

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
ПИИИ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

### International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2022 Issue: 06 Volume: 110

Published: 16.06.2022 <http://T-Science.org>

Issue

Article



**Diana Nicolaevna Dyunova**

Civil Defence Academy EMERCOM of Russia  
Candidate of Engineering Sciences,  
Senior Lecturer, Khimky, Russia,

**Oleg Robertovich Kulumbegov**

Civil Defence Academy EMERCOM of Russia  
Lecturer, Khimky, Russia

## ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF THE TECHNOLOGICAL TOPOLOGY OF THE PROCESS OF ACIDIC LEACHING OF HYDROMETALLURGICAL PRODUCTION OF ZINC

**Abstract:** On the basis of the topological model of the process in the form of a material flow graph and its structural characteristics, an analysis of the reliability of the production and technological scheme of the acid leaching process in the production of zinc has been carried out, elements have been identified, ensuring the reliability of which is a primary task in operation.

**Key words:** acid leaching, topological diagram, stream graph, zinc production, set of graph articulation, reliability of the topological diagram.

**Language:** Russian

**Citation:** Dyunova, D. N., & Kulumbegov, O. R. (2022). Analysis of the reliability of the technological topology of the process of acidic leaching of hydrometallurgical production of zinc. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 06 (110), 248-251.

**Soi:** <http://s-o-i.org/1.1/TAS-06-110-40> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2022.06.110.40>

**Scopus ASCC:** 2611.

### АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТОПОЛОГИИ ПРОЦЕССА КИСЛОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСОГО ПРОИЗВОДСТВА ЦИНКА

**Аннотация:** На основе топологической модели процесса в виде материального потокового графа и его структурных характеристик выполнен анализ надежности производственно-технологической схемы процесса кислого выщелачивания в производстве цинка, выделены элементы, обеспечение надежности которых является первоочередной задачей при эксплуатации.

**Ключевые слова:** кислое выщелачивание, топологическая схема, потоковый граф, производство цинка, множество сочленения графа, надежность топологической схемы.

#### Введение

Выщелачивание продуктов обжига – основной передел цинкового производства, в значительной мере определяющий его технико-экономические показатели [1, с.9]. Цель кислого выщелачивания - обеспечением более полного извлечения цинка из обожженного продукта и предотвращением обратного перехода в раствор большого количества осажденных из него примесей, осложняющих последующие процессы

гидролитической очистки и отстаивания пульпы в нейтральном цикле [2, с.104]. Сгущенную пульпу нейтральных сгустителей подают в аппараты кислой ветви. Выщелачивание производится отработанным электролитом в последовательно соединенных пачуках. Из последнего аппарата пульпу откачивают в гидроциклон, где осуществляется классификация пульпы.

Верхний сив гидроциклона направляют в кислые сгустители, а песковая фракция поступает

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
 ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
 GIF (Australia) = 0.564  
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
 ПИНЦ (Russia) = 3.939  
 ESJI (KZ) = 8.771  
 SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
 PIF (India) = 1.940  
 IBI (India) = 4.260  
 OAJI (USA) = 0.350

на доизмельчение и довыщелачивание в галечной мельнице, куда подается отработанный электролит. В сгустителях пульпе отстаивают до ж:т = 3-2:1.

Верхний слив сгустителей кислой ветви с содержанием кислоты направляют на смыв огарка. Нижний слив кислых сгустителей перекачивают в приемный бак фильтровально-сушильного отделения [3, с.51].

Технологической системе процесса кислого выщелачивания можно поставить в соответствие потоковый граф, являющийся некоторой топологической моделью одного типа физических потоков данной системы [2, с.23].

В общем случае потоковый граф  $G = G(X) = (X, U)$  с множеством вершин  $X$  и множеством дуг

$U$ , содержит совокупность  $k$  промежуточных вершин, соответствующих элементам системы,  $n$  источников,  $m$  стоков, и  $e$  дуг, которые отвечают одного типа обобщенным материальным потокам системы [4, с. 128].

Вершины материального потокового графа соответствуют аппаратам технологической схемы, трансформирующим общие массовые расходы физических потоков, источникам и стокам физических потоков. Дуги данного графа отвечают обобщенным материальным потокам.

Топологическая модель процесса кислого выщелачивания в виде материального потокового графа по общему массовому расходу физических потоков представлена на рис. 1.

