений весового вектора из таблицы 4 в формулу (1) получим формулу для расчета обобщенного показателя эффективности в следующем виде:

$$D = ((d_{p_1})^{\gamma_1} \cdot (d_{p_2})^{\gamma_2} \cdot (d_{p_3})^{\gamma_3} \cdot (d_{p_4})^{\gamma_4} \times (d_{p_5})^{\gamma_5} \cdot (d_{p_6})^{\gamma_6} \cdot (d_{p_7})^{\gamma_7}). \quad (2)$$

Для случая, когда, например, предприятие, готовое купить состав № 2, находится вблизи железнодорожной станции, располагает дополнительной прибылью и возможностью увеличить закупочную цену, предлагается принять следующие значения для эффективности факторов, влияющих на вероятность закупки (согласно экспертным оценкам):

$$d_{p1} = 0,9, d_{p2} = 0,6, d_{p3} = 0,6, d_{p4} = 0,4, \\ d_{p5} = 0,5, d_{p6} = 0,8, d_{p7} = 0,4.$$

Тогда обобщенный показатель эффективности получит значение  $D = 0,67$ , и таким образом будет оценена результативность закупки с учетом воздействия показателей по сравнению с первоначальной вероятностью  $1/t$  ( $t$  – количество перерабатывающих предприятий на доступной поставщику территории) [3].

Рассмотренная процедура повторяется для каждого предполагаемого к закупке состава. С учетом значений интегральных показателей определяются цены закупки каждого состава (**Этап 2**).

**Этап 3** – Первая корректировка закупочных цен осуществляется после оценки желательности составов.

После оценки возможностей по приобретению партии сырья предприятию предлагается осуществить корректировку закупочных цен с учетом следующих идей:

- целесообразно увеличивать цену на составы, содержащие наибольшее количество драгоценных металлов;
- цена поднимается эпизодически на определенные партии лома;
- предприятие периодически оценивает свои возможности по приобретению лома.

В работе используется одна из принятых классификаций техногенного лома, по которой он подразделяется на шесть категорий в зависимости от его происхождения. Для каждой категории установлено усредненное количество ценных компонентов [4–7].

Чтобы определить уровень повышения базовой цены на состав, предлагается установить его желательность в зависимости от суммарного содержания в нем золота и платиноидов. На диаграмме показана частота поступления шести категорий лома с разным содержанием указанных выше компонентов на оси абсцисс (**рис. 1**).

Для перевода частного параметра ( в данном случае суммарного содержания в составе золота и платиноидов) в частную желательность нужно задать две пары чисел. Одна из пар устанавливает связь между параметром эффективности и низкой желательностью, другая – между параметром эффективности и высокой желательностью. Согласно данным о выручке, получаемой в результате комплексной переработки разных составов, предлагается принять желательность 0,5 и увеличение закупочной цены на 5 % для состава 3 (содер-

жание золота и платиноидов 0,04 %) и желательность 0,9 и увеличение закупочной цены на 50 % для состава 6 (содержание золота и платиноидов 1,17 %). Функция желательности для одностороннего ограничения имеет следующий вид:

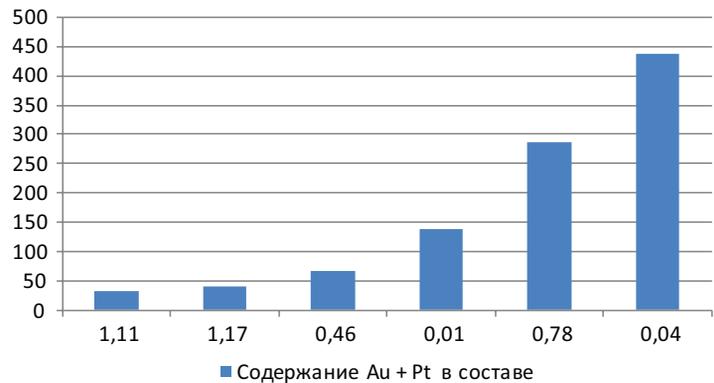
$$d_j = \exp(-\exp \hat{y}_j),$$

где  $\hat{y}_j$  – кодированное значение частного параметра  $y_j$ , в данном случае содержания золота и платиноидов [8–9].

