

свойств объекта необходимо высокое быстродействие контура адаптации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борцов Ю. А., Поляхов Н. Д., Путов В. В. Электромеханические системы с адаптивным и модальным управлением. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 216 с.
2. Борцов Ю. А., Юнгер И. Б. Автоматические системы с разрывным управлением. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 168 с.

3. Elbuluk Malik, Langovsky Nikola, Kankam David. Design and Implementation of a Closed-Loop Observer and Adaptive Controller for Induction Motor Drives // IEEE Trans. on Industry Application. – 1998. – Vol. 34, № 3. – P. 435–442.

4. Тихонов А. Н. Системы дифференциальных уравнений, содержащие малые параметры при производных: Матем. сб. – 1953. – Т. 31(73), № 3. – С. 375–386.

УДК 621.38

РАСЧЕТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ pH СМЕСИ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ

Инж. ВОРОБЕЙ Р. И., канд. физ.-мат. наук ГУСЕВ О. К.

Белорусский национальный технический университет

В технологических процессах ряда отраслей производства (машиностроении, приборостроении, энергетике, электротехнической, электронной, пищевой) используются растворы кислот и щелочей. Отработанные растворы должны подвергаться нейтрализации до уровня показателя pH, соответствующего санитарным и экологическим требованиям к промышленным стокам, согласно которым предприятия подлежат оснащению станциями нейтрализации, работающими в автоматическом режиме [1, 2]. В проектной документации предусмотрено использование структурной схемы станции, основанной на измерении показателя pH смеси кислот и щелочей с помощью потенциометрических pH-метров промышленного типа (рис. 1). Точность контроля pH, а следовательно, и управления процессом нейтрализации в этом случае ограничивается несколькими факторами:

- растворы, требующие нейтрализации, содержат примеси, не влияющие непосредственно на показание pH, однако образующие пленочные отложения на поверхности мембран стеклянных электродов. Особенно остро такая проблема стоит перед предприятиями пищевой промышленности, технологические среды которых – это сложные дисперсные системы с

присутствием эмульсий (например, жиров), коллоидных растворов (например, казеина) и других составляющих. Пленкообразование на поверхности чувствительных элементов датчиков приводит к росту погрешности измерений с течением времени. Применение специальных механизмов с приводом для очистки электродов, как показывает опыт, не решает проблемы метрологической исправности канала измерения pH [2];

- в процессе нейтрализации происходит образование солей металлов, концентрация которых возрастает с приближением раствора к нейтральному. Наличие солей также приводит к увеличению погрешности измерений.

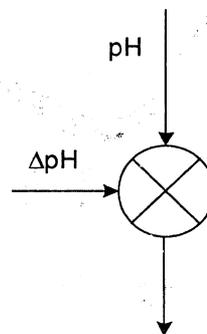


Рис. 1

Указанные факторы снижают метрологическую надежность и точность контроля pH в процессе нейтрализации промышленных стоков вплоть до появления грубых промахов в измерениях. На практике это привело к тому, что работоспособные в автоматическом режиме станции нейтрализации стоков санитарной обработки, например молокоперерабатывающих предприятий, к моменту постановки данной работы либо отсутствовали, либо функционировали в особых режимах, при которых в ущерб технологическому регламенту искусственно обеспечивалось ограниченное содержание пленкообразующих примесей в нейтрализуемых смесях.

Это выдвигает задачу разработки альтернативных методов контроля и управления показателем pH в процессе осуществления нейтрализации и их реализации в автоматических измерительных и управляющих системах. Перспективным в этом отношении может явиться метод, основанный на измерении количества вещества в смешиваемых растворах кислот и щелочей.

Метод, схема которого показана на рис. 2, заключается в том, что организуется отдельный сбор растворов щелочи и кислоты без их смешивания и частичной нейтрализации. Разделение потоков кислоты и щелочи может осуществляться с использованием анализаторов типа раствора АТР [4]. Чувствительные элементы датчиков этих приборов, выполненные из стали марки 12Х18Н10Т, устойчивы к образованию пленок на поверхности, и прибор сохраняет метрологические характеристики при работе в технологических средах перерабатывающих предприятий. Массовая доля щелочи и кислоты в собранных водных растворах определяется кондуктометрическим методом, а их масса – промышленными расходомерами. На основе полученной измерительной информации осуществляется расчет (косвенное измерение) показателей pH смеси или других параметров смешиваемых растворов, необходимых для автоматического управления достижением заданного значения pH.

