

В. П. Квасников, д.т.н., А. В. Рудык, к.т.н.

УЧЁТ РАБОЧИХ УСЛОВИЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЯ

Проанализированы основные величины, которыми характеризуются рабочие условия измерения параметров движения объектов, и найдены их номинальные значения. Предложена математическая модель влияния рабочих условий (среды) на коэффициент чувствительности средства измерения. