

Г.В. Кружкова, Ю.Ю. Костюхин, И.М. Рожков

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ВЫБОРОМ РАЦИОНАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА

Аннотация. Рассмотрены способы выбора различных видов техногенного лома для обеспечения предприятия вторичной металлургии теми составами, переработка которых даст максимальный экономический эффект, а также вносит 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. Для построения обобщенного показателя эффективности используется функция желательности Харрингтона. С целью 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, 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.

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

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-9-0-47-57

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 в себя следующие основные этапы:

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; 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 при-

везти 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:

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

где γ_j — значения весового вектора; D — обобщенный показатель эффективности,

Таблица 1

Стандартные отметки на шкале желательности Харрингтона
Standard marks of 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 уровня важности
Scale of importance

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
Comparison matrix for efficiency factors

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

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 с целью 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 уровня 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 табл. 4 в формулу (1), получим формулу для расчета обобщенного показателя эффективности в следующем виде:

$$D = (d_{p_1})^{y_1} * (d_{p_2})^{y_2} * (d_{p_3})^{y_3} * (d_{p_4})^{y_4} * (d_{p_5})^{y_5} * (d_{p_6})^{y_6} * (d_{p_7})^{y_7} \quad (2)$$

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

Таблица 4

Весовые коэффициенты показателей эффективности
Weight coefficients of efficiency factors

Показатель эффективности	Собственный вектор	Весовой вектор
p_1	2,99	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

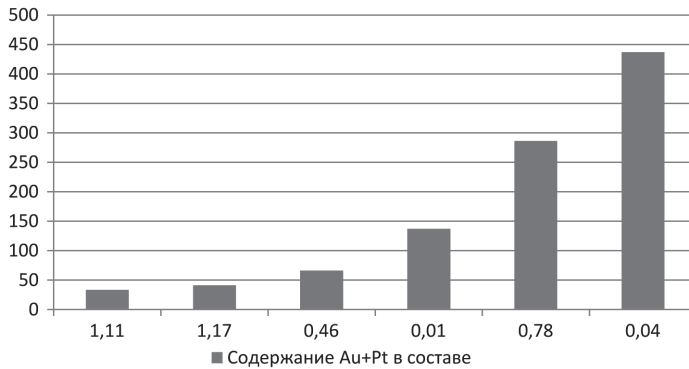


Рис. 1. Частота поступления различных категорий лома на предприятие
 Fig. 1. Shipment frequency of different waste types to a plant

$$d_{p1} = 0,9; d_{p2} = 0,6; d_{p3} = 0,6;$$

$$d_{p4} = 0,4; d_{p5} = 0,5; d_{p6} = 0,8; d_{p7} = 0,4.$$

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 6 категорий в зависимости от его происхождения. Для каждой категории установлено усредненное количество ценных компонентов [4].

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 (содержание золота и платиноидов 0,04%) и желательность 0,9, увеличение закупочной цены на 50% для состава 6 (содержание золота и

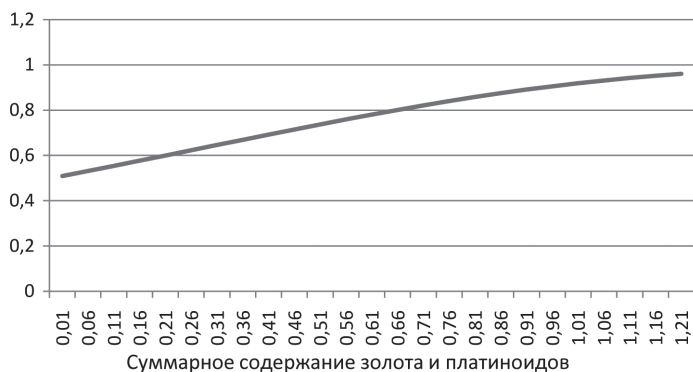


Рис. 2. Желательность состава в зависимости от суммарного содержания в нем золота и платиноидов
 Fig. 2. Desirability of composition versus its total content of gold and platinumoids

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 [5].

Функция желательности приобретает следующий вид (рис. 2).

Для состава, предлагаемого к покупке, вычисляется 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), то предприятие может отказаться от закупки и продолжить мониторинг поступающего на рынок технологического сырья.

Блок 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 [6–9].