Целью настоящей работы являлся расчет требований к значениям характеристик погрешности измерительных каналов системы, реализующей описанный метод измерений по-

казателя pH смеси водных растворов сильных кислот и сильных щелочей.

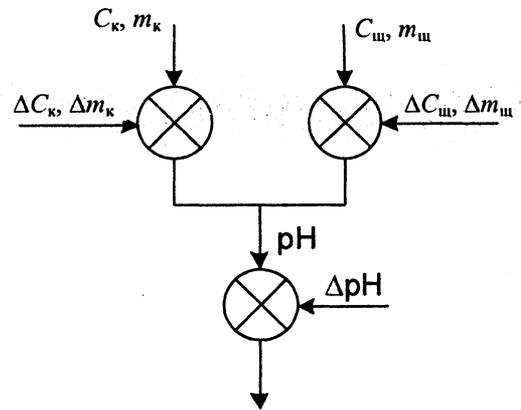


Рис. 2

Рассмотрим общий случай добавления раствора сильной кислоты в нейтрализуемый раствор сильной щелочи с целью обеспечения требуемого значения показателя pH смеси.

Из условий ионного равновесия в смеси растворов кислоты и щелочи [3] можно получить:

$$\text{pH} = f(m_{\text{щ}}, C_{\text{щ}}, m_{\text{к}}, C_{\text{к}}, T) = -\lg \left\{ \rho, 5 \left\{ \left[[\Delta\text{Щ}] \right]^2 + 4K(T) \right\}^{0.5} - [\Delta\text{Щ}] \right\}, \quad (1)$$

где

$$[\Delta\text{Щ}] = 10^{-2} (m_{\text{щ}} M_{\text{щ}}^{-1} C_{\text{щ}} - m_{\text{к}} M_{\text{к}}^{-1} C_{\text{к}}) (m_{\text{щ}} \rho_{\text{щ}}^{-1} + m_{\text{к}} \rho_{\text{к}}^{-1})^{-1}. \quad (2)$$

Здесь $\rho_{\text{щ}}, \rho_{\text{к}}$ – плотности растворов щелочи и кислоты, г/л; $m_{\text{щ}}, m_{\text{к}}$ – массы смешиваемых растворов щелочи и кислоты, г; $M_{\text{щ}}, M_{\text{к}}$ – молярные массы щелочи и кислоты, г; $C_{\text{щ}}, C_{\text{к}}$ – массовые доли (концентрации) щелочи и кислоты, %; $K(T)$ – ионное произведение воды при температуре T .

Используя (1) и (2), можно найти частные приращения $\Delta C_{\text{к}}, \Delta C_{\text{щ}}, \Delta m_{\text{к}}, \Delta m_{\text{щ}}$ величин $C_{\text{к}}, C_{\text{щ}}, m_{\text{к}}, m_{\text{щ}}$, соответствующие приращению ΔpH величины водородного показателя смеси относительно его текущего значения pH:

$$\Delta C_{\text{к}} = F(\text{pH}, \Delta \text{pH}, T) M_{\text{к}} (m_{\text{щ}} m_{\text{к}}^{-1} + 1); \quad (3)$$

$$\Delta C_{\text{щ}} = -F(\text{pH}, \Delta \text{pH}, T) M_{\text{щ}} (m_{\text{к}} m_{\text{щ}}^{-1} + 1); \quad (4)$$

$$\Delta m_{\text{к}} = F(\text{pH}, \Delta \text{pH}, T) M_{\text{к}}^2 M_{\text{щ}}^{-1} \times (C_{\text{щ}} + M_{\text{щ}} M_{\text{к}}^{-1} C_{\text{к}}) C_{\text{к}}^{-2} m_{\text{щ}}; \quad (5)$$

$$\Delta m_{\text{щ}} = -F(\text{pH}, \Delta \text{pH}, T) M_{\text{щ}} \times \\ \times (C_{\text{щ}} + M_{\text{щ}} M_{\text{к}}^{-1} C_{\text{к}}) C_{\text{щ}}^{-2} m_{\text{к}},$$

где

$$F(\text{pH}, \Delta \text{pH}, T) = 0,1K(T)10^{\text{pH}}(10^{\Delta \text{pH}} - 1).$$

Выражения (1) и (2) представляют математическую модель (рис. 2) метода измерений показателя pH смеси растворов кислот и щелочей. Выражения (3)...(6) ограничивают область четырехмерного пространства (обозначим Ω) пределов (сверху) допустимых значений абсолютных погрешностей измерений концентраций и масс растворов $\Delta C_{\text{к}}$, $\Delta C_{\text{щ}}$, $\Delta m_{\text{к}}$, $\Delta m_{\text{щ}}$, соответствующую пределу ΔpH абсолютной погрешности измерений водородного показателя pH. Сечения области Ω с плоскостями $\Delta C_{\text{к}}$, $\Delta C_{\text{щ}} = \text{const}$, $\Delta m_{\text{к}}$, $\Delta m_{\text{щ}} = \text{const}$ определяют области допустимых значений масс и концентраций растворов $m_{\text{к}}$, $m_{\text{щ}}$, $C_{\text{к}}$, $C_{\text{щ}}$, при которых возможна реализация метода измерений pH с пределом абсолютной погрешности ΔpH .