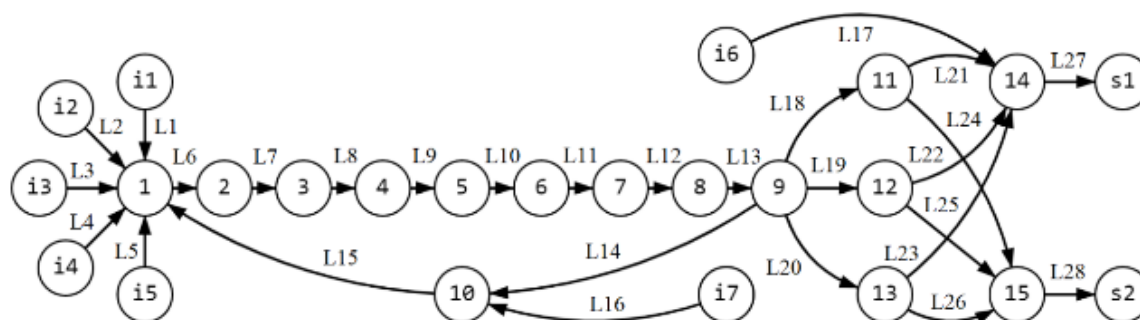


Рисунок 1 – Материальный потоковый граф процесса кислого выщелачивания.

Порядок построения материального потокового графа поясняет таблица источников и стоков технологической системы кислого выщелачивания (таблица 1), таблица соответствия элементов технологической системы кислого выщелачивания вершинам потокового графа

(таблица 2), таблица соответствия одного типа физических потоков технологической системы кислого выщелачивания дугам ее потокового графа (таблица 3).

Таблица 1. Таблица источников и стоков технологической системы кислого выщелачивания

Элемент технологической схемы процесса кислого выщелачивания	Вершина материального потокового графа	Элемент технологической схемы процесса кислого выщелачивания	Вершина материального потокового графа
Источник растворов цеха пылей и окислов	i1	Источник отработанного электролита	i6
Источник нижнего слива нейтральных сгустителей	i2	Источник пара	i7
Источник отработанного электролита	i3	Сборный бак верхнего слива кислых сгустителей	s1
Источник верхнего слива кислых конусов	i4	Сборный бак нижнего слива кислых сгустителей	s2
Источник фильтрата	i5		

<b>Impact Factor:</b>	<b>ISRA (India) = 6.317</b>	<b>SIS (USA) = 0.912</b>	<b>ICV (Poland) = 6.630</b>
	<b>ISI (Dubai, UAE) = 1.582</b>	<b>РИИЦ (Russia) = 3.939</b>	<b>PIF (India) = 1.940</b>
	<b>GIF (Australia) = 0.564</b>	<b>ESJI (KZ) = 8.771</b>	<b>IBI (India) = 4.260</b>
	<b>JIF = 1.500</b>	<b>SJIF (Morocco) = 7.184</b>	<b>OAJI (USA) = 0.350</b>

**Таблица 2. Таблица соответствия элементов технологической системы кислого выщелачивания вершинам потокового графа**

Элемент технологической схемы процесса кислого выщелачивания	Вершина материального потокового графа	Элемент технологической схемы процесса кислого выщелачивания	Вершина материального потокового графа
Окислительный пачук	1	Кислый сгуститель	11-13
Кислый пачук	2-8	Сборный бак верхнего слива кислых сгустителей	14
Гидроциклон	9	Сборный бак нижнего слива кислых сгустителей	15
Мельница	10		

**Таблица 3. Таблица соответствия одного типа физических потоков технологической системы кислого выщелачивания дугам потокового графа**

Физический поток технологической системы кислого выщелачивания	Дуга материального потокового графа	Физический поток технологической системы кислого выщелачивания	Дуга материального потокового графа
Растворы цеха пылей и окислов	L1	Пульпа	L6 – L16, L18
Нижний слив нейтральных сгустителей	L2	Нижний слив гидроциклона	L17
Отработанный электролит	L3, L19	Пар	L20
Верхний слив кислых конусов	L4	Верхний слив кислых сгустителей	L21, L22, L23, L27
Фильтрат	L5	Нижний слив кислых сгустителей	L24, L25, L26, L28

Надежность технологической топологии системы кислого выщелачивания может быть оценена на основе полученного материального потокового графа и его структурных характеристик, к числу которых относятся связность графа и множество сочленения [5, с.193].

Связность графа характеризует возможность того, что две произвольно выбранные вершины графа соединяются цепью [6, стр. 131]. Алгоритм определения вершин потокового графа, принадлежащих множеству сочленения, включает следующую последовательность операций [6, стр. 214]:

- определение центров и периферийных точек графа;
- удаление из материального потокового графа вершин, соответствующих периферийным точкам;
- выбор оптимального множества сочленений материального потокового графа.

С целью определения центров и периферийных точек графа вводят параметр  $d(x, y)$ , представляющий собой отклонение вершины  $x$  от вершины  $y$ , равное длине кратчайшее пути из  $x$  в  $y$  и отвечающая условиям [6, с.431]:

$$d(x, x) = 0; d(x, y) + d(y, z) \geq d(x, z).$$

Величина  $k(x) = \max\{d(x, y)\}$  является отклонением вершины  $x$ . Вершина, обладающая наименьшим отклонением, является центром графа и может принадлежать множеству его сочленений [8, с.132]. Вершина, обладающая наибольшим отклонением, представляет собой периферийную точку графа и отвечает элементу технологической схемы, отказ которого не приводит к нарушению работоспособности исследуемой системы [6, с.256].

