

# **ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ ЗАМЕНЫ ЦЕМЕНТА ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛОЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОННЫХ НЕАРМИРОВАННЫХ БЛОКОВ**

**Вергинская Н.Д., д. т. н, профессор**

*Иркутский государственный технический университет*

**stevia@mail.ru**

## **1. Постановка проблемы.**

В докладе приведены результаты многолетних исследований в области безэлектродной электрохимии, полученные с помощью методик математического моделирования многофакторных и многопараметрических процессов в многокомпонентных системах [1].

В современных технологиях широкое распространение получили электрохимические методы осуществления реакций: электрометаллургия алюминия и других металлов, электросинтез каустической соды и других многочисленных химических соединений, получение хлора, водорода, других веществ в огромных объемах сегодня возможно только путем электрохимических способов. Этот перечень применения электрохимии можно продолжать еще долго, но он продолжает расширяться за счет появления новых способов осуществления электрохимических процессов. Среди таких новых способов электрохимических процессов здесь можно отметить безэлектродные электрохимические реакции, которые впервые были исследованы и использованы в ИрГТУ. После работ и др., в которых были теоретически обоснованы, технически разработаны и запатентованы электрокоагуляторы безэлектродного типа, стало ясно, что низкая электропроводность электролитов не является препятствием для создания больших токов в них. Рассматривая безэлектродный электрохимический процесс в растворах в качестве классического многомерного функционального пространства, в своих исследованиях авторы установили с помощью многомерного математического моделирования характер влияния индукционных токов на химические реакции в растворах, зависимости такого влияния от расстояния до первичного тока в обмотке индуктора и другие закономерности.

## **2. Теоретические основы метода конструктивного нелинейного моделирования**

Теоретической основой метода конструктивного нелинейного моделирования является теория кремоновых преобразований (бирациональных соответствий) и теория многозначных соответствий. Существует неразрывная связь между свойствами аппарата проецирования одного пространства на другое и свойствами соответствий между пространствами. Зная свойства одного, можно определить свойства другого. И обратно, если задаться каким-либо соответствием, то можно утверждать, что существует проецирующий аппарат, индуцирующее данное

соответствие. Кроме того, существует непосредственная взаимосвязь свойств конструируемой кривой, свойств и положения порождающих ее проективных пучков линий. Последнее дает возможность прогнозировать свойства конструируемой кривой до ее непосредственного получения в виде одномерного массива точек [2, 3, 4]. Особенный интерес для практики представляет собой соотношение прямой и обратной задач начертательной геометрии. Если дана поверхность  $\Sigma^n$ , аппарат отображения, например, связки прямых ( $S_1$ ) и ( $S_2$ ), носитель модели, например, плоскость  $\Pi$ , то в результате отображения на плоскости  $\Pi$  получается соотношение, в общем случае,  $T_n^{n-n}$  - ( $n \rightarrow n$ ) – значное соответствие n-го порядка. Такое отображение нам дает решение прямой задачи. Если дана модель-( $1 \div 1$ ) - значное соответствие, например, на плоскости  $\Pi$ , то с помощью аппарата проецирование, например, связками прямых ( $S_1$ ) и ( $S_2$ ), в пространстве  $E^3$  конструируется единственная поверхность  $\Sigma$ . В общем виде задачу геометрического моделирования многофакторных зависимостей представим в следующем виде: в результате экспериментальных исследований или статистических данных имеем дискретные значения параметров, зависящих от  $n-1$  независимых или независимых друг от друга аргументов (компонентов)  $c_1, c_2, \dots, c_{n-1}$ . Необходимо смоделировать зависимость:

$$F(t, c_1, c_2, \dots, c_{n-1}) = 0 \quad (1)$$

и получить уравнение модели гиперповерхности (1). Так как уравнение гиперповерхности позволяет вычислить оптимальные значения параметров исследуемого процесса, то данное обстоятельство возможно использовать не только для прогноза оптимальных режимов технологических процессов, но и для определения новых возможностей конструирования технических систем на основе многомерного математического моделирования.

### 3. Пример решения практической задачи.

В частности, открываются возможности нахождения новых конструктивных решений, в области антикоррозионной защиты металлических и железобетонных конструкций. Проиллюстрируем возможности конкретными примерами решения практических задач. В наших исследованиях обработке индукционными токами были подвергнуты сточные воды системы ГЗУ ТЭЦ-12, обработанных индукционными токами разной величины и помещенных в табл.1.