Так как поверхности, задаваемые выражениями (3)...(6), соответствуют частным приращениям концентраций и масс растворов, полученная описанным способом область Ω должна быть численно проверена на наличие участков с экстремальными значениями погрешности измерений pH, превышающими заданный предел ΔpH при метрологическом суммировании (объединении) погрешностей $\Delta \text{pH} = \Delta C_{\text{к}}^* \Delta C_{\text{щ}}^* \Delta m_{\text{к}}^* \Delta m_{\text{щ}}^*$.

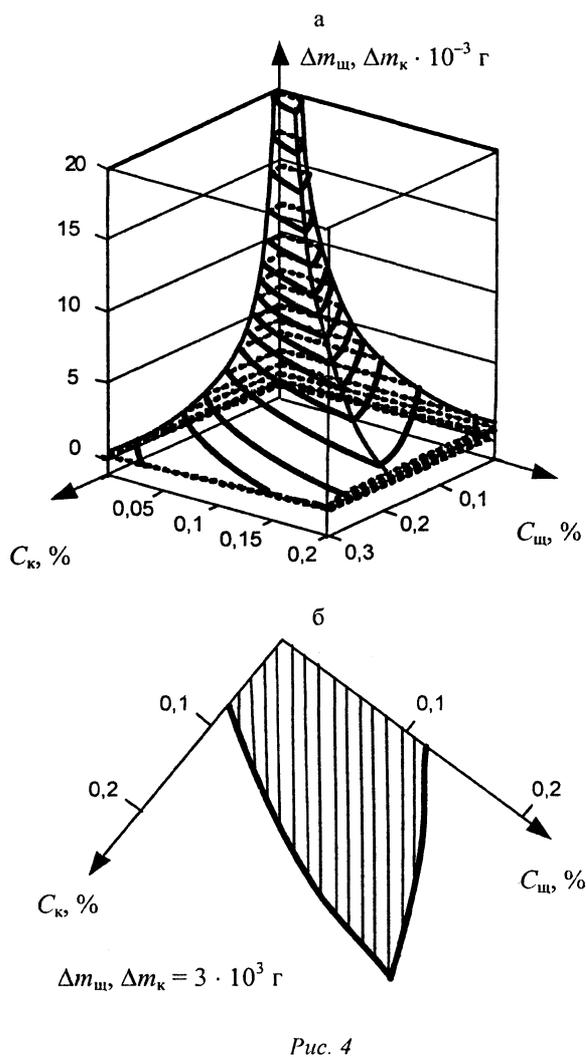
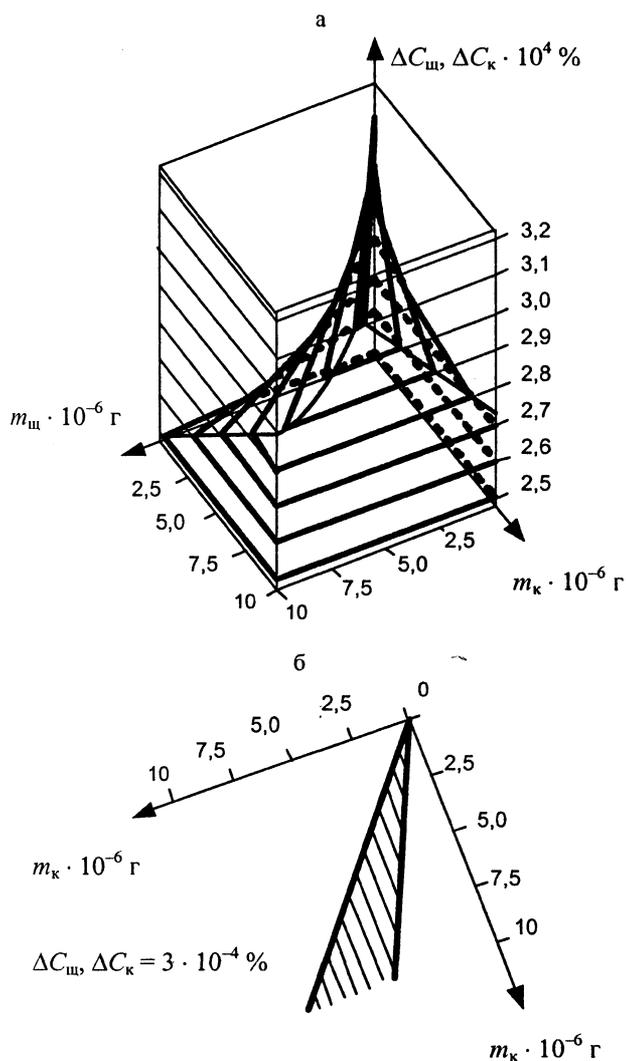
Рассмотрим результаты численного моделирования метода контроля водородного показателя путем решения системы (3)...(6) в одном из практически важных случаев нейтрализации стоков растворов азотной кислоты HNO_3 ($M_{\text{к}} = 63$) и едкого натра NaOH ($M_{\text{щ}} = 40$), используемых при санитарной обработке технологического оборудования, трубопроводов и стеклянной тары предприятиями пищевой промышленности. Рабочие растворы кислоты и щелочи в этих применениях имеют концентрации от 0,8 до 1,5 %, а рабочие объемы растворов достигают от 5 до 15 м³. Исходя из нормативных требований к стокам промышленных предприятий, расчеты произведены для pH = 7,5; $\Delta \text{pH} = 1,5$ и температуры 25 °C.