Функция желательности приобретает следующий вид (**рис. 2**).

Для состава, предлагаемого к покупке, вычисляются желательность и, соответственно, увеличение базовой цены.

Если значение интегрального показателя превышает первоначальную вероятность закупки, то целесообразно применить опережающее увеличение цены. В противном случае, например, когда на рынке предлагается бедное по составу сырье (менее 0,25 % золота и 0,1 % платиноидов), предприятие



**Рис. 1.** Частота поступления различных категорий лома на предприятие  
[Frequency of receipt of various scrap categories for the enterprise]



**Рис. 2.** Желательность состава в зависимости от суммарного содержания в нем золота и платиноидов  
[The desirability of the composition, depending on the total content of gold and platinum]

Таблица 5

<b>Выигрыши предприятия в игре на рынке закупки сырья</b> [Winnings of the enterprise in the game on the raw material procurement market]		
Действия предприятия	Состояние рынка	
	цена стабильна	цена повышается
не повышать цену	$s_4$	$s_3$
повысить цену	$s_2$	$s_1$

может отказаться от закупки и продолжить мониторинг поступающего на рынок техногенного сырья.

**Этап 4** – Вторая корректировка цены; применение опережающего увеличения цены. Для обоснования подобной стратегии предлагается использовать положения математической теории игр, такие как:

1. Игра – это математическая модель конфликтной ситуации. Участники конфликта называются игроками.

2. Ход игрока – это выбор и осуществление одного из предусмотренных правилами действий. Ходы могут быть случайными и сознательными.

3. Стратегия игрока – совокупность правил, определяющих выбор его действия в зависимости от сложившейся ситуации.

4. Игра называется игрой с нулевой суммой, если выигрыш одного из игроков равен проигрышу другого.

5. Игра против «природы»: «природа» – это совокупность обстоятельств, в которых игроку приходится принимать решения. В статической игре природа не является активно действующим игроком в смысле выбора оптимальной стратегии и оказания противодействия игроку.

6. Целью теории игр является определение оптимальной стратегии для каждого игрока.

7. Игры с неполной информацией – участники не знают всех ходов противника [10–13].

Действия предприятия на конкурентном рынке закупки сырья можно рассматривать как игру против «природы», где «природа» – это состояние рынка [14]. Возможные действия предприятия и получаемые им выигрыши в игре при поступлении на рынок очередной партии сырья – в данном случае суммы, уплаченные за количество приобретенного лома определенного состава, представлены в **табл. 5**.

Доминирующими действиями предприятия в повторяющейся игре могут быть следующие:

– следование за лидером: если одно предприятие повышает закупочную цену, то второе тоже повышает;

– повышение цены в любой момент времени независимо от действий других участников [15].

В результате применения первого варианта максимальный выигрыш каждого предприятия составит:

$$PV_1(p) = s_1 + s_1 p \delta + s_1 p^2 \delta^2 + \dots = \frac{s_1}{1-p}, \quad (3)$$

где  $s_1$  – сумма, уплаченная за лом предприятием, назначившим высокую закупочную цену при условии, что другие предприятия тоже назначили высокую цену;  $p$  – вероятность взаимодействия предприятий в будущем, т. е. для момента времени  $t$  вероятность взаимодействия в момент времени  $t + 1$ ;  $\delta$  – дисконтирующий множитель, связанный со ставкой дисконтирования:  $\delta = 1/(1 + i)$ ,  $i$  – ставка дисконтирования, определяемая экспертами.

