

657.47.014.132**В.В. ДАЦЕНКО**, канд. хим. наук, доцент, **Т.А. НЕНАСТИНА**, канд. техн. наук, старший преподаватель,**Э.Б. ХОБОТОВА**, докт. хим. наук, профессор, заведующий кафедрой

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (ХНАДУ), г. Харьков

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ МЕДИ И ЦИНКА С УЧЕТОМ ЗАМКНУТОСТИ ЦИКЛА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

На основании расчета технико-экономических показателей доказана экономическая целесообразность и эффективность технической реализации способа регенерации медь- и цинксодержащих сточных вод в гальваническом производстве.

Ключевые слова: технико-экономические показатели, очистка сточных вод, медь, цинк, экономический эффект, себестоимость, прибыль.

В настоящее время одной из острых экологических проблем, требующих пристального внимания исследователей, является проблема нарастающих объемов отработанных гальванических растворов и неостребованных гальванических шламов, загрязняющих окружающую природную среду. Регенерация отработанных растворов представляет собой сложную, дорогостоящую и не всегда осуществимую задачу. В большинстве случаев отработанные гальванические растворы направляются на очистные сооружения предприятий для обезвреживания [1]. Образующиеся после этого твердые гальванические отходы поступают в шламонакопители. В шламохранилищах предприятий Украины складировано несколько миллионов тонн этих отходов. Накопленные гальваношламы занимают полезные площади и приводят к загрязнению водоемов, связанному с просачиванием вредных веществ в водоносные горизонты земной поверхности. Общий объем накопленных в Украине отходов – более 28 млрд т. Они размещены в шламонакопителях, хвостохранилищах, отвалах, площадь которых составляет около 180 тыс. га и ежегодно увеличивается на 3–6 тыс. га [2].

Важным фактором в решении этой проблемы является организация гальванических производств с использованием технологий, позволяющих решить экологические проблемы. Для проведения реконструкции производства необходимы обоснованные технологические решения, которые дают возможность обеспечить максимальную технико-экономическую и экологическую эффективность без увеличения себестоимости продукции [3].

Для достижения высокой эффективности общественного производства определяющее значение имеет правильный экономический подход к планированию, созданию и внедрению новых технологических процессов [4], поэтому при осуществлении необходимых для этого мероприятий следует давать верную экономическую оценку каждой новой разработке [5, 6]. Основными показателями такой оценки являются объем инвестиций, оценка стоимости результатов, интегральный эффект, чистая прибыль, годовой экономический эффект и срок окупаемости [7].

Цель данной работы – показать экономическую целесообразность и эффективность технической реализа-



ции способа регенерации медь- и цинксодержащих сточных вод в гальваническом производстве.

Решение о целесообразности создания и внедрения новой технологии принимается на основе расчета годового экономического эффекта, который представляет собой суммарную экономию всех производственных ресурсов, получаемых предприятием в результате использования предлагаемого способа регенерации с учетом вложенных инвестиций.

Оценка экономического эффекта при внедрении технологии реагентной очистки сточных вод от меди и цинка основана на учете технологических стадий процесса и замкнутости цикла водопотребления [7]. Основными стадиями реагентной очистки вод являются: контактное осаждение (цементация) ионов меди в виде металла порошком цинка, выделение цинка из раствора в процессе электролиза и возврат очищенных вод в технологический цикл [8].

Предлагаемый способ контактного вытеснения меди цинком из сульфатных растворов имеет следующие преимущества перед уже существующей на предприятии реагентной очисткой сточных вод: отсутствие дополнительного расхода химических реагентов на протекание стадий регенерации, малоотходность, замкнутость цикла «травление – регенерация», оптимизация, простота осуществления и высокие скорости химических превращений на стадиях технологического процесса, полное осаждение ионов меди (II) из отработанных электролитов, экономия энергоресурсов за счет сокращения времени технологического цикла. Расчеты приведены для гальванического цеха, в процессе работы которого формируются сточные воды объемом 20 м³/час, содержащие $C_{Cu^{2+}}=0,5 \text{ кг/м}^3$ и $C_{Zn^{2+}}=0,46 \text{ кг/м}^3$.

