

УДК 66.012-52:001:661

СППР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ В ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

*В.Ф. Раков, В.М. Погибко, И.Л. Сидак, **А.М. Дергачев

* Научно-технологический центр «Реактивэлектрон» НАН Украины,

** ООО «ПФД-ХИМ»

e-mail: donmashinery@meta.ua

Автоматизированные системы научных исследований (далее – АСНИ) в химии являются эффективным инструментом разработки технологий. Процедуры получения, анализа, передачи и накопление информации в ходе лабораторных экспериментов выполняются автоматизировано. При использовании АСНИ сокращаются сроки исследований, повышается точность проверки математических моделей и эффективность использования химических установок [1].

При проектировании и реконструкции малотоннажных химических производств широкого ассортимента, к которым принадлежат технологии производства специальных химических реактивов и материалов для конденсаторной и пьезокерамики, необходимо учитывать, что большинство стадий синтеза продуктов этого класса производств включают сложные, недостаточно изученные физико-химические процессы.

Блочно-модульное построение АСНИ основных процессов синтеза химреактивов (рис.1) позволяет использовать ее для исследования большинства способов и технологий создания наноструктурных материалов.

В настоящее время во всем мире интенсивно проводятся работы по поиску и изучению новых физических эффектов, позволяющих разрабатывать функциональные материалы, в том числе пьезокерамику, с более высоким уровнем свойств. Исследования последних лет показали, что существует целый ряд факторов, которые могут радикально влиять на свойства пьезоэлектриков при сохранении заданного химического и фазового состава. Одним из наиболее существенных факторов является наноструктурная гетерогенность, которая в функциональных материалах приводит к значительным улучшениям свойств материалов. Особенное значение при формировании свойств материала имеет степень упорядочения структурных элементов керамики и композитов. Формирование заданной, контролируемой наноструктуры функциональной керамики возможно только при использовании нанодисперсных порошковых материалов.

Наименее исследованной и наиболее проблемной стадией получения нанодисперсных материалов является стадия фильтрации. Такое положение объясняется тем, что в процессе фильтрации нанодисперсных суспензий наночастицы дисперсной фазы проникают в поры фильтровальной перегородки и снижают первоначальную пористость материала фильтра, тем самым существенно изменяя ее сопротивление. Сопротивление перегородки в процессе фильтрации изменяется нелинейно. Кроме того, по мере уменьшения порозности суспензии при фильтрации кардинально меняется ее реологические свойства. В результате чего ньютоновский характер вязкости суспензии меняется на бингамовский. В бингамовских тиксотропных жидкостях реологические свойства возникающих каркасных структур определяют сложную закономерность изменения вязкости от сдвигового напряжения. Эффективная вязкость таких систем описывается уравнением Михайлова – Лихгейма [2]:

$$\mu = \mu_m + (\mu_0 - \mu_m) \frac{x}{1 + \left(\frac{\mu_0}{\mu_m} - 1 \right) (1 - x)}; \quad x = \frac{P/P_M}{sh P/P_M};$$

где: μ - вязкость жидкости, $\text{кг}\cdot\text{с}/\text{м}^2$; μ_m – наименьшая ньютоновская постоянная вязкость предельно разрушенной системы; μ_0 – наибольшая предельная ньютоновская вязкость, т.е. условно постоянная вязкость неразрушенной системы; P – приложенное к системе напряжение сдвига, $\text{кг}/\text{м}^2$; P_m – приложенное напряжение текучести системы, $\text{кг}/\text{м}^2$ (предел текучести).

При объемной доле твердой фазы $\Phi=0,5-0,9$ применяется уравнение Ганна:

$$\mu_m = \frac{\mu_{д.с.}}{1 - \Phi^{1/3}};$$

где: $\mu_{д.с.}$ - вязкость дисперсионной среды, $\text{кг}\cdot\text{с}/\text{м}^2$

Основная функция СППР в АСНИ – фильтрации, как единой системы, состоит в определении оптимальных режимов ведения процесса и выбора из баз данных фильтровальных материалов и фильтровального оборудования.

Алгоритм решения задачи исследования процесса фильтрации включает следующие основные этапы:

- исследование кинетики процесса фильтрации и фильтровальных свойств суспензии;
- выбор оборудования и аппаратурного оформления;
- определение оптимального режима технологического процесса.