Таблица 1

N	T	I=1 A					I=1,5 A					I=2,5 A				
		pH	p'H	D <sub>нач.</sub>	D <sub>кон.</sub>	h	pH	p'H	D <sub>нач.</sub>	D <sub>кон.</sub>	h	pH	p'H	D <sub>нач.</sub>	D <sub>кон.</sub>	H
1	0	8,6	8,6	0,085	0,085	1,5	8,6	8,6	0,085	0,085	1,5	8,6	8,6	0,085	0,085	1,5
2	3	8,6	8,2	0,085	0,068	2,5	8,6	8,2	0,085	0,065	2,5	8,6	8,0	0,085	0,056	2,5
3	6	8,2	7,9	0,068	0,049	2,5	8,2	7,8	0,065	0,036	3,0	8,0	7,7	0,056	0,035	3,5
4	9	7,9	7,7	0,049	0,039	3,0	7,8	7,6	0,036	0,032	3,5	7,7	7,5	0,035	0,032	4,0
5	12	7,7	7,5	0,039	0,036	3,5	7,6	7,5	0,032	0,032	3,5	7,5	7,3	0,032	0,028	4,0
6	15	7,5	7,2	0,036	0,035	3,5	7,5	7,1	0,032	0,032	3,5	7,3	7,1	0,028	0,024	4,0
7	18	7,2	7,1	0,035	0,035	3,5	7,1	7,0	0,032	0,032	3,5	7,1	7,0	0,024	0,024	4,0
8	21	7,1	7,0	0,035	0,035	3,5	7,0	7,0	0,032	0,032	4,0	7,0	7,0	0,024	0,024	4,0
9	24	7,0	7,0	0,035	0,035	3,5	7,0	7,0	0,032	0,032	4,0	7,0	7,0	0,024	0,024	4,0

По данным табл. 1 получаем модели 2-поверхностей [2]:

$$D_H = F(t, I); \text{pH}_H = \Phi(t, I); D_K = \Delta(t, I); \text{pH}_K = \Sigma(t, I). h = \Omega(I, t).$$

Вначале пишем уравнения одномерных образующих для всех токов, где  $t_{\text{обр.}}$  – время обработки,  $I$  – тока (ампер),  $D_H$  – начальная оптическая плотность,  $D_K$  – оптическая плотность после отстаивания,  $\text{pH}$  – начальная кислотность,  $\text{pH}_K$  – кислотность после отстаивания,  $h$  – осадок, мм,  $T$  – температура воды.

Время отстаивания – 12 час

Далее запишем уравнения двумерных образующих или 2-поверхностей.

$$D_H = \bar{F}(t, I) = 8,5 \cdot 10^{-2} + (-4,4 \cdot 10^{-3} - 4,9 \cdot 10^{-4} I - 1,2 \cdot 10^{-5} I^2)t + (1,6 \cdot 10^{-4} + 1,8 \cdot 10^{-5} I)t^2, \quad (2)$$

$$D_K = \Delta(t, I) = (4,97 \cdot 10^{-2} + 5,33 \cdot 10^{-2} I - 2,22 \cdot 10^{-2} I^2) + (1,99 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2} I + 3,43 \cdot 10^{-3} I^2)t + (-1,45 \cdot 10^{-4} + 3,81 \cdot 10^{-4} I - 1,24 \cdot 10^{-4} I^2)t^2; \quad (3)$$

$$\text{pH}_H = \Sigma(t, I) = (8,52 + 5649 \cdot 10^{-1} I - 2670 \cdot 10^{-2} I^2) + (-2,38 \cdot 10^{-2} - 1,29 \cdot 10^{-1} I + 4,52 \cdot 10^{-2} I^2)t + (-1,65 \cdot 10^{-3} + 4,45 \cdot 10^{-3} I - 1,41 \cdot 10^{-7} I^2)t^2; \quad (4)$$

$$\text{pH}_K = \Sigma(t, I) = (8,12 \cdot 10^{-2} + 5,90 \cdot 10^{-1} I - 2,13 \cdot 10^{-1} I^2) + (-3,88 \cdot 10^{-2} - 9,62 \cdot 10^{-2} I + 2,96 \cdot 10^{-3} I^2)t + (-4,62 \cdot 10^{-4} + 3,24 \cdot 10^{-3} I - 9,4 \cdot 10^{-7} I^2)t^2; \quad (5)$$

$$h = \Omega(t, I) = 1,5 + (-8,9 \cdot 10^{-2} + 3,4 \cdot 10^{-1} I - 8,8 \cdot 10^{-2} I^2)t + (4,7 \cdot 10^{-3} - 1,2 \cdot 10^{-2} I + 3,7 \cdot 10^{-3} I^2)t^2. \quad (6)$$

Уравнения (2)-(6) позволили вычислить оптимальные значения параметров:

$$t_{\text{опт}} = 20 \text{ мин.}, \quad I_{\text{опт}} > 2,5 \text{ ампер}, \quad h_{\text{опт}} = 4,0 \text{ мм.}$$

При этом особое внимание на себя обращает полное отсутствие в обработанных индукционными токами водах взвешенных веществ и величина  $\text{pH}$  на уровне 7,0, что свидетельствует о приближении к нормальным свойствам обработанных вод, позволяя использовать их в первичном функциональном назначении.

Опуская подробное изложение аналогичных методик моделирования безэлектродных электрохимических процессов, продуктивность изложенных выше подходов моделирования иллюстрирована изобретением автора.

