

4-28-2018

## Process modeling of optimum mixing of cyanic solutions with use of intellectual systems of measurement on a basis to a fuzzy logic

O.A Jumayev

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Automation and Control, Navoi State Mining Institute;*

A.A Akhmatov

*Master of the Department "Automation and Control" of the Navoi State Mining Institute*

G.B Makhmudov

*Master of the Department "Automation and Control" of the Navoi State Mining Institute. Tel: +99890 739-52-16 (M.), jumaev5216@mail.ru*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm>

 Part of the [Engineering Commons](#)

---

### Recommended Citation

Jumayev, O.A; Akhmatov, A.A; and Makhmudov, G.B (2018) "Process modeling of optimum mixing of cyanic solutions with use of intellectual systems of measurement on a basis to a fuzzy logic," *Chemical Technology, Control and Management*: Vol. 2018 : Iss. 1 , Article 22.

DOI: <https://doi.org/10.34920/2018.1-2.132-137>

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2018/iss1/22>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemical Technology, Control and Management by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

---

## Process modeling of optimum mixing of cyanic solutions with use of intellectual systems of measurement on a basis to a fuzzy logic

### Cover Page Footnote

Tashkent State Technical University, SSC «UZSTROYMATERIALY», SSC «UZKIMYOSANOAT», JV «SOVPLASTITAL», Agency on Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan



ISSN 1815-4840

Himičeskaâ tehnologiâ. Kontrol' i upravlenie

**CHEMICAL TECHNOLOGY.  
CONTROL AND MANAGEMENT**2018, №1-2 (79-80) pp. 132-137. <https://doi.org/10.34920/2018.1-2.132-137>International scientific and technical journal  
journal homepage: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/>

Since 2005

УДК 681.586.7.068

О.А.ЖУМАЕВ, А.А.АХМАТОВ, Г.Б.МАХМУДОВ (НавГГИ)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОПТИМАЛЬНОГО СМЕШЕНИЯ ЦИАНИСТЫХ РАСТВОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

*Ноаниқ мантиқ қоидалари асосида фаолият кўрсатувчи микропроцессорли интеллектуал ўлчов ва назорат тизимларини ишлаб чиқиш тамойиллари таҳлил қилинган. Микропроцессорли интеллектуал тизимлар имкониятларидан фойдаланиб, объектнинг динамик модели асосида танланган рослагични автоматик созлаш усуллари цианли эритмаларни оптимал аралаштириш жараёни мисолида кўриб чиқилган.*

**Таянч сўзлар:** интеллектуал тизимлар, микропроцессорлар, микроконтроллерлар, ахборотларни узатиш, бошқариш тизими, датчик, ахборот тизими, рослагич, динамик модель, ўткинчи жараён, идентификация, силлиқлантириш, аралаштиргич, концентрация, оптималлаштириш, аниқлик, бошқарув.

*Проанализированы принципы разработки микропроцессорных интеллектуальных систем измерения и контроля, функционирующих на основе правил нечеткой логики. Пользуясь из возможностей, микропроцессорных интеллектуальных систем, на основе динамической модели объекта рассматриваются методы автоматической настройки выбранного регулятора на примере процесса оптимального смешения цианистых растворов.*

**Ключевые слова:** Интеллектуальные системы, микропроцессоры, микроконтроллеры, передача информации, система управления, датчик, информационная система, регулятор, динамическая модель, переходный процесс, идентификация, аппроксимация, смеситель, концентрация, оптимизация, точность, управление.

*Analyzes the principles of the development of microprocessor-based intelligent measurement and control systems that operate based on fuzzy logic rules. Using the possibilities of microprocessor intelligent systems, methods of automatic adjustment of the selected regulator are based on the dynamic model of the object, using the example of the process of optimal displacement of cyanide solutions.*

**Keywords:** intelligent systems, microprocessors, microcontrollers, information transfer, control systems, sensor, information system, regulator, dynamic model, transient, identification, approximation, mixer, concentration, optimization, accuracy, control.

