

УДК 621.357

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2012 г. *Е. В. Бесфамильная**Южно-Российский государственный технический университет (НПИ)*

*Рассмотрены вопросы повышения эколого-экономической эффективности при модернизации существующих технологий утилизации и регенерации отходов. Предложены возможные способы обоснования затрат, необходимых для этого на различных стадиях технологического процесса.*

Ключевые слова: совершенствование; технология; утилизация отходов; экономическая эффективность, экологическая безопасность.

*In the article author reviews a problem of improving the environmental and economic effectiveness during the modernization of the existing waste recycling and regeneration technologies. A number of substantiation methods are presented for the expenses, which are needed for the modernization on the various stages of the technological process.*

Key words: *perfection; technology; recycling of a waste; economic effectiveness; ecological safety.*

Современные аспекты и тенденции социально-экономического развития общества отводят соответствующую роль природным ресурсам в обеспечении устойчивости производства и экологической безопасности при применении различных производственных технологий. Экономико-экологические проблемы производственных предприятий всегда привлекают широкое внимание в основном из-за исчерпания запасов месторождений ряда металлов и загрязнения окружающей среды. К таким проблемам относятся вопросы управления качеством производственных процессов с целью повышения экономической эффективности и обеспечения экологической безопасности деятельности предприятий. Современное производство требует комплексного подхода к управлению производственными процессами, включающего экономические, экологические и технологические факторы. Повысить их экологическую безопасность и экономическую эффективность можно, применяя энерго- и ресурсосберегающие, малоотходные технологии. При этом важное значение имеет исследование и разработка экономического

инструментария для обоснования эффективности применения той или иной технологии производства на предприятии. Кроме этого, необходимо выявить экономические условия функционирования и перспективы развития таких технологий и их воздействие на окружающую среду.

Необходимость экономии цветных металлов требует создания новых и совершенствования существующих технологий их переработки из отходов производств. Одним из таких дефицитных металлов является олово — стойкий в атмосферных условиях и в большинстве органических кислот металл. Он применяется для производства белой жести, предназначенной для хранения пищевых продуктов. В последние годы белая жесть все более широко используется также в приборостроении, автомобилестроении, радиотехнической и других отраслях промышленности. Кроме того, олово является одним из компонентов высококачественных антифрикционных сплавов и припоев [1; 2].

Истощение месторождений руд, содержащих олово, требует использования отходов олова (обрезки жести и консервных банок) и,

в связи с этим, развития электрометаллургии олова. Доля «вторичного» олова в промышленности составляет примерно треть общего производства.

Механическими способами снять олово с отходов белой жести почти невозможно, поэтому используются различные химические способы обработки отходов. Чаще всего жечь обрабатывают газообразным хлором. Железо в отсутствие влаги с ним не реагирует. Олово же соединяется с хлором очень легко. Образуется дымящаяся жидкость — хлорное олово  $\text{SnCl}_4$ , которое применяют в химической и текстильной промышленности или отправляют в электролизер, чтобы получить там из него металлическое олово.

Другим способом утилизации олова из отходов белой жести является электролитическое обезлуживание, для которого в настоящее время в промышленности применяют щелочные электролиты. Их преимуществами являются: простота состава, высокая рассеивающая способность, стабильность в работе, возможность использования ванн без футеровки, снижение загрязнения окружающей среды [1–3]. Обезлуживание отходов осуществляют электролитическим способом в станнатных растворах, содержащих гидроксид натрия и олово [1]. Недостатками станнатных электролитов являются существенные затраты на поддержание повышенной температуры ( $60\text{--}70^\circ\text{C}$ ) и примерно в два раза больший расход электроэнергии, чем в станнитных. Кроме того, обеспечить стабильность режима анодного растворения олова с образованием только гидроксокомплексов олова (IV) достаточно сложно, и в электролите практически при всех условиях электролиза присутствует двухзарядное олово. В условиях, когда на катоде идет одновременное восстановление двухзарядных и четырехзарядных комплексов олова, осадки получаются губчатыми и темными, и их дальнейшая переработка требует специальной технологии и материалов. Эффективность этого процесса составляет не более 50–70%. Таким образом, существующие технологии регенерации олова из отходов белой жести весьма материалоемкие и энергоемкие, к тому же весьма небезопасны. При выплавке и рафинировании олова возможно выделение вредных газов:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ , и тонкой

пыли, вызывающей легочные заболевания — пневмокониоз и силикоз.