Исследование процесса фильтрации проводится по методике, описанной в [3]. Фильтрационные свойства суспензий рассчитываются в результате обработки данных по кинетике фильтрования, полученные на лабораторной установке. Модель представляет собой интегрированное основное уравнение фильтрации [4] с образованием осадка.

$$\left(\frac{V\phi}{S\phi}\right)^2 + \frac{2\beta}{\alpha} \cdot V\left(\frac{V\phi}{S\phi}\right) - 2\left(\frac{\Delta P}{\mu\alpha}\right) \cdot U\tau = 0$$

где: ΔP – разность давлений (избыточное или вакуум), $\text{кг}/\text{м}^2$; $V\phi$ - объем фильтрата, м^3 ; $S\phi$ - поверхность фильтрования, м^2 ; β - сопротивление фильтрующей перегородки, $\text{м}/\text{м}^2$; α - удельное сопротивление осадка, $\text{м}/\text{кг}$; U - коэффициент пропорциональности объема образующегося осадка к объёму полученного фильтрата; τ - продолжительность фильтрования, с.

В математической модели процесса фильтрации учтен нелинейный характер изменения сопротивления фильтрующего материала и реологии суспензии.

Выбор фильтрационного оборудования и определение оптимального технологического режима процесса фильтрации осуществляется по результатам исследований физико-химических и фильтрационных свойств суспензии. Формализованная система технологических требований к процессу фильтрации и качеству готового продукта позволяет решить задачу аппаратурного оформления процесса. Информация по выбору оборудования формируется при обращении к базе данных свойств фильтровальной ткани и к базе данных фильтровального оборудования. Фильтровальное оборудование, включенное в состав базы данных, описано по основным показателям: возможность разделения суспензии с данными физико-химическими и фильтрационными свойствами; технические данные фильтров; технологические возможности разделения; технико-экономические характеристики.

Для выбранного промышленного фильтра определяются основные режимные параметры процесса разделения суспензий и решается задача определения оптимального режима ведения процесса. В качестве критерия оптимизации выбрана себестоимость выпускаемой продукции. Задача оптимизации формулируется следующим образом: определить значения режимных параметров процесса, обеспечивающих заданную производительность при минимизации себестоимости выпускаемой продукции.