Если предприятие применит второй вариант, то его выигрыш составит:

$$PV_2(p) = s_2 + s_4 p \delta + s_4 p^2 \delta^2 + \dots = s_2 - s_4 + \frac{s_4}{1-p}, \quad (4)$$

где  $s_2$  – сумма, уплаченная за лом предприятием, повысившим закупочную цену при условии, что другие предприятия цену не повышали;  $s_4$  – сумма, уплаченная за лом предприятием, не повысившим закупочную цену при условии, что другие предприятия также не повышали цену.

Убывание значений членов приведенных числовых рядов имеет эмпирический смысл и означает повышение устойчивости общего результата покупок. Таким образом, выбор стратегии зависит от соотношения выигрышей. Преобразуя формулы (3) и (4),

получаем выражения вида  $p \delta$  и  $\frac{s_2 - s_1}{s_2 - s_4}$ . Обозначим

$$r = \frac{s_2 - s_1}{s_2 - s_4}. \text{ По оценкам экспертов, в качестве кото-}$$

рых выступили должностные лица предприятия по переработке вторичного полиметаллического сырья, целесообразно принять вероятность взаимодействия предприятий в будущем  $p = 0,9$ , ставку дисконтирования  $i = 0,2$  (с учетом возможных рисков, среди которых учитывается, что содержание золота в ломе может оказаться ниже заявленного поставщиком или вообще нулевым), соответственно дисконтирующий множитель  $\delta = 0,83$ , а соотношение разностей выигрышей  $r \approx 0,8$ , т. к. рынок электронного лома достаточно стабилен и при незначительном повышении цены объем предлагаемого лома не будет резко увеличен. Следовательно, предприятию выгодно первым применить вариант повышения цены. Предлагается эпизодическое увеличение цены на 10–50 %, чтобы поставщики обратили внимание на предприятие, намеревающееся увеличить объем закупок, но чтобы в то же время не вызвать негативной реакции других заводов. Вариант опережающего увеличения закупочной цены может применяться в случаях, когда предприятие заинтересовано в приобретении партии сырья, поступившей на рынок, например, когда производственные мощности недостаточно загружены или происхождение лома предполагает высокое содержание ценных компонентов (отходы ЭВМ типа IBM, транзисторные стеклянные

изоляторы или печатные платы). В тех случаях, когда установившееся ценовое равновесие обеспечивает бесперебойную работу предприятия в ближайшем будущем благодаря складским запасам или же на рынке предлагается бедное по составу сырье, предприятие может отказаться от закупки [16–18]. После поступления сырья на переработку выполняется его опробование, устанавливается точный химический состав.

**Этап 5.** Поступивший на предприятие лом может отличаться по содержанию от усредненных показателей каждого состава. Конкретная партия сырья, поступившая на предприятие, будет отнесена к одной из шести категорий, но фактическое содержание ценных компонентов устанавливается после выполнения измерений химического состава проб

(анализа) электронного лома и отходов. После определения фактического содержания каждого из ценных компонентов лома устанавливается стоимость каждого металла, содержащегося в данном составе, с использованием рыночных цен на каждый компонент. Если установленные показатели превышают усредненные для данной категории, то производится второй уровень оплаты. Иначе состав перерабатывается согласно выбранной технологии.

**Этап 6** – Второй уровень оплаты. Для оплаты полученной партии сырья в дополнение к надбавке первого уровня предлагается использование оценки предполагаемой выручки и окончательный расчет с поставщиком, учитывающий выручку от комплексной переработки и текущую ситуацию на рынке. Для оценки прогноза выручки от переработки каждого состава в зависимости от стоимости содержащихся компонентов методом корреляционно-регрессионного анализа была разработана математическая модель [3, 19–20]. На основе данных предварительной статистики, сгенерированных с 10-процентным разбросом от содержания ценных компонентов в каждом составе лома, для каждого состава получены коэффициенты уравнения регрессии и определена их значимость. Таким образом, после поступления партии электронного лома предприятие определяет точное содержание ценных компонентов и предполагаемый объем выручки от их извлечения и реализации.