Способом решения может быть совершенствование технологий и технологических процессов. В качестве решения предложена экономически эффективная энерго- и ресурсосберегающая малоотходная технология для регенерации и утилизации олова из отходов белой жести.

Основную проблему совершенствования технологии утилизации олова — повышение его экономической эффективности и экологической безопасности — невозможно решить без изучения во взаимосвязи и взаимовлиянии процессов анодного растворения олова и катодного извлечения его из раствора.

Получить катодные осадки требуемого качества, уменьшив при этом расход электроэнергии и основных компонентов, позволяют, как показано многолетними исследованиями сотрудников кафедры ТЭП ЮРГТУ (НПИ), электролиты-коллоиды. Для совершенствования процесса утилизации олова из отходов белой жести перспективны щелочные станнитные электролиты-коллоиды. Интенсифицировать процессы электроосаждения и анодного растворения в них, а также улучшить качество оловянных осадков можно, подобрав добавки органических поверхностно-активных веществ.

Для оптимизации составов электролитов и режимов электролиза использовались методы математического моделирования процессов. Были созданы математические модели, описывающие ионный и коллоидный составы станнитного электролита в равновесии и перенос электроактивных компонентов в диффузионном слое при анодном растворении и катодном осаждении олова. Разработанные математические модели и программное обеспечение позволили при заданной анодной плотности тока и исходных концентрациях компонентов рассчитать состав станнитного электролита-коллоида, обеспечивающего максимальную производительность процесса анодного растворения олова. Закономерности анодного растворения и электроосаждения олова из электролитов-коллоидов были использованы для разработки оптимальных их составов и получения заданной производительности.

Таким образом, для повышения эффек-

тивности технологии утилизации олова разработаны станнитные электролиты-коллоиды, позволяющие в 1,5–2 раза снизить материальные и энергетические затраты, интенсифицировать анодный и катодный процессы, а также получать компактные оловянные осадки [4]. На основе разработанных электролитов предложена экономически эффективная технология для регенерации и утилизации олова из отходов белой жести в гальваническом производстве. Процесс обезлуживания осуществляют сначала электрохимически, растворяя олово в станнитном электролите одного из предлагаемых составов, а затем путем химического растворения олова во вращающемся перфорированном стальном барабане. При электролизе образуются компактные плотные осадки промышленной технологии, не требуется частая чистка ванны и фильтрация электролита. Олово, снимаемое с катода, переплавляется [5].

Разработанные электролиты, по сравнению с используемыми в промышленности, обеспечивают снижение энергетических и материальных затрат в 2–3 раза, повышение производительности процесса регенерации и утилизации олова в 2–3 раза, уменьшение уноса соединений олова с обезлуженными отходами жести в 7–14 раз, а также позволяют получить компактные осадки олова непосредственно в ванне с выходом по току до 90%.

Помимо задачи обеспечения качества и эффективности производственных процессов, существенной проблемой является обоснование затрат, необходимых для этого на различных стадиях технологического процесса.

В этом случае возможно применить разработанный в известных работах [6–7] актуарный метод обоснования затрат технического характера.

Например, известны работы [7–8], где исследована такая ситуация для конструкций электровозов и угледобывающих машин. С использованием вышеприведенной методологии было выполнено обоснование расходов на проектирование и производство мелиоративных машин сезонной эксплуатации, финансируемых за счет средств Минсельхоза РФ [9].

Финансовая сущность взаимодействия

хозяйствующих субъектов, связанных с функционированием производственной системы, может быть описана с помощью моделей страхования, а финансовые параметры, связанные с этим, могут быть определены с помощью актуарных расчетов.

Таким образом, в качестве рабочей модели рассматривается ситуация, при которой экономический результат функционирования производственной системы полагается идентичным результату создания специального страхового фонда, позволяющего проводить мероприятия по преодолению чрезвычайных ситуаций, обусловленных рисками рассматриваемой системы.

В такой модели роли всех участников исследуемых хозяйственных процессов могут быть уподоблены ролям участников страховых отношений. Аналогом страхового тарифа (тарифа страховых взносов) выступает экономически обоснованный размер финансирования производственной системы. При этом предполагается, что ежегодно на её содержание необходима сумма, равная страховым платежам, которые должны вносить заинтересованные субъекты, чтобы компенсировать риски системы.