В настоящее время стало возможным создание систем практически с любым количеством входных воздействий и выходными параметрами. Но в этих системах используются множество сложных структур алгоритмов. В подобных системах желательно использовать для каждой подсистемы, составляющей общую систему, отдельные управляющие контроллеры, функционирующие по алгоритмам на основе нечеткой логики [1,2].

Исходя из модели объекта управления, в качестве регулятора, мы используем ПИД регулятор. Для улучшения качества регулирования необходимо определить настройки регулятора на основании теории автоматического управления, алгебраических и частотных методов регулирования.

Аналитические методы расчета настроек регулирования основаны на аппроксимации динамических моделей первого и второго порядка объекта регулирования. При использовании моделей более высокого порядка применение аналитических методов представляется не целесообразным.

С развитием микропроцессорной техники стало возможным использование численных методов оптимизации. По существу они являются гибким инструментом для определения оптимальных настроек регулятора для моделей практически любой сложности и с учетом нелинейностей объекта управления.

Для нахождения параметров регулятора методами оптимизации производится идентификация параметров объекта с численными методами с оптимальности на основе основного показателя качества, либо обобщенного комплексного критерия, аддитивно сформулированного нескольких показателей с различными весовыми коэффициентами. В результате формируется критериальная функция, которая зависит от параметров ПИД регулятора.

Применяя численные методы минимизации критериальной функции с заданными ограничениями, можно находить искомые параметры ПИД регулятора. Настройка регулятора производится в автоматическом режиме или вручную. Основные принципы ручной настройки заключаются в применении компьютерного интерактивного программного обеспечения, которое временно включается в контур управления. Автоматическая настройка регулятора, инициируемая на основе заранее заложенных программных средств, и представляет собой процесс адаптации. Автоматическая настройка реализуется практически в три этапа: идентификация выбранного регулятора, расчет параметров регулятора и настройка регулятора.

Основным этапом автоматической настройки и адаптации является идентификация модели объекта. Процесс получения математического описания объекта на основе экспериментально полученных сигналов на его входе и выходе представляет собой процесс идентификацией объекта, которые делится на структурную и параметрическую идентификацию. В ходе структурной идентификации определяется структура математического описания объекта, а при параметрической по известной структуре определяются значения параметров модели объекта.

В результате структурно-параметрической идентификации определяется динамическая модель объекта в частности, в виде импульсной или переходной характеристики.

Структурная схема автоматического управления [3] приведена на рисунке 1.

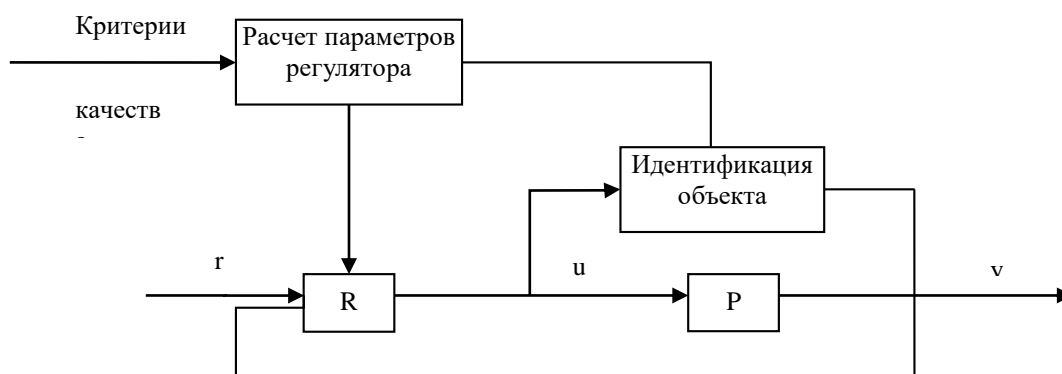


Рис. 1. Структурная схема автоматической системы управления.