В настоящее время на предприятиях, закупающих электронный лом для последующей переработки, принята следующая система расчетов с поставщиками: при поступлении лома на переработку производится оплата половины заявленного поставщиком содержания золота в ломе, а после перера-



**Рис. 3.** Двухуровневая система оплаты поступившего на переработку электронного лома [Two-tier system of payment for electronic scrap received for processing]

ботки данной партии производится окончательный расчет согласно фактическому содержанию золота. Имеют место случаи, когда содержание золота оказывается столь низким, что после переработки лома итоговый расчет не производится.

Прогнозируя выручку от переработки конкретного состава с извлечением всех ценных компонентов, предприятие имеет возможность увеличивать закупочные цены на сырье. Предлагается ввести двухуровневую систему оплаты за поступивший лом (**рис. 3**):

Коэффициент повышения цены предлагается рассчитывать по следующей формуле:

$$\text{Коэфф. повыш. цены} = \frac{v(\text{КИС})}{v(\text{Au} + \text{Ag})} \cdot (1 + \alpha), \quad (5)$$

где  $v(\text{КИС})$  – выручка, получаемая от реализации всех ценных компонентов лома;  $v(\text{Au} + \text{Ag})$  – выручка, получаемая от традиционного извлечения золота и серебра;  $\alpha$  – ситуационный показатель.

Ситуационный показатель ( $\alpha$ ) определяется экспертами и зависит от следующих факторов:

- уровня конкурентной борьбы на рынке;
- типа сырья;
- наличия данного типа сырья на рынке.

Значение  $\alpha$  предлагается принимать в пределах от 0 до 1 в зависимости от степени заинтересованности предприятия в приобретении лома определенного типа.

На втором уровне оплату поставщику за данную партию сырья предлагается рассчитывать следующим образом:

$$\text{Доп. оплата} = \text{Базовая цена за состав} \times (\text{Коэфф. повыш. цены} - \text{коэфф. предвар. надбавки}).$$

Далее производится вывод информации о результатах переработки. Значение переменной  $n$  увеличивается на 1. Проверяется условие  $n < N$ . Если оно истинно, т. е. не все варианты рассмотрены, то формируется новое множество вариантов шихтовки.

Предлагаемая методика управления шихтовкой плавки с последовательной корректировкой закупочных цен позволила увеличить объем закупок техногенного сырья. В ходе исследования была проведена работа с поставщиками электронного лома, их проинформировали об увеличении закупочной цены на 10 %, это привело к увеличению объема закупок на 12 %. Результаты показали, что эпизодическое увеличение цены не приводит к изменению цен на рынке в целом. Таким образом, обеспечение бесперебойной работы за счет складских запасов и, следовательно, повышение эффективности хозяйственной деятельности предприятия, не доминирующего на рынке, возможно за счет применения методики управления шихтовкой плавки для оптимизации последовательности поступающих составов сырья. Модель определения предприятием своего поведения в конкурентной среде включает элементы теории игр. Разработанный интегральный показатель позволяет оценивать результативность применения стратегии опережающего увеличения закупочной цены на сырье с учетом наиболее значимых факторов, влияющих на его приобретение. Внедрение предложенных условий оплаты электронного лома, учитывающих особенности состава сырья, ситуацию на рынке и изменение цен на золото, дает предприятию возможность обеспечить стабильное функционирование и привлечь дополнительное количество поставщиков, а также внести вклад в мировую задачу рационального природопользования.