Размер финансирования производственной системы должен отражать адекватную информацию об организационно-экономических условиях ее разработки, внедрения и эксплуатации.

Очевидно, что результатом такой адекватности должно стать увеличение полезности производственного процесса в технических и технологических рамках. Это может быть сделано двумя основными путями: за счет увеличения сроков использования используемой технологии в пределах календарного года и за счет увеличения полезной отдачи, что может быть осуществлено техническими и организационно-экономическими способами. Это позволяет изучить внутреннюю сущность отдельных технических процессов и предложить экономически обоснованные пути их совершенствования. Кроме того, возможно определить экономические критерии полезной отдачи технологии, учитывающие как специфику объектов применения, так и экономические и иные интересы различных экономических агентов, имеющих отношение к ее разработке и использованию.

К числу организационно-экономических способов повышения полезной отдачи следует отнести исследование и совершенствование экономических механизмов учета и оценки технологий, приводящие к улучшению экономических результатов их использования.

При этом представляется важным, чтобы каждая определенная технология рассматривалась как носитель своего набора экономических показателей, характеризующих условия ее эксплуатации. В свою очередь, эти показатели должны определяться с помощью адекватного инструментария для их формирования и мониторинга.

В качестве такой методической основы может служить стоимостный подход в сочетании с использованием функциональных методов, являющимися развитием методологии функционально-стоимостного анализа.

Таким образом, анализ эффективности технологии утилизации отходов возможно основывать на оценке прироста стоимости бизнеса в сфере ее использования. Это вполне соответствует современным тенденциям, согласно которым главной целью стратегического управления предприятием является увеличение его стоимости, а главным критерием эффективности управления является прирост этой стоимости.

Для решения этой задачи необходимо проанализировать общие проблемы оценки бизнеса, рассмотреть способы выявления роли отдельных факторов в повышении его стоимости, исследовать специфику влияния применяемых технологий на стоимость различных объектов оценки, входящих в систему бизнеса. Следует иметь в виду, что особенностью процесса оценки стоимости является ее рыночный характер. Это означает, что оценка не ограничивается учетом лишь одних затрат на создание или приобретение оцениваемого объекта. Она обязательно учитывает совокупность рыночных факторов: фактор времени, фактор риска, рыночную конъюнктуру, уровень и модель конкуренции, экономические особенности оцениваемого объекта, его рыночное реноме, а также макро- и микроэкономическую среду обитания.

Анализ эффективности производственных процессов подразумевает определение некоторых показателей, которые наилучшим образом характеризуют качественные и ко-

личественные особенности производственных систем. В качестве такого показателя можно использовать предложенный в работе [10] показатель технологичности экономической системы, под которым понимают совокупность свойств элементов этой системы, определяющих ее способность осуществлять оптимальные (минимальные) затраты производства (в т. ч. — оптимальные с точки зрения использования природных ресурсов и минимизации технологических выбросов в природную среду), эксплуатации и ремонта при необходимых параметрах качества, объема выпуска, потребления и условиях развития. Технологичность можно измерить, сопоставляя технологические возможности (технологичности) подобных систем, либо оценивая отдельные свойства (в т. ч. — свойства экологического характера) элементов системы. Формирование и анализ этого показателя основываются в этом случае на исчислении таких показателей как материалотдача, энергоотдача, производительность труда, капиталотдача, и динамике этих показателей, а задача формирования оптимального технологического процесса связывается с максимизацией уровня технологичности производственной системы в целом.

Развитие производственных систем невозможно без осуществления процессов модернизации. Модернизация производственных систем заключается либо в совершенствовании существующих технологий и оборудования, либо в освоении производства новых видов продукции, либо в освоении новых технологий и процессов (продукт-инновация, процесс-инновация). Наиболее сложно определить показатели технологичности в случае создания и внедрения новых технологий, поскольку адекватная информация об этих процессах практически отсутствует, что значительно повышает уровень неопределенности.

В таких случаях для оценки уровня эколого-экономической эффективности технологии выбирается некий эталон, с которым можно будет сравнивать разрабатываемую технологию по ряду показателей (уровень затрат, энергоотдача и т. п.).