$R$  – регулятор,  $P$  – объект управления,  $r$  – задающее воздействие,  $u$  – управляющее воздействие,  $v$  – управляемый параметр объекта.

В качестве примера расчета настроек ПИД регулятора рассмотрим интеллектуальную систему измерения и контроля технологического процесса извлечения золота из цианистых растворов на основе нечеткой логики, составленную из следующих подсистем.

- Подсистема оптимизации функционирования измерительных датчиков;
- Подсистема преобразования информации и обработки информации;

• Подсистема контроля и регулирования технологических параметров на основе обработки информации.

Основными параметрами контроля и регулирования являются степень измельчения материала, содержания твердых составляющих в пульпе, концентрация реагентов, содержащие щелочи и кислорода в жидкой фазе пульпы. Контроль и поддержание регламентных параметров определяет степень извлечения золота из руд.

Задачу моделирования и разработки структуры систем управления можно разбить на две составляющие:

- модель системы автоматического регулирования уровня NaCN в пачуке;
- модель оптимального смешивания цианистых растворов.

Пребывание жидкости в пачуке оптимального смещения по времени имеет неравномерное распределение, поскольку в динамике мешалка загоняет некоторые частицы к выходу, и они уходят из пачука, в то время как попавшие в иную часть новые частицы могут задерживаться в нем неопределенно долго.

Однако имея виду то обстоятельство, что концентрация жидкости во всех точках пачука одинакова, можно формулировать обобщенное уравнение материального баланса:

$$V \frac{dC(t)}{dt} = ([Q_1 C_1(t) + Q_2 C_2(t)]) - QC(t) \quad (1)$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  – расходы смешиваемых (в нашем случае NaCN и  $H_2O$ ) жидкостей соответственно,  $C_1$  и  $C_2$  – концентрация смешиваемых жидкостей,  $Q$  и  $C$  – расход и концентрация, смешанной и вышедшей жидкости из пачука.

Преобразовав уравнение (1) к следующему, виду:

$$V \frac{dC(t)}{dt} = (Q_1 C_1 + Q_2 C_2)(t) - QC(t) \quad (2)$$

поделив по членно уравнение (2) на  $Q$  имеем следующее:

$$\frac{V}{Q} \times \frac{dC(t)}{dt} = \frac{1}{Q} \times (Q_1 C_1 + Q_2 C_2)(t) - C(t) \quad (3)$$

Отметим что в уравнении (3)

$$\frac{V}{Q} = T \text{ и } \frac{V}{Q} = T$$

где  $T$  – постоянная времени объекта,  $k$  – коэффициент усиления.

Подставив в уравнение (3)  $T$  и  $k$  получим уравнение следующего вида:

$$T \times \frac{dC(t)}{dt} = k \times (Q_1 C_1 + Q_2 C_2)(t) - C(t) \quad (4)$$

Поделив уравнение по членно на постоянную времени  $T$  получим:

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{k}{T} \times (Q_1 C_1 + Q_2 C_2)(t) - \frac{1}{T} C(t) \quad (5)$$

Уравнение (3) является математической моделью оптимального смешения жидкостей в пачуке. Для реализации математической модели оптимального смещения используем пакет Simulink среды MatLab 7.0.

Введем исходные данные для моделирования. Необходимо учесть что, величины  $Q_1$  (расход) и  $C_1$  (концентрация) являются постоянными.

Таблица 1.

Исходные данные для моделирования пачука оптимального смешения.