#### Библиографический список

1. Harrington E.C. The desirable function // Industrial Quality Control. 1965. V. 21. N 10. P. 124–131.
2. Trautmann H., Weihs C. On the distribution of the desirability index using Harrington's desirability function // Metrika. International Journal for Theoretical and Applied Statistics. 2006. V. 63. Iss. 2. P. 207–213.
3. Кружкова Г.В., Rogov C.I., Костюхин Ю.Ю., Стрижко Л.С. Совершенствование управления поставками сырья для предприятия вторичной металлургии драгоценных металлов // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2013. № 4. С. 47–53.
4. Кружкова Г.В., Стрижко Л.С., Костюхин Ю.Ю. Конкурентная стратегия обеспечения сырьем промышленного предприятия: теория и практика (на примере вторичной металлургии) // Сб. научных трудов SWORLD. 2013. Т. 35. № 3. С. 51–53.
5. Стрижко Л.С., Лолейт С.И. Извлечение цветных и благородных металлов из электронного лома. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2009. 160 с.
6. Котляр Ю.А., Меретуков М.А., Стрижко Л.С. Металлургия благородных металлов. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2005. 392 с.
7. Костюхин Ю.Ю., Кружкова Г.В., Rogov C.I., Стрижко Л.С. Разработка стратегии улучшения экономического состояния предприятия вторичной металлургии драгоценных металлов. М.: Издательский дом МИСиС, 2014. 216 с.
8. Рожков И.М., Ларионова И.А., Жаловская А.В. Диагностика и оптимизация финансово-экономического состояния предприятия. М.: Издательский дом МИСиС, 2014. 296 с.
9. Ларионова И.А. Использование фоновых диаграмм при выборе рациональной модели управления оборотными средствами металлургического предприятия // Экономика в промышленности. 2010. № 3. С. 63–66. DOI: 10.17073/2072-1633-2010-3-63-66
10. Васин А.А., Морозов В.В. Теория игр и модели математической экономики. М.: МАКС Пресс, 2005. 278 с.
11. Афанасьев М.Ю., Суворов Б.П. Исследование операций в экономике. М.: Экономический факультет МГУ; ТЕИС, 2003. 312 с.
12. Dixit A., Skeath S. Games of Strategy. New York: W.W. Norton, 2004. 665 p.
13. Nie P., Matsuhisa T., Wang X.H., Zhang P. Game Theory and Applications in Economics // Journal of Applied Mathematics. 2014. V. 2014. Art. 936192 (2 p.). DOI: 10.1155/2014/936192
14. Тарасевич В.М. Ценовая политика предприятия. СПб.: Питер, 2003. 288 с.
15. Авдашева С.Б., Розанова Н.М. Теория организации отраслевых рынков. М.: ИЧП «Издательство Магистр», 1998. 320 с.
16. Кориунов В.В. Совершенствование управления предприятиями промышленности // Экономика в промышленности. 2012. № 2. С. 40–45. DOI: 10.17073/2072-1633-2012-2-40-45
17. Лютлова И.И. Моделирование организационно-экономического механизма управления устойчивым развитием промышленного предприятия // Вестник Адыгейского Государственного университета. Серия 5: Экономика. 2012. № 2. С. 249–254.
18. Сухова Л.Ф., Чернова Н.А. Практикум по разработке бизнес-плана и финансовому анализу предприятия. М.: Финансы и статистика, 2001. 160 с.
19. Стрижко Л.С., Криводубский О.А., Костюхин Ю.Ю., Кружкова Г.В., Rogov C.I. Комплексная переработка электронного лома: экономические показатели и рекомендации по ценообразованию // Моделирование, идентификация, синтез систем управления. XV Международная научно-техническая конференция. Донецк: ИПММ НАН Украины, 2012. С. 145–146.
20. Стрижко Л.С., Костюхин Ю.Ю., Кружкова Г.В., Иванова Е.А. Извлечение цветных и благородных металлов из электронного лома: экономические показатели и стратегия ценообразования // Известия вузов. Цветная металлургия. 2013. № 3. С. 29–33.