Результаты расчета технико-экономических показателей технологии реагентной очистки сточных вод от меди и цинка с учетом замкнутости цикла водопотребления

Таблица 1 – Стоимость реактивов и материалов

Материалы	Расход материалов, кг		Цена, грн/кг	Стоимость, грн	
	на 1 м ³	на год		1 м ³	годовая
Цинк металлический (ЦА0)*	0,68	28288	31,25	22,95	954720
Электроды графитовые	0,00391	162,66	84,0	0,36	14768
Итого				23,31	969488

* Расчет расхода цинка проведен согласно работе [8], т.е. массовое соотношение меди и цинкового порошка в растворе составляет 1:1,36.

Таблица 2 – Расходы и стоимость энергетических ресурсов

Виды энергии	Единица измерения	Цена за единицу, грн	Расход		Стоимость, грн	
			на 1 м ³	на год	1 м ³	годовая
Электроэнергия на цементацию	кВт·час	0,75	2,75	114400	2,0625	85800
Электроэнергия на электролиз	кВт·час	0,75	1,3008	54113,28	0,9756	40584,96
Итого					3,0381	126384,96

1. Калькуляция себестоимости внедрения технологии реагентной очистки сточных вод от меди и цинка с учетом замкнутости цикла водопотребления:

1.1 Себестоимость очистки 1 м³ отработанных технологических растворов определяется исходя из структуры, установленной на действующем предприятии. Структура – это удельный вес (%) каждого элемента затрат в себестоимости на 1 м³. Расчет потребностей в материалах определяется на основе удельных норм расхода, приведенных в табл. 1.

Величина материальных затрат рассчитывается по каждому виду реактивов и материалов по формуле

$$C_M = \sum H_{mi} \cdot \Pi_{mi} \cdot K_T \tag{1}$$

где C_M – стоимость химикатов и материалов, грн/м³; H_{mi} – удельная норма расхода i-го материала, кг; Π_{mi} – цена i-го материала, грн/кг; m – количество реактивов и материалов; K_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы на материалы ($K_T=1,08$) [5].

1.2 Расход электроэнергии на очистку 1 м³ сточных вод от меди и цинка. Затраты энергоресурсов, а также их стоимость приведены в табл. 2.

1.3 Для расчета годового фонда оплаты труда и отчислений на социальные мероприятия необходимо определить количество работающих. Учетное количество работников составляет

$$P_{уч} = P_{норм} \cdot K_n \tag{2}$$

где K_n – коэффициент перехода от числа работников (согласно существующим нормам обслуживания линии регенерации) к учетному количеству принимается равным 1,1 [5].

Учетное количество вспомогательных работников определяется по нормативам. В данном случае про-

центное отношение вспомогательных работников к основным составляет 45 %. Но для обслуживания одной линии регенерации достаточно одного работника в смену ($P_{\text{норм. доп}} = 1$). Таким образом, учетное количество основных работников составляет $P_{\text{уч}} = 1 \cdot 1,1 \cdot 2 \approx 2$ (чел).

Расчет основного фонда заработной платы основных работников осуществляют укрупненно, используя следующее соотношение

$$Z_{\text{осн}} = P_{\text{уч}} \cdot T_{\text{ст}} \cdot \Phi_{\text{р.в}} \cdot K_{\text{дп}} \quad (3)$$

где $T_{\text{ст}}$ – часовая тарифная ставка работника, грн; $\Phi_{\text{р.в}}$ – эффективный годовой фонд рабочего времени работников (для инженера-технолога по очистке воды его можно принять равным 2080 часам); $K_{\text{дп}}$ – коэффициент надбавок и доплат (1,2–1,4) [5].

При расчете годового фонда оплаты труда основных работников необходимо учесть дополнительный фонд оплаты труда, который принимают равным 10–15 % от размера основного фонда труда

$$Z_{\text{р}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (4)$$

Заработная плата основных и вспомогательных работников рассчитана с учетом средней заработной платы по Украине. Единый социальный взнос рассчитывается согласно существующему законодательству от годового фонда оплаты труда основных и вспомогательных работников (37,5 %). Расчет годового фонда оплаты труда представлен в табл. 3.

1.4 По величине материальных затрат и их доли в себестоимости определяют производственную себестоимость очистки 1 м³ отработанных технологических растворов и расходы на годовую программу

$$C_{\text{п}} = (C_{\text{м}} \cdot 100) / a_{\text{м}} \quad (5)$$

где $C_{\text{м}}$ – стоимость реактивов и материалов, грн/м³; $a_{\text{м}}$ – удельный вес материальных затрат в себестоимости очистки 1 м³ отработанных технологических растворов, %.

Таким образом, производственная себестоимость очистки 1 м³ отработанных технологических растворов равна

$$C_{\text{п}} = (23,31 \cdot 100) / 70,06 = 33,27 \text{ (грн)}$$

1.5 Затраты по всем статьям калькуляции рассчитываются исходя из удельного веса и величины каждого элемента расходов в производственной себестоимости. Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Калькуляция себестоимости очистки 1 м³ отработанных технологических растворов

Статья расходов	Расход, грн		%
	на 1 м ³	на год	
Материальные расходы	23,31	969488	70,06
Топливо-энергетические расходы	3,04	126384,96	9,14
Основная заработная плата производственных работников	2,04	84864	6,13
Дополнительная заработная плата работников	0,2	8486,4	0,61
Отчисления на социальные мероприятия	0,84	35006,4	2,52
Общепроизводственные расходы	1,84	76440	5,53
Другие неучтенные расходы	0,03	1355,4	0,09
Административно-хозяйственные расходы	1,97	82276,9	5,92
Итого производственная себестоимость	33,27	1384302,06	100,00

Таблица 3 – Расчет годового фонда оплаты труда основных и дополнительных работников

Профессия	Учетное количество работников, чел.	Тарифный разряд	Тарифная ставка, грн/год	Эффективный фонд времени раб., грн/год	Фонд зарплаты по тарифу, грн	Доплаты и надбавки, грн	Фонд основной зарплаты, грн	Дополнительная оплата труда, грн	Годовой фонд оплаты труда, грн
Основные работники									
Инженер-технолог по очистке воды	2	3	10	2080	41600	7280	49920	4992	54912
Вспомогательные работники									
Электромеханик участка	1	5	14	2080	29120	5824	34944	3494,4	38438,4
Итого					70720	14144	84864	8486,4	93350,4



2. Расчет капитальных затрат и амортизационных отчислений

Первые инвестиции (капитальные вложения), обеспечивающие реализацию проекта, определяют по формуле

$$K = K_{об} + C_{м.т} \quad (6)$$

где $K_{об}$ – цена оборудования, грн; $C_{м.т}$ – монтажные, транспортные и другие расходы, грн.

Монтажные и транспортные расходы составляют 25 % от стоимости приобретенного оборудования. На участке используют линию регенерации, состоящую из ванн для проведения цементации и электролиза. Стоимость линии – 20000 грн. Амортизационные отчисления для электрохимического оборудования составляют 20 % от его стоимости. Тогда $K = 1,25 \cdot 20000 = 25000$ (грн); $A = 0,20 \cdot 25000 = 5000$ (грн).

3. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (табл. 5)

Таблица 5 – Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Статья расходов	Сумма, грн
1. Оплата труда работников, обслуживающих оборудование:	
1.1 Основная зарплата вспомогательных работников	34944
1.2 Дополнительная зарплата вспомогательных работников	3494,4
1.3 Единый социальный взнос	14414,4
2. Амортизационные отчисления	5000
3. Затраты на проведение текущего ремонта оборудования	882
4. Содержание и обеспечение оборудования	588
5. Расходы на внутризаводские перемещения груза	2586
6. Другие расходы	2140
Итого	64048,8

4. Расчет прибыли от внедрения технологии реагентной очистки сточных вод от меди и цинка с учетом замкнутости цикла водопотребления

Неизбежные естественные потери воды при очистке составляют 10 % от годовой программы. Годовой объем воды (V_B), возвращенной после очистки в технологический цикл, определяют по формуле

$$V_B = (B - (V_{Zn} + V_{Cu})) \cdot 0,9 = (41600 - (2,7 + 2,3)) \cdot 0,9 = 37435,5 \text{ (м}^3/\text{год)},$$

где B – годовая программа по очистке сточных вод от меди и цинка, м³/год; V_{Zn} и V_{Cu} – объемы цинка и меди, полученных в результате очистки воды, м³/год.

Расчет прибыли от внедрения технологии при очистке 1 м³ сточных вод приведен в табл. 6.

Таблица 6 – Стоимость прибыли от внедрения технологии

Сырье (содержание основного металла), %	Прибыль, кг		Цена, грн/кг (М ³)	Стоимость, грн		
	см ³	на год		см ³	на год	
Медь (лом) (97 % Cu)	0,5	2,3	20800	55,0	27,50	1144000,0
Цинк (лом) (99,96 % Zn)	0,46	2,7	19136	13,50	6,21	258336,0
Вода, возвращенная в технологический цикл	1,0	37435,5		8,63	8,63	323068,37
Итого					42,34	1725404,37

5. Расчет экономического эффекта от внедрения технологии реагентной очистки сточных вод от меди и цинка с учетом замкнутости цикла водопотребления:

5.1 Экономический эффект в основном достигается за счет организационно-технических мероприятий, направленных на уменьшение себестоимости очистки

$$P_p = (C_{пр} - C_3) \quad (7)$$

где C_3 – себестоимость очистки сточных вод от меди и цинка (грн/год), определяется стоимостью реактивов и материалов (табл. 1) и стоимостью энергетических ресурсов (табл. 2); $C_{пр}$ – сумма прибыли от внедрения технологии реагентной очистки сточных вод от меди и цинка, грн/год.

Таким образом, оценка стоимости результатов при проведении очистки сточных вод от меди и цинка составляет $P_p = 1725404,37 - 1095872,96 = 629531,41$ (грн/год).

Расчетный период T в сфере эксплуатации техники принимается равным нормативному сроку ее службы. При внедрении новой технологии, новых материалов и методов организации производства T равен пяти годам. Расчет суммарного интегрального эффекта от внедрения предлагаемой технологии реагентной очистки сточных вод от меди и цинка с учетом замкнутости цикла водопотребления представлен в табл. 7.

5.2 Таким образом, годовой экономический эффект, грн:

$$E_t = E_p / T = 1262166,78 / 5 = 252433,36.$$

Коэффициент эффективности равен

$$E_p = E_t / K = 252433,36 / 41600 = 6,07.$$

Таблица 7 – Расчет экономического эффекта от внедрения технологического процесса реагентной очистки сточных вод от меди и цинка с учетом замкнутости цикла водопотребления в гальваническом цехе

Показатель	Годы расчетного периода				
	1	2	3	4	5
Объем инвестиций	25000	–	–	–	–
Оценка стоимости результатов	–	629531,41	629531,41	629531,41	629531,41
Издержки эксплуатации	–	64048,8	64048,8	64048,8	64048,8
Интегральный эффект	-25000	565482,61	565482,61	565482,61	565482,61
Чистая прибыль	–	446731,26	446731,26	446731,26	446731,26
Коэффициент дисконтирования	0,9091	0,8264	0,7513	0,6830	0,6209
Интегральный эффект	-25000	467314,82	424847,08	386224,62	351108,15
Чистый дисконтированный доход	–	369178,71	335629,20	305117,45	277241,42
Суммарный дисконтированный доход, E_p	-25000	344178,71	679807,91	984925,36	1262166,78

Срок окупаемости

$$T_{ок} = 1/E_p = 1/6,07 = 0,16 \text{ (года)}.$$

Коэффициент окупаемости

$$K_o = T_{ф} / T_{п} \cdot 100 \% = 3692 / 3996 \cdot 100 \% = 92,3 \%,$$

где $T_{ф}$ – фактическое время работы оборудования;
 $T_{п}$ – плановый фонд времени работы оборудования.