$C_1(\text{NaCN}), \%$	$Q_1(\text{NaCN}), \text{ м}^3/\text{сек.}$	$C_2(\text{НОН}), \%$	$Q_2(\text{НОН}), \text{ м}^3/\text{сек.}$	$V(\text{смесителя}), \text{ м}^3$
56,65	0,0006	10	0,0001	0,000785
66.75	0.0008	10	0.0002	0.000895

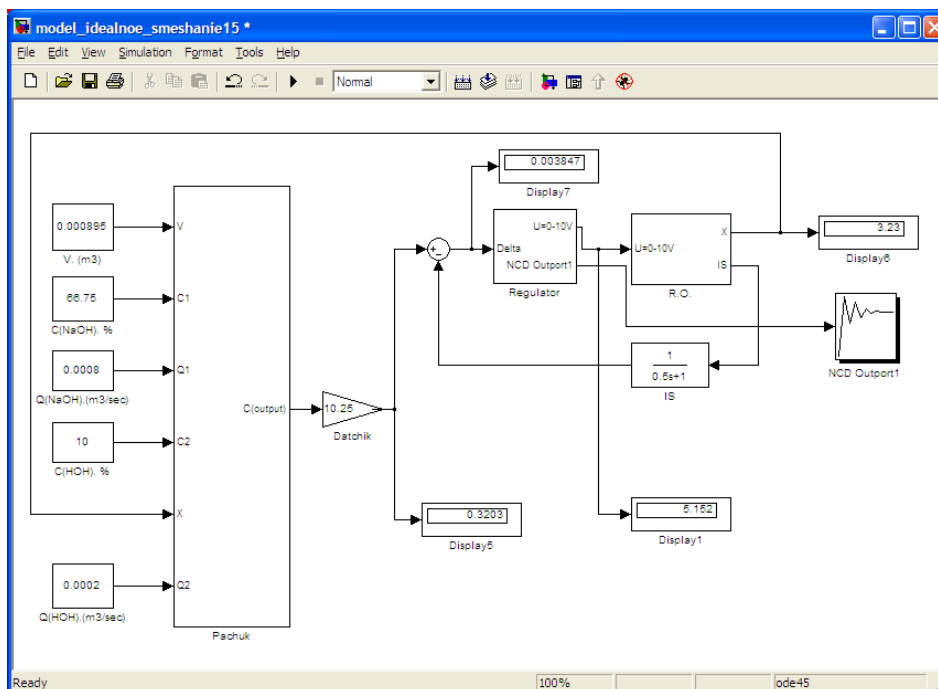


Рис.2. Схема математической модели.

Схема математической модели состоит из трех подсистем:

- объект регулирования (object-mixer);
- регулятора (regulator);
- регулирующего органа (R.O.).

Подсистема “Объект регулирования” реализуется на основе дифференциального уравнения (3) состоящего из блока суммирования, деления, умножения и интегрирования.

Подсистема “Регулятор” формирует управляющий сигнал ( $U$ ) в диапазоне от 0 до 10В с поступлением на его вход сигнал рассогласования ( $\Delta$ ) поступающего на регулирующий орган (R.O.). Регулирующий орган, в свою очередь, формирует сигнал ( $X$ ), который управляет ходом штока.

Инструментальный пакет (ИП) Nonlinear Control Design Blockset (NCD-Blockset) предоставляет возможность использовать графический интерфейс для настройки параметров динамических объектов, обеспечивающих желаемое качество переходных процессов. Применяя оптимизационный подход можно достичь указанной цели. При помощи данного инструмента можно настраивать параметры нелинейной Simulink-модели, в качестве которых может быть заявлено любое количество переменных, включая скаляры, векторы и матрицы. Особую значимость имеет то обстоятельство, что в процессе настройки могут учитываться неопределенности параметрического типа математической модели, что позволяет синтезировать робастные законы управления.

Задание динамических ограничений осуществляется в визуальном режиме. На базе этих ограничений NCD-Blockset автоматически генерирует задачу конечномерной оптимизации так, чтобы точка экстремума в пространстве настраиваемых параметров соответствовала выполнению всех требований, предъявляемых к качеству процесса. Эта задача решается с привлечением специализированной процедуры квадратичного программирования из пакета Optimization Toolbox. Ход оптимизации контролируется на экране с помощью отображения графика контролируемого процесса и текущих значений минимизируемой функции. По завершении процесса его результат фиксируется в рабочем пространстве.

