

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВА ЦИНКА ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Дюнова Диана Николаевна, Dunova_dn@mail.ru

Академия гражданской защиты МЧС России, г. Химки

Производство цинка гидрометаллургическим способом- технологический комплекс с полным производственным циклом товарной продукции, целью функционирования которого является получение продукта заданного качества при минимальных затратах с возможно меньшим количеством отходов. Различие в сортаментах перерабатываемого сырья, определяющееся разнообразием минерального и гранулометрического состава, приводит к различным условиям и режимам переработки. В таких условиях рациональным путем решения проблемы оптимизации технологических режимов гидрометаллургического комплекса и обеспечения устойчивой его работы является использование метода математического моделирования.

Однозначную зависимость между входными, управляющими и выходными параметрами исследуемого комплекса в явном виде получить достаточно сложно из-за наличия множества рециклических потоков. Проведенная на основе технологического принципа декомпозиция комплекса позволила сформировать в его структуре отдельные подсистемы и выполнить анализ их параметрической взаимосвязи. В качестве подсистем комплекса выделены основные переделы цинкового производства. Последовательно расположенные переделы обмениваются полупродуктами от предыдущего передела к последующему, обуславливая зависимость выходных параметров комплекса в целом от качественных показателей сырья и промежуточных продуктов.

Разработанная с позиций системного анализа схема взаимодействия исследуемой системы «Гидрометаллургическое производство цинка» с внешней средой показана на рис. 1. Основными элементами

рассматриваемой системы являются технологические процессы цинкового производства: $F1$ – процесс обжига цинковых концентратов, $F2$ – процесс нейтрального выщелачивания цинковых огарков, $F3$ – процесс цементационной очистки цинковых растворов, $F4$ – процесс кислого выщелачивания, $F5$ – процесс электролиза нейтральных цинковых растворов, $F6$ – процесс фильтрации и сушки цинковых кеков; $F7$ – процесс вельцевания цинковых кеков; $F8$ – процесс гидрометаллургической переработки вельц-окислов. Каждый передел характеризуется многообразием физико-химических явлений, протекающих в процессе их функционирования. Последовательно расположенные переделы обмениваются полупродуктами от предыдущего передела к последующему, обуславливая существенную зависимость выходных параметров комплекса в целом от качественных показателей сырья и промежуточных продуктов.

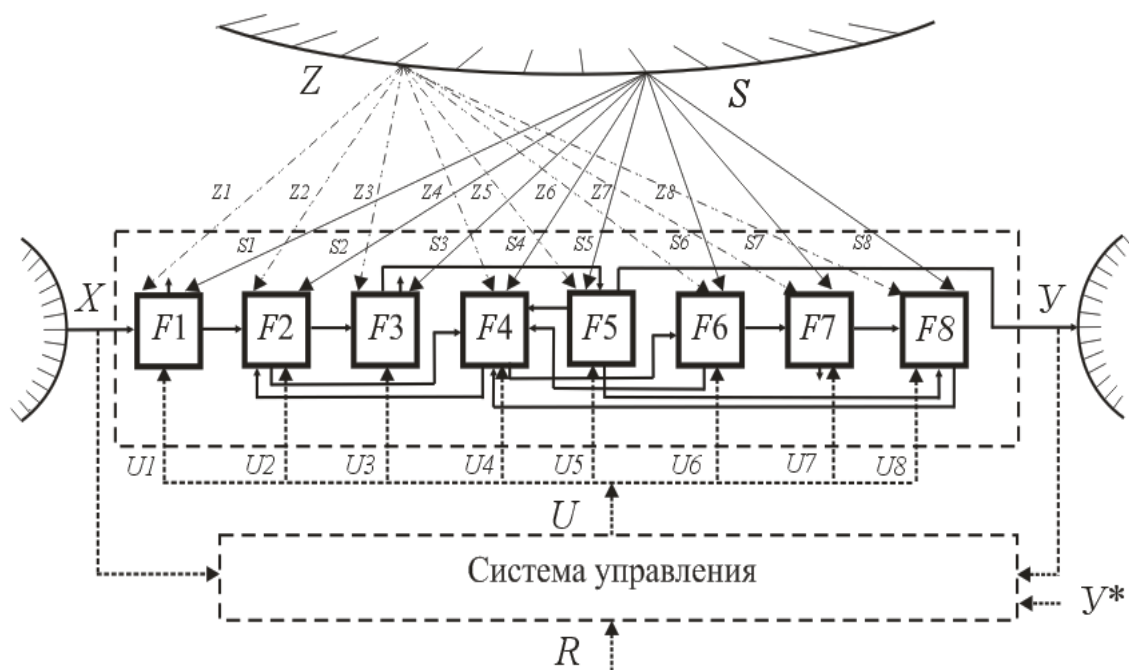


Рис. 1 Схема взаимодействия технологической системы «Гидрометаллургическое производство цинка» с внешней средой.