*Ekonomika v promyshlennosti = Economy in the industry*  
 2017, vol. 10, no. 4, pp. 351–358  
 ISSN 2072-1633 (print)  
 ISSN 2413-662X (online)

**Technique of management of the choice of rational structures of electronic scrap**

G. V. Kruzhkova – galkruzhkova@mail.ru, Yu. Yu. Kostyukhin – kostuhinyury@mail.ru, I. M. Rozhkov  
 National University of Science and Technology MISiS,  
 4 Leninsky Prospect, Moscow 119049, Russia

**Abstract.** In the present article ways of the choice of different types of technogenic scrap for providing the enterprise of secondary metallurgy with those structures which processing will give the maximum economic effect are considered, and also makes a contribution to a task of rational environmental management by their utilization. Effectiveness of purchase of consignment of furnace charge is estimated by the modified integrated indicator considering values of function of desirability of the operating influences with use of the weight coefficients reflecting the different importance of private indicators of efficiency and a contribution of each of them to the final decision. Besides, the desirability of the structure of scrap which has come to the market is estimated, respectively, the base price of raw materials is adjusted. For creation of the generalized indicator of efficiency function of desirability of Harrington is used. For the purpose of determination of behavior in the competitive market of purchase the enterprise is offered to use provisions of mathematical game theory. Actions of the enterprise in the competitive market of purchase of raw materials are considered as a game against «nature» where «nature» is a condition of the market. Adjustment of purchase prices is carried out consistently, considering composition of the offered raw materials, financial opportunities of the enterprise, is also shown that it is expedient to the enterprise which isn't dominating in the market to increase the scrap price incidentally. The scheme of payment of deliveries of electronic scrap for the enterprise of secondary metallurgy using the technological scheme of complex processing of raw materials considering features of structure of scrap, a situation in the market and the change in price for gold is offered. Final payment of the arrived party is made taking into account assessment of estimated revenue after extraction of all valuable components, according to the developed mathematical model. It is shown that increase in efficiency of economic activity of the enterprise is possible due to application of a technique of management of the choice of rational structures of electronic scrap for optimization of the sequence of the arriving compositions of raw materials and increase in efficiency of economic activity.

**Keywords:** processing of technogenic scrap, the operating influences, the enterprise of secondary

metallurgy, function of desirability of Harrington, adjustment of purchase prices, complex processing of raw materials, a technique of management, the scheme of payment

**References**

1. Harrington E.C. The desirable function. *Industrial Quality Control*. 1965. Vol. 21. No. 10. Pp. 124–131.
2. Trautmann H., Weihs C. On the distribution of the desirability index using Harrington's desirability function. *Metrika. International Journal for Theoretical and Applied Statistics*. 2006. Vol. 63. No. 2. Pp. 207–213.
3. Kruzhkova G.V., Rogov S.I., Kostjuhin Ju.Ju., Strizhko L.S. Improving the management of the supply of raw materials for the secondary metallurgy of precious metals. *Vestnik Ural'skogo Federal'nogo Universiteta. Seriya: ekonomika i menegement = Bulletin of the Ural Federal University. Series: Economics and Management*. 2013. Vol. 4. Pp. 47–53. (In Russ.)
4. Kruzhkova G.V., Strizhko L.S., Kostjuhin Ju.Ju. Competitive strategy of supplying the industrial enterprise with raw materials: theory and practice (on the example of secondary metallurgy). *Sbornik nauchnykh trudov SWORLD = Collection of scientific works SWORLD*. 2013. Vol. 35. Pp. 51–53. (In Russ.)
5. Strizhko L.S., Loleit S.I. *Izylechenie cvetnykh i blagorodnykh metallov iz jelektronnogo loma* [Extraction of non-ferrous and precious metals from electronic scrap]. Moscow: Publishing house «Ore and Metals», 2009. 160 p. (In Russ.)
6. Kotlyar Yu.A., Meretukov M.A., Strizhko L.S. *Metallurgija blagorodnykh metallov* [Metallurgy of precious metals]. Moscow: Publishing house «Ore and Metals», 2005. 392 p. (In Russ.)
7. Kostjuhin Ju.Ju., Kruzhkova G.V., Rogov S.I., Strizhko L.S. *Razraboyka strategii uluchsheniya ekonomicheskogo sostoyaniya predpriyatija vtorichnoi metallurgii dragocennykh metallov* [Working out of strategy of improvement of an economic condition of the enterprise of secondary metallurgy of precious metals]. Moscow: Izdatel'skii Dom MISiS, 2014. 216 p. (In Russ.)
8. Rozhkov I.M., Larionova I.A., Zhaglovskaya A.V. *Diagnostika i optimizaciya finno-ekonomicheskogo sostoyaniya predpriyatija* [Diagnosis and optimization of the financial and economic state of the enterprise]. Moscow: Izdatel'skii Dom MISiS, 2014. 297 p. (In Russ.)
9. Larionova I.A. The choice of a rational model of circulating assets management using background diagrams. *Ekonomika v promyshlennosti = Economy in the industry*. 2010. No. 3. Pp. 63–66. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2010-3-63-66
10. Vasin A.A., Morozov V.V. *Teoriya igr i modeli matematicheskoy jekonomiki* [Theory of games and models