Технико-экономические показатели сведены в табл. 8.

Таблица 8 – Технико-экономические показатели проекта

Показатели	Величина
Годовой выпуск продукции (очищенной воды), m^3	37435,5
Производственная себестоимость, грн/ m^3	33,27
Прибыль от внедрения технологии очистки, грн/ m^3	42,34
Среднегодовой экономический эффект, грн	252433,36
Срок окупаемости, лет	0,16
Коэффициент экстенсивности, %	92,3

ВЫВОДЫ

При расчете эффективности инвестиций условно принято, что поступающие на регенерацию сточные воды имеют нулевую стоимость. При расчете амортизации учтено только вновь приобретаемое оборудование и не учтены основные фонды действующего предприятия, частично или полностью используемые для ведения технологического процесса регенерации отработанных гальванических растворов.

Проведенные расчеты показали, что внедрение технологии реагентной очистки сточных вод от меди и цинка на гальваническом предприятии с учетом замкнутости цикла водопотребления является эффективным и рен-

табельным: используемое сырье – отработанные гальванические растворы – поступает на очистку с нулевой стоимостью; вместе с тем на предприятии появляется дополнительная товарная продукция (лом меди и цинка), приносящая прибыль.

Экономический эффект от внедрения регенерации 41600 m^3 /год сточных вод по предлагаемой технологической схеме при экономии сырьевых и энергетических ресурсов составит 252433,36 грн. Срок окупаемости капитальных вложений – 0,16 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Субботин, В.А. Очистка сточных вод промышленных предприятий с регенерацией ценных и полезных компонентов / В.А. Субботин. – М.: ВНИИС, 1986. – 87 с.
2. Касимов, А.М. Проблемы образования и накопления промышленных отходов в Украине / А.М. Касимов, Е.Е. Решта // Экология и промышленность. – 2011. – № 1. – С. 65–69.
3. Виноградов, С.С. Организация гальванического производства. Оборудование, расчет производства, нормирование / С.С. Виноградов; под ред. проф. В.Н. Кудрявцева. – М.: Глобус, 2002. – С. 145–165.
4. Пелихов, Е.Ф. Экономика производственно-предпринимательской деятельности: учеб. пособие / Е.Ф. Пелихов. – Х., 1994. – 85 с.
5. Горфинкель, В.Я. Экономика предприятия: учебник для ВУЗов / В.Я. Горфинкель, Е.М. Купряков. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 2006. – 367 с.
6. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 96 с.
7. Байрачный, Б.И. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломных проектов гальва-



нических цехов. / Б.И. Байрачный, З.В. Темникова. – Х. : ХПИ, 2000. – 42 с.

8. Пат. 67220 Україна, МПК C02F 9/00. Спосіб отримання міді при регенерації відпрацьованих сульфатних мідно-цинкових розчинів травлення латуні / Даценко В.В.,

На підставі розрахунку техніко-економічних показників доведено економічну доцільність та ефективність технічної реалізації способу регенерації мідь- і цинкмісних стічних вод у гальванічному виробництві.

Хоботова Е.Б., Єгорова Л.М., Ларін В.І. ; заявник і патентовласник Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. – № u 2012 06163 ; заявл. 22.05.2012 ; опубл. 25.10.2012, Бюл. № 20. – 6 с.

Поступила в редакцію 12.12.2012

Financial viability and effectiveness of technical implementation of the process for regenerating copper and zinc-containing wastewaters from electroplating shops are proved based on technical and economic parameters calculation.