Влияние внешней среды обуславливает изменение состояния исследуемого комплекса. Воздействие внешней среды реализуется посредством внешних связей [1].

Для выделенного производственно-технологического комплекса ее составляют внешние ресурсы (энергетические, материальные, информационные, трудовые и др.), различного рода ограничения, источники перерабатываемого сырья, потребители продукции. Вследствие этого исследуемый объект выступает в качестве преобразователя некоторых состояний среды в состояния объекта.

Посредством своих составляющих внешняя среда формирует по отношению к выделяемой системе совокупность целей функционирования $W\{Y^*\}$, ограничений S , а также ресурсов X для их достижения и реализации, требований к выходным параметрам. Множество выходных параметров Y исследуемого комплекса определяют его функциональное взаимодействие с внешней средой в условиях действия возмущающих воздействий Z и вместе с этим обеспечивают ее потребности. Ограничением в такой постановке является возможность достижения посредством управления $\{U\}_R$, множества целей управления $W\{Y^*\}$ при имеющихся ресурсах. Управляющее воздействие, ограниченное ресурсами R , должно обеспечивать достижение целей управления $Y \xrightarrow{U} Y^*$. Синтез управляющего воздействия, переводящего систему в целевое состояние, должен быть выполнен на основе математической модели, которая связывает входные, выходные и управляющие параметры.

С позиций системного анализа технологический комплекс производства цинка представляет большую систему со свойственными ей характерными особенностями. Свойство целостности исследуемого комплекса обуславливается наличием общей цели функционирования, связанной с получением продукта заданного качества при минимальных затратах с

возможно меньшим количеством отходов. Свойства дифференциации, интеграции и симметрии нашли свое выражение в существующих принципах организации и структуре существующих систем управления. Наиболее полное представление о функционировании технологической системы дает математическая модель, основанная на описании физико-химических явлений, характерных для ее элементов[2]. Вследствие этого каждый передел производственного комплекса возможно рассматривать в виде многомерного технологического оператора. Его символическая математическая модель может быть выражена следующей зависимостью:

$$[Y_{mi}^i] = [F_{mn}^i] \{ [X_{nl}^i] [K_{p1}^i] \}, \quad (1)$$

где $[Y_{mi}^i]$ - вектор-столбец параметров выходных потоков; $[F_{mn}^i \{ \cdot \}]$ - нелинейная вектор-функция; $[X_{nl}^i]$ - вектор столбец параметров входных потоков; $[K_{p1}^i]$ - вектор конструкционных технологических параметров аппаратов или элементов; $n(m)$ -число параметров входных (выходных) потоков; p -число параметров i -го элемента.

Зависимость (1) для каждого элемента системы представляет собой систему нелинейных алгебраических или дифференциальных уравнений большой размерности. Если для j -го элемента системы в выражении (1) вектор-функция $[F_{mn}^i]$ является линейной функцией вектора параметров входных потоков $[X_{nl}^i]$, то модель этого элемента может быть записана в следующей форме:

$$[Y_{mi}^j] = [A_{mn}^j] \times [X_{nl}^i], \quad (2)$$

где $[A_{mn}^j]$ - матрица преобразования j -го элемента.

Каждый элемент A_{mn} матрицы преобразования - это некоторый коэффициент функциональной связи, величина которого не зависит от параметров входного потока и является функцией конструкционных и технологических параметров данного элемента системы. В соответствии с

видом матрицы преобразования $[A_{mn}]$ можно выделить следующие типы элементов схемы цинкового производства: операции химического превращения, разделения потоков, смешения потоков.

Взаимодействие отдельных технологических операторов (элементов) производственной системы осуществляется благодаря наличию технологических связей. Технологической системе комплекса можно поставить в соответствие материальный потоковый граф, гомоморфный рассматриваемой системе и являющийся некоторой топологической моделью физических потоков данной системы (рис. 2).