of mathematical economics]. Moscow: MAKS Press, 2005. 368 p. (In Russ.)

11. Afanas'ev M.Ju., Suvorov B.P. *Issledovanie operacij v jekonomike* [Operations Research in Economics]. Moscow: Jekonomicheskij fakul'tet MGU; TEIS, 2003. 312 p. (In Russ.)

12. Dixit A., Skeath S. *Games of Strategy*. New York: W.W. Norton, 2004. 665 p.

13. Nie P., Matsuhisa T., Wang X.H., Zhang P. Game Theory and Applications in Economics. *Journal of Applied Mathematics*. 2014. Vol. 2014. Article 936192 (2 p.). DOI: 10.1155/2014/936192

14. Tarasevich V.M. *Cenovaja politika predprijatija* [Price policy of the enterprise]. St. Petersburg: Piter, 2003. 288 p. (In Russ.)

15. Avdasheva S.B., Rozanova N.M. *Teorija organizacii otraslevyh rynkov* [The theory of organization of industrial markets]. Moscow: Izdatel'stvo Magistr, 1998. 320 p. (In Russ.)

16. Korshunov V.V. Improving the management of industrial enterprises. *Ekonomika v promyshlennosti = Economy in the industry*. 2012. No. 2. Pp. 40–45. (In Russ.). DOI: 10.17073/2072-1633-2012-2-40-45

17. Lyutova I.I. Modeling of the organizational and economic mechanism for managing the sustainable development of an industrial enterprise. *Vestnik Adygeyskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya 5:*

*Ekonomika = Bulletin of the Adyge State University. Series 5: Economics*. 2012. No. 2. Pp. 249–254. (In Russ.)

18. Suhova L.F., Chernova N.A. *Practicum po razrabotke bisness-plana I finansovomu analisu predprijatija* [Workshop on the development of a business plan and financial analysis of the enterprise]. Moscow: Finance and Statistics, 2001. 160 p. (In Russ.)

19. Strizhko L.S., Krivodubskiy O.A., Kostjuhin Ju.Ju., Kruzhkova G.V., Rogov S.I. Kompleksnaja pererabotka jelektronnogo loma: jekonomicheskie pokazateli i rekomendacii po cenoobrazovaniju [Complex processing of electronic scrap: economic indicators and recommendations for pricing]. *Modelirovanie, identifikatsiya, sintez sistem upravleniya. Pjatnadcataja Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija*. Donetsk: IPMM NAN Ukrainy, 2012. Pp. 145–146. (In Russ.)

20. Strizhko L.S., Krivodubskiy O.A., Kostjuhin Ju.Ju., Kruzhkova G.V., Ivanova E.A. Extraction of non-ferrous and precious metals from electronic scrap: economic indicators and pricing. *Izvestiya Vuzov Tsvetnaya Metallurgiya = Proceedings of Higher Schools Nonferrous Metallurgy*. 2013. No. 3. Pp. 29–33. (In Russ.)

**Information about the authors:** *G.V. Kruzhkovaya* – Senior Teacher, *Yu.Yu. Kostyukhin* – Cand. Sci. (Econ.), *I.M. Rozhkov* – Dr. Sci. (Eng.).