На рис. 3а графически представлены результаты численного расчета по (3) и (4) допустимых значений погрешностей измерений концентраций $\Delta C_{\text{к}}$ и $\Delta C_{\text{щ}}$ при различных величинах $m_{\text{к}}$, $m_{\text{щ}}$. Значение нормируемой погрешности канала измерения концентраций $C_{\text{к}}$ и $C_{\text{щ}}$ должно соответствовать координате плоскости, перпендикулярной оси $\Delta C_{\text{к}}$, $\Delta C_{\text{щ}}$ и расположенной по погрешности ниже обеих поверхностей $\Delta C_{\text{к}}(m_{\text{к}}, m_{\text{щ}})$ и $\Delta C_{\text{щ}}(m_{\text{к}}, m_{\text{щ}})$ одновременно. Сечение поверхностей указанной плоскостью ограничивает область допустимых значений величин $m_{\text{к}}$, $m_{\text{щ}}$, при которых возможна реализация метода контроля показателя pH с заданной точностью.

Из рис. 3а видно, что увеличение значения нормируемой абсолютной погрешности канала измерений концентрации выше $3 \cdot 10^{-4}$ % приводит к достаточно резкому смыканию области допустимых значений масс $m_{\text{к}}$, $m_{\text{щ}}$ в начало координат вплоть до ее исчезновения. Вместе с тем, снижение нормируемой погрешности измерений концентрации ниже $3 \cdot 10^{-4}$ %, приводящее к расширению области допустимых значений масс смешиваемых растворов, трудно реализовать на практике вследствие влияния случайной составляющей погрешности измерений [4].

Таким образом, в качестве предела допустимого значения абсолютной погрешности измерений концентраций $C_{\text{к}}$ и $C_{\text{щ}}$ следует выбрать значение $3 \cdot 10^{-4}$ %, которому соответствует область допустимых значений $m_{\text{к}}$, $m_{\text{щ}}$ (рис. 3б).

На рис. 4а представлены результаты численного расчета по (5) и (6) допустимых значений погрешностей измерений масс $m_{\text{к}}$, $m_{\text{щ}}$ при различных концентрациях $C_{\text{к}}$ и $C_{\text{щ}}$ (величины $m_{\text{щ}} = 2 \cdot 10^6$ г; $m_{\text{к}} = 2,83 \cdot 10^6$ г выбраны в качестве типичных из области допустимых значений на рис. 3б). Значение нормируемой погрешности канала измерений масс смешиваемых растворов должно соответствовать координате плоскости, перпендикулярной оси $\Delta m_{\text{к}}$, $\Delta m_{\text{щ}}$ и расположенной по погрешности ниже обеих поверхностей $\Delta m_{\text{к}}(C_{\text{к}}, C_{\text{щ}})$ и $\Delta m_{\text{щ}}(C_{\text{к}}, C_{\text{щ}})$ одновременно. Сечение поверхностей указанной плоскостью ограничивает область допустимых значений величин $C_{\text{к}}$, $C_{\text{щ}}$, при которых возможна реализация метода контроля показателя pH с заданной точностью.