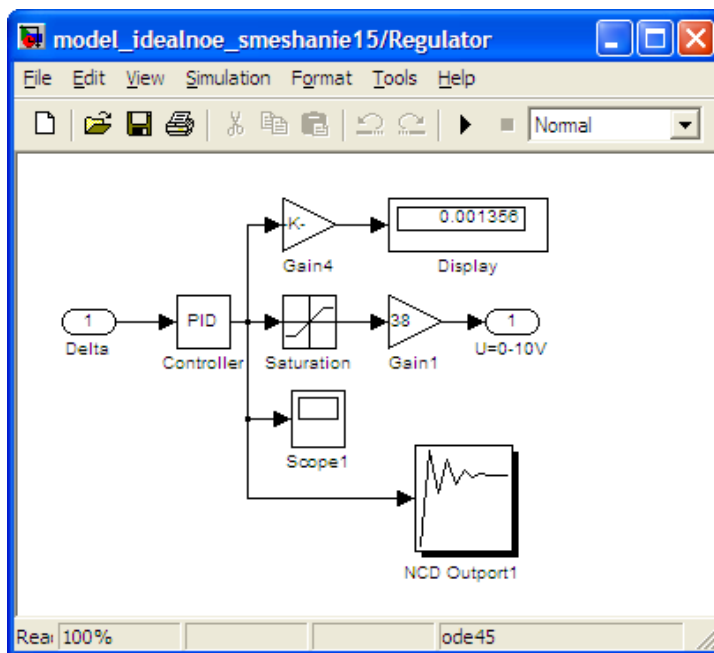


Рис. 3. Схема подсистемы регулятора (ReguLator).

Звено Saturation в подсистеме регулятора служит для того, чтобы сигнал с звена PID ни в коем случае не мог превысить 0ч10В, (0ч10 В - стандартный выход для электрического регулятора)

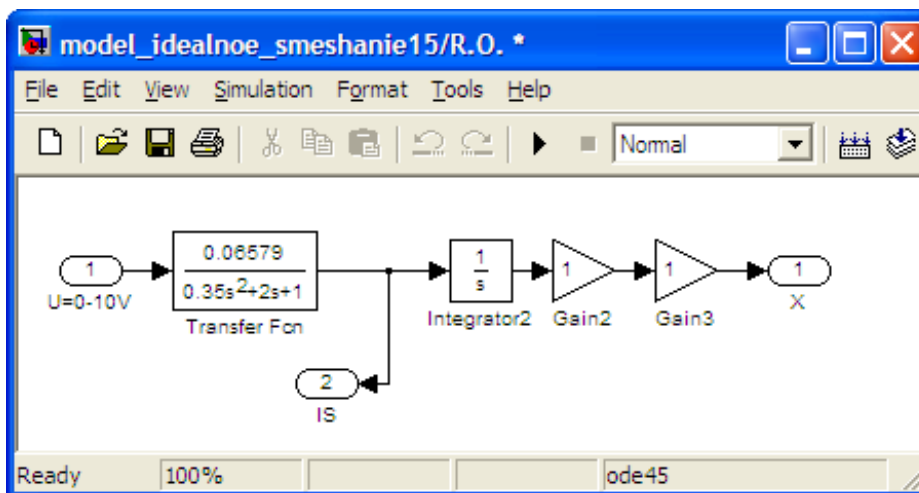


Рис.4. Схема подсистемы регулирующего органа (R.O.).

Звено S.U. в схеме R.O. необходимо для того, чтобы согласовать управляющий сигнал с регулятора в управляющий сигнал для двигателя, т.е. S.U. в данном случае выполняет роль усилителя.

На выходе электродвигателя (EL.Dvigatel) частота вращения вала, пропорциональная напряжению на входе (US.U.= 0ч380 В). В результате реализации получаем графика регулирования оптимального смещения.