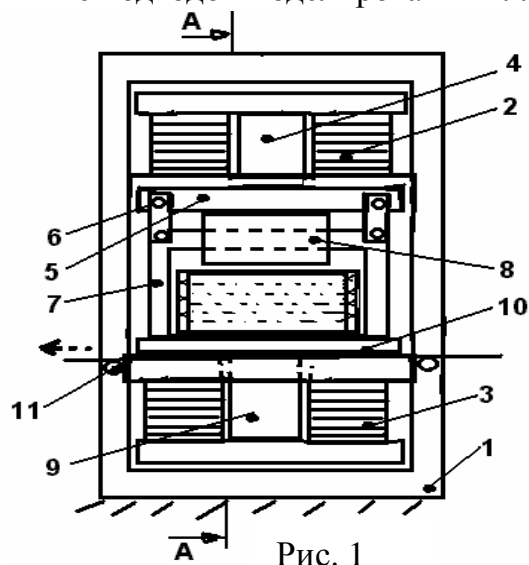


Рис. 1

Например, рассмотрим конструктивное решение по патенту № 2373341 на способ производства неармированных бетонных блоков с заменой части цемента золой уноса и устройство для его осуществления [5].

Изобретение относится к области строительства. Способ производства неармированных бетонных блоков с заменой части цемента золой уноса включает отверждение бетонной смеси, содержащей в качестве связующего цемент и золу уноса. Низкая прочность бетонных изделий при замене части цемента золой уноса объясняется тем, что в толще бетонного изделия

остаются компоненты, не вступившие между собой в связи. Особенно это относится к соединениям, входящим в состав золы уноса (летучей золы) из-за их низкой активности в связи с прошедшей термообработкой в котлах при сжигании

топлива. Повысить активность компонентов бетонной смеси, состоящей из портландцемента и золы уноса, можно воздействием на смесь индукционными токами в процессе бетонирования при изготовлении железобетона. В процессе отвердевания бетонной смеси в ее объеме индуцируются вторичные короткозамкнутые электрические токи посредством установки опалубки с бетонной смесью в устройство для индуцирования вторичных короткозамкнутых электрических токов. Устройство для индуцирования вторичных короткозамкнутых электрических токов содержит корпус с установленным внутри него электромагнитом переменного тока. Кроме того, оно дополнительно содержит станину, в которой смонтированы верхний и нижний электромагнитные приводы в виде двух параллельно расположенных комплектов парных магнитных тарелок с обмотками, соединенных между собой последовательно через одну обмотку и образующих две отдельные цепи. Причем электромагнит переменного тока выполнен с раздвинутыми полюсами для размещения между ними опалубки с бетонной смесью и установлен на верхнем электромагнитном приводе. Устройство содержит станину 1 с верхним 2 и нижним 3 электромагнитными приводами. К штоку-держателю 4 верхнего электромагнитного привода 2 присоединена траверса 5, к которой с помощью кронштейна 6 жестко присоединен П-образный магнитный сердечник 7 электромагнита с каркасом 8 обмотки 30 переменного тока. К штоку-держателю 9 нижнего электромагнитного привода 3 жестко присоединен вибрационный стол 10. С передней и задней стороны станины 1 с помощью вспомогательных опор 11 в подшипниках выполнены вальцы 12 для конвейерных лент 13 подачи и уборки опалубок 14 с бетонной смесью 15 для изготовления бетонных блоков.

#### **4. Вывод:**

Так как заявляемое устройство позволяет индуцировать в бетонной смеси вторичные короткозамкнутые электрические токи, то осуществляется активизация всех компонентов, включая и соединения золы уноса, позволяя им вступать в химические соединения со всеми компонентами бетонной смеси, обеспечивая повышение прочности бетонных блоков.

Литература:

1. Вертинский А.П. Исследование и разработка локального электрохимического модуля для очистки металлосодержащих сточных вод. Автореф. дисс.к.т.н., ИрГТУ, Иркутск-2000г. – 15 с. 2. Вертинская Н. Д. Многомерное математическое моделирование многофакторных и многопараметрических процессов в многокомпонентных системах. Иркутск: ИрГТУ, 2001. - 289 с. 3. Вертинская Н.Д. и др. Математическое моделирование многофакторных и многопараметрических процессов в многокомпонентных системах на базе конструктивной геометрии. Лабораторный практикум по авторскому спецкурсу. Иркутск Изд-во ИрГТУ. Ч.II. 2007. – 175 с.: илл. 4. Вертинская Н.Д. Математическое моделирование технологических процессов с реагирующими веществами / VI международная научно – практическая конференция «Геометрическое моделирование и компьютерные технологии: теория, практика, образование» 21-24 апреля 2009, Харьков. 5. Пат. №2373341 РФ, Способ производства неармированных бетонных блоков с заменой цемента золой уноса и устройство для его осуществления / Н. Д. Вертинская и Н.П. Герасимова БИ. №36/2009. – 7 с.: илл.