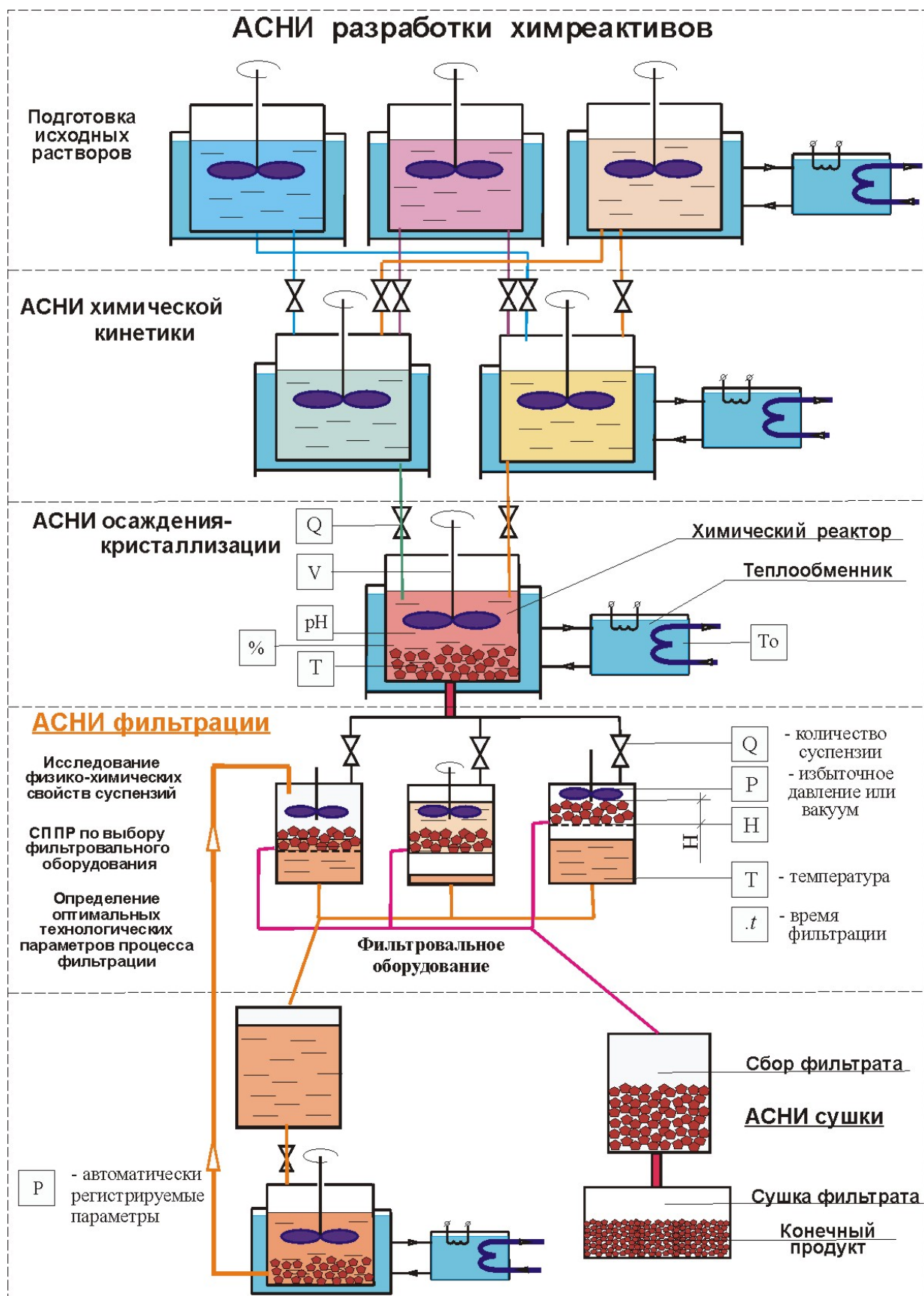


Рис. 1. Блочно-модульное построение АСНИ основных процессов синтеза химреактивов

Для решения обратной кинетической задачи и поиска оптимальных значений параметров процесса фильтрации используются поисковые методы нелинейного программирования [5,6].

Представленная АСНИ-фильтрации была апробирована при разработке технологии синтеза нанодисперсной метатитановой кислоты (удельная поверхность порошка $S_{уд}=230\text{м}^2/\text{г}$) для производства пьезоматериалов типа цирконата-титаната свинца. Из всего массива фильтровального оборудования системой были предложены фильтры ЕДМ 1,5-4Т; ЕДСх 0,5-3Т и ЕДГр-0,25-3Т. Разработчиком технологии был выбран автоматический друк-фильтр, снабженный системой репульсации осадка, подогрева, автоматической выгрузки осадка и регенерации фильтрующего материала, работающий под давлением до 6 кГ/см^2 , с рабочим объемом $0,25\text{ м}^3$ в титановом исполнении типоразмера ЕДГр-0,25-3Т (рис.2).

АСНИ фильтрации	
Операция	Синтез метатитановой кислоты
Оборудование	ЕДГр-0,25-3Т
Температура, °С	40
Время цикла фильтрации, мин	60
Время репульсации, мин	20
Количество циклов фильтрации и репульсации, мин	8
Время цикла последней фильтрации, мин	120
Избыточное давление фильтрации, кГ/см^2	2
Избыточное давление последней фильтрации, кГ/см^2	5

Рис.2. Режимы фильтрации, определенные с помощью системы

Выводы. В результате полного цикла работы АСНИ – фильтрации для исследуемой дисперсионной системы рекомендуются наиболее подходящие типы фильтровального оборудования, а после выбора исследователем конкретной модели фильтра, автоматически определяются оптимальные значения технологических параметров процесса фильтрации при минимизации себестоимости продукции.

Литература

1. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработать и создать автоматизированную систему научных исследований при разработке технологий производства неорганических химических реактивов». Исп. Ожерельев И.Д., Погибко В.М. № гос. рег. 0187.0065635, 1989-1990г.г., Донецк, ВНИИ «Реактивэлектрон», 152 с.
2. Овчинников П.Ф., Круглицкая Г.С., Михайлов Н.В. Реология тиксотропных систем. К. Наукова думка, 1972. 120с.
3. Малиновская Т.Д. Разделение суспензий в промышленности органического синтеза. М Химия, 1971. 318с.
4. Методические рекомендации по определению фильтрационных свойств суспензий. М: НИИТЭХИМ, 1979. 24с.
5. Рейнфарт В.В., Соколов С. В., Воробьев В.П. , // Химическая промышленность. 1985. № 2. С. 63.
6. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. М.: Мир,. 1975. 534с.