Действия предприятия на конкурентном рынке закупки сырья можно рассматривать как игру против «природы», где «природа» — это состояние рынка [10]. Возможные действия предприятия и получаемые им выигрыши в игре при поступлении на рынок очередной партии сырья — в данном случае суммы, уплаченные за количество приобретен-

Таблица 5

Выигрыши предприятия в игре на рынке закупки сырья
Gains of a plant in the market game of raw material purchase

		Состояние рынка	
		цена стабильна	цена повышается
Действия предприятия	не повышать цену	s4	s3
	повысить цену	s2	s1

ного 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 [11].

В результате применения первого варианта максимальной 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 $t + 1$; δ — 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 це-

ну 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 $(s_2 - s_1)/(s_2 - s_4)$. Обозначим $r = (s_2 - s_1)/(s_2 - s_4)$.

По оценкам экспертов, в качестве которых 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 пред-

приятие, 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 [12–15]. 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 6 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 2-й уровень оплаты. Иначе состав перерабатывается согласно выбранной технологии.

Этап 6 — 2-й уровень оплаты. Для оплаты полученной партии сырья в до-

полнение к надбавке 1-го 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]. На основе данных предварительной статистики, сгенерированных с 10% 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 электронных отходов 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 переработки 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:



Рис. 3. Двухуровневая система оплаты поступившего на переработку электронного лома
Fig. 3. Two-level payment for electronic waste for processing

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

где $v(КИС)$ — выручка, получаемая от реализации всех ценных компонентов лома; $v(Au+Ag)$ — выручка, получаемая от традиционного извлечения золота и серебра; α — ситуационный показатель, определяемый экспертами и зависящий от следующих факторов:

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Дополн.оплата} = & \text{Базовая цена за состав} * \\ & * (\text{Коэфф.повыш.цены} - \\ & - \text{коэфф.предвар.надбавки.}) \end{aligned}$$

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 оце-

нивать 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Harrington E. C. The desirable function // *Industrial Quality Control*. 1965. Vol. 21, N 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*. April 2006, Vol. 63, Issue 2, pp. 207–213.
3. Кружкова Г. В., Рогов С. И., Костюхин Ю. Ю., Стрижко Л. С. Совершенствование управления поставками сырья для предприятия вторичной металлургии драгоценных металлов // *Вестник УрФУ*. — 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) / *Materialy IX Mezinarodni vedecko-prakticka conference «Vedecky prumysl evropskeho kontinentu — 2013»*. Dil 7. *Ekonomicke vedy*. Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2013. Pp. 93–95.
5. Рожков И. М., Ларионова И. А., Жагловская А. В. Диагностика и оптимизация финансово-экономического состояния предприятия. — М.: Изд. дом «МИСиС», 2014.
6. Васин А. А., Морозов В. В. Теория игр и модели математической экономики. — М.: МАКС Пресс, 2005.
7. Афанасьев М. Ю., Суворов Б. П. Исследование операций в экономике. — М.: Экономический факультет МГУ, ТЕИС, 2003. — 312 с.
8. Dixit, Avinash, Susan Skeath. *Games of Strategy*. 2d ed. New York: W. W. Norton, 2004.
9. Pu-yun Nie, Takashi Matsuhisa, X. Henry Wang, Pei-ai Zhang. *Game Theory and Applications in Economics* // *Journal of Applied Mathematics*. Volume 2014.
10. Тарасевич В. М. Ценовая политика предприятия. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2003. — 288 с.
11. Авдашева С. Б., Розанова Н. М. Теория организации отраслевых рынков. — М.: ИЧП «Издательство Магистр», 1998. — 320 с.
12. Коршунов В. В. Совершенствование управления предприятиями промышленности // *Экономика в промышленности*. — 2012. — № 2. — С. 40–45.
13. Лютова И. И. Моделирование организационно-экономического механизма управления устойчивым развитием промышленного предприятия // *Вестник Адыгейского государственного университета*. — 2012. — выпуск 2(100).
14. Жолобова Ю. С., Сафронов А. Е., Куший Н. А., Савон Д. Ю. Минимизация воздействия на окружающую среду при применении новых технологий обогащения углей и утилизации отходов добычи // *Горный журнал*. — 2016. — № 5. — С. 109–112.
15. Костюхин Ю. Ю., Жданкин Н. А., Ларионова И. А., Рожков И. М., Савон Д. Ю., Скрябин О. О., Шилов О. В., Зайцев И. М., Степанюк Н. Б., Трофимова Н. А. Императивы эффективности производства. — М.: НИТУ «МИСиС», 2016. — 91 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кружкова Галина Викторовна¹ — старший преподаватель, e-mail: galkruzhkova@mail.ru,
Костюхин Юрий Юрьевич¹ — кандидат экономических наук, профессор,
Рожков Игорь Михайлович¹ — доктор технических наук, профессор,
¹ НИТУ «МИСиС».