Наличие центра в графе можно определить по формуле [7, с.194]:

$$r = \frac{\lg(nm - n + 1)}{\lg(m)} - 1, \quad (1)$$

где  $r$  – радиус графа,  $n$  – число вершин графа,  $m$  – число ветвей графа.

## Impact Factor:

ISRA (India) = 6.317  
ISI (Dubai, UAE) = 1.582  
GIF (Australia) = 0.564  
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912  
РИИЦ (Russia) = 3.939  
ESJI (KZ) = 8.771  
SJIF (Morocco) = 7.184

ICV (Poland) = 6.630  
PIF (India) = 1.940  
IBI (India) = 4.260  
OAJI (USA) = 0.350

Материальный потоковый граф имеет центр, при условии, что  $r < \infty$ .

Определение оптимального множества сочленения материального потокового графа осуществляют в соответствии с критерием [7, с.241]:

$$\theta = \sum_{S_i \in N} \frac{\rho_i}{k(i)}, \quad (2)$$

где  $\rho_i$  – степень вершины  $S_i$ , относящейся к множеству сочленения  $N$ ;  $k(i)$  – отклонение вершины  $S_i$ , принадлежащей множеству сочленения  $N$ .

После удаления из исходного графа вершин-источников  $i_1 - i_7$  и вершин-стоков  $s_1$  и  $s_2$  граф новой структуры состоит из 15 вершин и 19 дуг, отвечающих технологическим связям элементов процесса кислого выщелачивания.

По формуле (1) устанавливается наличие центра в материальном потоковом графе:

$$r = \frac{\lg(15 \cdot 19 - 19 + 1)}{\lg(15)} - 1 = 1,06.$$

Справедливость того, что  $r < \infty$  подтверждает, что граф обладает центром. Периферийными вершинами являются 3-5, 11-15. Они имеют наибольшие отклонения и соответствуют элементам, отказ которых не

приводит к отказу технологической системы в целом. Вычисленные отклонения вершин материального потокового графа позволяют определить вершину (9) как оптимальное множество сочленений [8, с.147; 9 с.15; 10 с.91].

Максимум целевой функции (2) составляет:

$$\theta = \frac{\rho_9}{k(9)} = \frac{5}{8} = 0,625.$$

Множество сочленений материального потокового графа определяется одним элементом и соответствует гидроциклону, отказ которого может привести к нарушению работоспособности и технологического режима исследуемой технологической системы. Это означает, что в ходе эксплуатации оборудования процесса кислого выщелачивания, следует обеспечивать надежность указанного элемента.

### Заключение

Применение топологической модели процесса позволяет выделить комплекс технологических аппаратов, отказ которых не ведет к нарушению работоспособности, а также совокупность единиц производственного оборудования, обеспечение надежности которых является первоочередной задачей при эксплуатации.

### References:

1. Dyunova, D. N. (2014). Modelirovanie processa kislogo vyshchelachivaniya v proizvodstve cinka. *Theoretical & Applied Science*, №2 (10): pp. 9-11.
2. Dyunova, D. N. (2004). K voprosu optimizacii gidrometallurgicheskogo kompleksa «vischelachivanie \_ sghuschenie». *Cvetnaya metallurgiya*, №4: pp.23-25.
3. Snurgikov, A. P. (1984). *Gidrometallurgiya cinka*. (p.384). Moscow: publ. Metallurgy.
4. Kovtunov, A.I. (2016). *Metallurgiya cvetnyh metallov*. (p.63). Tol'yatti: publ. TGU.
5. Kafarov, V. V., Perov, V. L., & Meshalkin, V. P. *Principi matematicheskogo modelirovaniya himiko\_tehnologicheskikh sistem*. (p.344). Moscow: «Himiya».
6. Polovko, A. M., & Gurov, S. V. (2006). *Osnovy teorii nadezhnosti*. (p.560). Sankt-Peterburg: publ. "BHV-Peterburg".
7. Stepanyanc, V. S., Kafarov, V. V., & Meshalkin, V. (1979). *Nadezhnost' neftepererabatyvayushchih i neftekhimicheskikh proizvodstv*. (pp.3-34). Moscow: publ. CNIITenefteim.
8. Berj, K. (1962). *Teoriya grafov i ee primeneniye*. M. II. 319 p.
9. Nekrasova, M.G. (2013). *Diskretnaya matematika*. (p.108). Komsomol'sk-na-Amure: FGBOU VPO "KnAGTU".
10. Akimov, O.E. (2001). *Diskretnaya matematika: logika, gruppy, grafy*. (p.376). Moscow: Laboratoriya bazovyh znaniy.