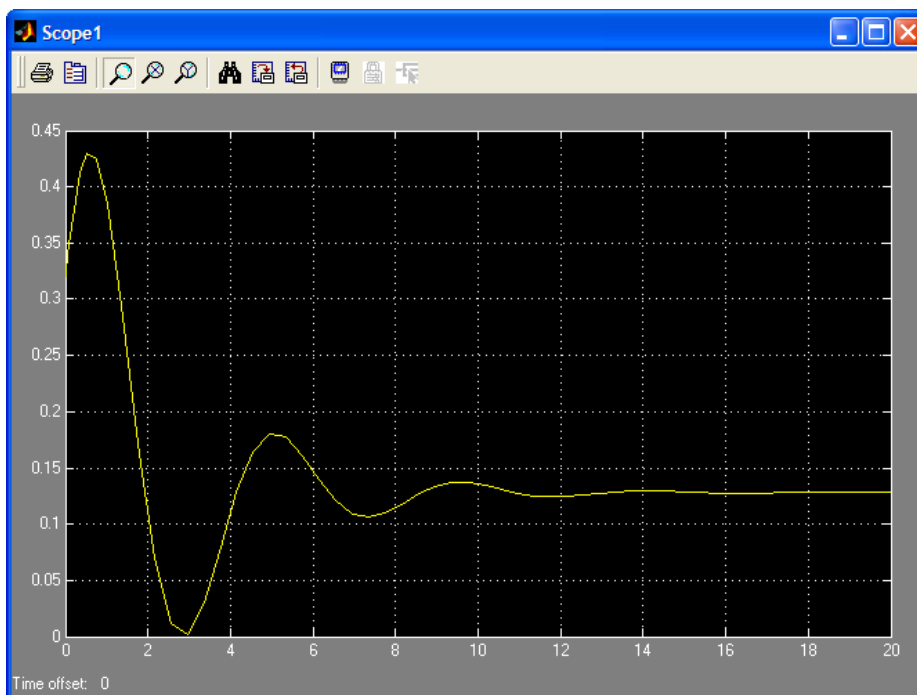


Рис.5. График процесса регулирования оптимального смешения.

По окончании процесса оптимизации, оптимальные значения настраиваемых переменных, получаем в рабочем пространстве MATLAB. В данном случае  $K_p=0.9781$ ;  $K_i=0.5269$ ;  $K_d=0.2089$ .

Таким образом для успешной автоматизации любого технологического процесса одной из самых актуальных задач является выбор регулятора, его настройка и адаптация.

Для дальнейшего совершенствования качественных характеристик систем управления требуется более глубокое изучение и исследование параметров технологического процесса. Этим обосновывается то, что остается множество не решенных проблем, связанных с качеством настройки влияния нелинейностей объектов управления и внешних возмущений. Соответственно наиболее эффективным решением является здесь применение интеллектуальных систем измерения и контроля, включенных в контур регулирования и управления.

#### Список литературы:

1. R.G.Djekson, V. V. Luchinina, "Noveyshie datchiki" [New sensors], Moskva: Izd-vo TEHNOSFERA, 207, 375p. (in Russian)
2. E.H.A.Mamdani, S.Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller" *Int. J. Man-Mach.Stud.*, vol. 7, pp. 1-13. 1975.
3. V.V.Denisenko "Komp'yuterny'e upravlenie tehnologicheskim processom, e'ksperimentom, oborudovaniem" [Computer control of technological process, experiment, and equipment], Moskva: Izd-vo Goryachaya liniya-Telekom, 2009, 593p. (in Russian)

*Жумаев Одил Абдужалилович - кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление» Навоийского государственного горного института;*

*Ахматов Абдумалик Абдувахоб ўгли – магистр кафедры «Автоматизация и управление» Навоийского государственного горного института;*

*Махмудов Гиёсжон Бакоевич – магистр кафедры «Автоматизация и управление» Навоийского государственного горного института.*

*Тел: +99890 739-52-16 (м.), E-mail: [Jumaev5216@mail.ru](mailto:Jumaev5216@mail.ru).*