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 9, pp. 47–57.

Choice procedure for expedient composition of electronic waste

Kruzhkova G.V.¹, Senior Lecturer, e-mail: galkruzhkova@mail.ru,
Kostyukhin Yu.Yu.¹, Candidate of Economical Sciences, Professor,
Rozhkov I.M.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Abstract. The article reviews various approaches to selecting industrial waste to provide metal recycling plants with compositions allowing maximum economic efficiency and to contribute to sound nature management. The batch mixture purchase efficiency is estimated by a modified integral index, including function of desirability of control using weight coefficients which reflect value of partial efficiency factors and their individual roles in final decision. Furthermore, desirability of electronic scrap composition delivery on the market is estimated; accordingly, the target price of the material is adjusted. The generalized index of efficiency is constructed using the Harrington desirability function. The market competition behavior of a plant is suggested to determine based on the game theory. Activity of a plant on a competitive market of raw materials is considered as the game against nature, where nature is the market conditions. Adjustment of purchasing prices is carried out sequentially, with regard to the composition of raw material and financial capacity of a plant. It is shown that it is advisable that a market-weak plant raises the price of metal waste episodically. The payment scheme for shipment of electronic waste is proposed for a metal recycling plant with integrated processing technology. The payment scheme accounts for composition of e-waste, market situation and gold price variance. Final payment for a shipped batch is made with allowance for estimated proceeding after recovery of all valued components in conformity with the developed mathematical model. It is shown that enhancement of economic efficiency of a plant is possible using the choice procedure for expedient compositions of electronic waste with a view to optimizing the incoming sequence of supplied compositions and improving economic effect.

Key words: industrial waste recycling, control action, metal recycling plant, Harrington desirability function, purchasing price adjustment, integrated raw materials processing, control procedure, payment scheme.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-9-0-47-57

REFERENCES

1. Harrington E. C. The desirable function. *Industrial Quality Control*. 1965. Vol. 21, N 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*. April 2006, Vol. 63, Issue 2, pp. 207–213.
3. Kruzhkova G.V., Rogov S.I., Kostyukhin Yu.Yu., Strizhko L.S. Sovershenstvovanie upravleniya post-avkami syr'ya dlya predpriyatiya vtorichnoy metallurgii dragotsennykh metallov [Improvement of control in shipment of raw materials for noble metal recycling plants]. *Vestnik Ural'skogo federal'nogo universiteta*. 2013, no 4, pp. 47–53.
4. Kruzhkova G.V., Strizhko L.S., Kostyukhin Yu. Yu. Konkurentnaya strategiya obespecheniya syr'em promyshlennogo predpriyatiya: teoriya i praktika (na primere vtorichnoy metallurgii) [Competitive strategy of raw material supply in industry: Theory and practice (in terms of recycling metallurgy)]. *Materialy IX Mezinardni vedecko-prakticka conference «Vedecky prumysl evropskeho kontinentu – 2013»*. Dil 7. Ekonomicke vedy. Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2013. Pp. 93–95.
5. Rozhkov I. M., Larionova I. A., Zhaglovskaya A. V. Diagnostika i optimizatsiya finansovo-ekonomicheskogo sostoyaniya predpriyatiya [Diagnostic analysis and optimization of finance and economics of a plant], Moscow, Izd. dom «MISiS», 2014.
6. Vasin A. A., Morozov V. V. *Teoriya igr i modeli matematicheskoy ekonomiki* [Game theory and mathematical economics models], Moscow, MAKS Press, 2005.
7. Afanas'ev M. Yu., Suvorov B. P. *Issledovanie operatsiy v ekonomike* [Research of operations in the economy], Moscow, Ekonomicheskii fakul'tet MGU, TEIS, 2003, 312 p.