Для целого ряда технологий и производств оценка уровня технологичности и эколого-экономической эффективности мо-

жет быть выполнена на основе сравнения их с эталонными параметрами — параметрами предельно эффективной технологии (ПЭТ). Впервые эта идея была описана в отечественных исследованиях, выполненных в восьмидесятые годы прошлого века [11]. Например, в химической технологии под предельно эффективной технологией понимается такая технология получения химического продукта, при которой достигаются максимально возможные селективность процесса и степень конверсии. В качестве показателей ПЭТ могут выступать показатели выхода по веществу и по току (в случае применения химических и электрохимических процессов, соответственно). В предлагаемой нами технологии утилизации олова уже на этапе разработки технологии обнаружено, что выход олова по току достигает 90%, тогда как существующие технологии регенерации обеспечивают 50–70%, и при этом имеют существенно более высокий уровень материало- и энергозатрат при реализации этих процессов. Таким образом, используя показатели ПЭТ можно уже на начальных этапах, даже на уровне разработки инновационной технологии, провести оценку технологической эффективности.

Оценить степень приближения производственной системы к уровню предельно эффективной технологии с точки зрения экологических последствий можно с помощью экологического мониторинга ее состояния, который может вестись по различным направлениям, соответствующим объектам исследования. Таким образом возможно отслеживать динамику процессов развития системы, получая адекватное представление о наиболее значимых экономических и экологических последствиях от практической реализации предлагаемой технологии.

### Литература

1. Баймаков Ю. В., Журин А. И. Электродиз в гидрометаллургии. — М.: Металлургия, 1977. — С. 139–142.
2. Гальванотехника: Справ. изд. / Ажогин Ф. Ф., Беленький М. А., Галль И. Е. и др. — М.: Металлургия, 1987. — С. 250–255.
3. Ильин В. А. Лужение и свинцевание. — Л.: Машиностроение, 1971. — С. 21–29.
4. Станнитный электролит-коллоид для регенерации и утилизации олова. Патент на изобретение №2290455. Заявка №2005122813/02 (025680). Российская Федерация: МПК С25С 1/14 (2006.01). Заявл. 18.07.2005. Оpubл. 27.12.2006.
5. Способ регенерации олова из отходов белой жести. Патент на изобретение №2294401. Заявка №2005125493/02 (028643). Российская Федерация.
6. Колбачев Е. Б. Управление производственными системами на основе совершенствования и развития информационно-экономических ресурсов. — Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2003. — 496 с.
7. Горобец Д. Г. Экономические аспекты проектирования объектов повышенной ответственности. // Стоимостный анализ в реформировании предприятий: Сб. ст. — Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2000. — С. 23–24.
8. Лидерман К. М. Об экономическом инструментарии проектирования горнодобывающей техники. // Экономика производственных систем и бизнес-процессов. — Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2002. — С. 42–45.
9. Колбачев Е. Б., Бородаева Е. А. Экономический инструментарий управления ресурсами гидромелиоративных систем. — М.: Мелиоводинформ, 2001. — 93 с.
10. Сухарев О. С. Экономика технологического развития. — М.: Финансы и статистика, 2008. — С. 55–56.
11. Калягин Ю. А., Цыркин Е. Б. Разработка алгоритма расчета показателей предельно эффективной и реально достижимой технологии в нефтехимии. // Применение математических методов и ЭВМ при разработке и проектировании нефтехимических процессов. — М., 1982. — С. 167–172.

Поступила в редакцию

28 июня 2012 г.



**Евгения Викторовна Бесфамильная** — кандидат технических наук, доцент кафедры «Производственный и инновационный менеджмент» ЮРГТУ (НПИ). Автор работ в области технологии электрохимических производств и управления производственными системами.

**Besfamilnaya Evgenia Viktorovna** — Ph.D., Candidate of Technics, docent at SRSTU (NPI) «Production Management and Management of the Innovations» department. Author of numerous works dedicated to electrochemical production's technologies and production systems' managing.

346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132  
132 Prosveshcheniya st., 346428, Novocherkassk, Rostov reg., Russia  
Тел.: +7 (8635) 25-51-54; факс: +7 (8635) 25-56-66; e-mail: evgenia2707@yandex.ru

---

---