Из рис. 4а следует, что увеличение значения нормируемой абсолютной погрешности канала измерений масс смешиваемых растворов выше $3 \cdot 10^3 \text{ г}$ приводит к резкому сужению области допустимых значений $C_{\text{к}}, C_{\text{ш}}$ к началу координат. Вместе с тем, снижение нормируемой погрешности измерений масс ниже $3 \cdot 10^3 \text{ г}$, приводящее к расширению области допустимых значений концентраций смешиваемых растворов, трудно реализовать на практике вследствие влияния случайной составляющей погрешности измерений [4]. Таким образом, в качестве предела допустимых значений абсолютной погрешности измерений масс смешиваемых растворов следует выбрать значение $3 \cdot 10^3 \text{ г}$, которому соответствует область допустимых значений $C_{\text{к}}, C_{\text{ш}}$ (рис. 2б).

Численный расчет, согласно (1), (2), изменения величины рН относительно ее номинального значения, равного 7,5 при 25 °С, при суммировании погрешностей $\Delta \text{pH} = \Delta C_{\text{к}}^* \Delta C_{\text{ш}}^* \Delta m_{\text{к}}^* \Delta m_{\text{ш}}^*$ показывает, что ΔpH не превышает регламентированного значения 1,5.

ВЫВОДЫ

1. Предложена модель метода контроля показателя рН смеси растворов кислот и щелочей, основанная на измерении количества вещества в смешиваемых растворах и позволяющая производить расчет требуемых метрологических характеристик измерительных каналов.
2. Произведен расчет допустимых значений концентраций и масс смешиваемых растворов, а также пределов допустимых значений погрешностей их измерений.

3. Показано, что предложенный метод контроля показателя рН применим для автоматизации технологических процессов нейтрализации загрязненных мелкодисперсными включениями кислот и щелочей в условиях промышленных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Брусиловский Л. П., Вайнберг А. Я.** Приборы технологического контроля в молочной промышленности:

Справ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. – 288 с.

2. **Кантере В. М., Казаков А. В., Кулаков М. В.** Потенциометрические и титрометрические приборы. – М.: Машиностроение, 1970. – 304 с.

3. **Киреев В. А.** Краткий курс физической химии. – М.: Химия, 1969. – 639 с.

4. **Определение** типа и концентрации растворов электролитов на основе анализа потенциодинамических кривых / Р. И. Воробей, О. К. Гусев, В. П. Киреенко и др. // Вестник БНТУ. – 2003. – № 2. – С. 48–53.

УДК 681.324.067

КЛАССИФИКАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ПО ПРИЗНАКУ ОТКРЫТОСТИ В РАМКАХ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРАВОВЫХ ДОКУМЕНТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Канд. техн. наук КРОТЮК Ю. М., асп. ТРЕТЬЯКОВИЧ К. В., юрист МАКУТИНА И. В.

*НП РУП «Научно-исследовательский институт технической защиты информации»,
Белорусский национальный технический университет*

Анализ классификационных аспектов описания информационных ресурсов по критериям информационной безопасности нашел отражение в [1...3]. Предлагались возможные классификации информационных ресурсов, в основе которых рассматривались существенные, с точки зрения обеспечения безопасности, признаки информации: содержание, источники, форма собственности на информационный ресурс, назначение, степень открытости и объем информационных ресурсов. В основе классификации информационных ресурсов по критерию открытости, исходя из анализа правовых документов Республики Беларусь, лежит признак содержания информационных ресурсов. В [2] описаны пять способов классификации информации с точки зрения ее содержания, обозначенные как тематический, объектный, предметный, локальный и традиционный.

На основе проведенного в [2] анализа делается вывод о том, что задаче классификации информационных ресурсов по критериям информационной безопасности в наибольшей

степени соответствуют тематический и объектный способы описания. При этом их практическое применение также связано с рядом трудностей и противоречий [1].

Настоящая работа посвящена анализу классификационных аспектов описания информационных ресурсов по критерию открытости в рамках существующих правовых документов Республики Беларусь. При этом открытость рассматривается как инверсное отображение конфиденциальности.

Термины и определения, согласно [4]:

- информация – сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах;
- документированная информация (документ) – зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими ее идентифицировать;
- информационный ресурс – организованная совокупность документированной информации, включающая базы данных и знаний, другие массивы информации в информационных системах;