8. Dixit, Avinash, Susan Skeath. *Games of Strategy*. 2d ed. New York: W. W. Norton, 2004.
9. Pu-yan Nie, Takashi Matsuhisa, X. Henry Wang, Pei-ai Zhang. Game Theory and Applications in Economics. *Journal of Applied Mathematics*. Volume 2014.
10. Tarasevich V.M. Tsenovaya politika predpriyatiya. 2-e izd. [Price policy of the enterprise. 2-e izd. Saint-Petersburg, Piter, 2003, 288 p.
11. Avdasheva S. B., Rozanova N. M. *Teoriya organizatsii otraslevykh rynkov* [Theory of industry segment markets], Moscow, ICHP «Izdatel'stvo Magistr», 1998, 320 p.
12. Korshunov V. V. Sovershenstvovanie upravleniya predpriyatiyami promyshlennosti [Management improvement in industry]. *Ekonomika v promyshlennosti*. 2012, no 2, pp. 40–45. [In Russ].
13. Lyutova I. I. Modelirovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma upravleniya ustoychivym razvitiem promyshlennogo predpriyatiya [Modeling of organizational-and-economic mechanism for sustainable development control in industry]. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2012, issue 2(100). [In Russ].
14. Zholobova Yu. S., Safronov A. E., Kushchiy N. A., Savon D. Yu. Minimizatsiya vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu pri primenenii novykh tekhnologiy obogashcheniya ugley i utilizatsii otkhodov dobychi [Minimization of environmental impact of new coal cleaning and mining waste management technologies]. *Gornyy zhurnal*. 2016, no 5, pp. 109–112.
15. Kostyukhin Yu. Yu., Zhdankin N. A., Larionova I. A., Rozhkov I. M., Savon D. Yu., Skryabin O. O., Shilov O. V., Zaytsev I. M., Stepanyuk N. B., Trofimova N. A. *Imperativy effektivnosti proizvodstva* [The imperatives of production efficiency], Moscow, NITU «MISiS», 2016, 91 p.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

**МЕТОДИКА АНАЛИЗА И ЗАЯВКИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОПТОВОМ РЫНКЕ**

(№ 1157/09-18 от 11.07.2018 г.; 8 с.)

Серебренников Артем Дмитриевич — магистр, e-mail: Serebrennikov.AD@yandex.ru, НИТУ «МИСиС».

Прогнозирование электропотребления — это основа надежного функционирования энергетической системы России. В начале двухтысячных годов в России начал действовать конкурентный сектор оптового рынка покупки и продажи электрической энергии. Функционирование оптового рынка во время переходного периода опирается на самостоятельное формулирование покупателями-участниками собственного планового почасового потребления. Для производителей электроэнергии прогноз ожидаемой нагрузки важен не только для оптимизации оборотных расходов и резервирования мощностей, но также для удобства проведения различных профилактических и ремонтных работ и обеспечения безопасности целостных систем. Для потребителей прогноз необходим для обеспечения уменьшения издержек, а именно — во избежание простоя производства в случае нехватки необходимой мощности либо уплаты штрафов, которые начисляются при превышении лимитов и переплаты за заказанные, но не полностью израсходованные объемы мощности.

Ключевые слова: процесс электропотребления, энергоэффективность, методы и модели прогноза, заявка на электропотребление.

**METHOD OF ANALYSIS AND APPLICATIONS OF POWER CONSUMPTION
INDUSTRIAL ENTERPRISES IN THE WHOLESALE MARKET**

Serebrennikov A.D., Magister, e-mail: Serebrennikov.AD@yandex.ru,
National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

Power consumption forecasting is the basis of reliable functioning of the Russian energy system. At the beginning of the two thousandth years in Russia began to operate a competitive sector of the wholesale market of purchase and sale of electricity. The functioning of the wholesale market during the transition period is based on the independent formulation of buyers-participants of their own planned hourly consumption. For power producers, the expected load forecast is important not only to optimize operating costs and reserve capacity, but also for the convenience of various maintenance and repair works and ensure the safety of integrated systems. For consumers, the forecast is necessary to ensure cost reduction, namely, to avoid production downtime in case of lack of necessary capacity or payment of fines that are charged when exceeding the limits and overpayments for the ordered, but not fully consumed volumes of power.

Key words: process of power consumption, energy efficiency, methods and models of forecast, application for power consumption.