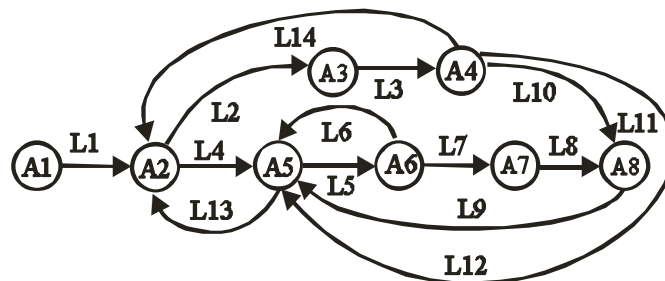


Рис. 2. Граф технологической схемы цинкового производства

Вершины графа соответствуют переделам технологической схемы комплекса, трансформирующим общие массовые расходы физических потоков, дуги отвечают материальным потокам. На рисунке приняты обозначения: A1 – обжиг цинковых концентратов, A2 – нейтральное выщелачивание огарка и сгущение нейтральной пульпы, A3 – цементационная очистка нейтральных растворов, A4 – электролиз цинковых растворов; A5 – кислое выщелачивание пульп и сгущение кислых пульп, A6 – отмывка, фильтрация и сушка цинковых кеков, A7 – вельцевание цинковых кеков, A8 – переработка вельц-окислов; L1 – L14 – потоки технологических сред.

К настоящему времени накоплен значительный опыт в области построения математических моделей процессов цинкового производства

для исследования, определения оптимальных режимов, применения в системах управления. Анализ известного математического описания в условиях рассматриваемой задачи показал преимущество балансовых моделей, позволяющих определять количественные характеристики процессов исследуемого комплекса, оценивать производительность, определять причины и источники материальных потерь. Для каждого технологического процесса исследуемого комплекса сформулированы технологические цели и выделены существенные группы параметров, разработаны математические модели [3-8].

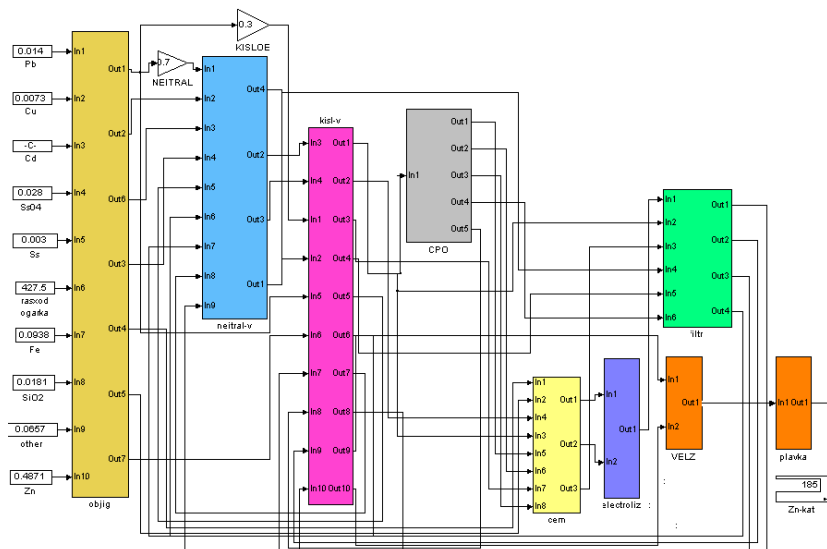


Рис. 3. Simulink-модель технологического комплекса производства цинка

Основу полученных моделей переделов комплекса составляют уравнения материального баланса по общему массовому расходу физических потоков и по массовому расходу компонентов потоков. На основе математического описания отдельных подсистем построена математическая модель комплекса в целом [7]. Ее программная реализация в вычислительной среде Simulink (MATLAB) показана на рис. 3.

Полученная модель может быть использована в задачах оперативного управления, оптимизации его функционирования, при проектировании новых и совершенствовании существующих систем управления.

Литература

1. Дюнова Д. Н. Синтез структуры математической модели технологического комплекса производства цинка. Труды XXIII международной конференции «Математические методы в технике и технологиях ММТТ-23», СГУ, 2010, с. 9-11»

2. Кафаров В. В. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. М. Химия. 1974.

3. Дюнова Д. Н. Simulink-модель процесса обжига в производстве цинка. Труды II Международная заочная научно-практическая конференции «Актуальные вопросы современной информатики» 1-15 апреля 2012 года, г. Коломна. С. 162-167.

4. Дюнова Д. Н. Математическая модель нейтрального выщелачивания и сгущения в производстве цинка. Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». 2013, том 13, №1. С. 40-45.

5. Дюнова Д. Н. Математическая модель процесса кислого выщелачивания. Труды I Международная заочная научно-практическая конференции «Актуальные вопросы современной информатики» 1-15 апреля 2011 года, г. Коломна. С. 79-82.

6. Дюнова Д. Н. Разработка и исследование математической модели процесса цементационной очистки цинковых растворов. Молодой ученый. 2012. №12. С. 51-55.

7. Дюнова Д. Н., Рутковский А. Л. Разработка и исследование математической модели процесса вельцевания в производстве цинка. Цветная металлургия № 4, 2013. С. 38-42.

8. Дюнова Д. Н. Синтез структуры математической модели структуры комплекса производства цинка. Сборник трудов XXIII Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях». Саратов. 2010. С. 9-11.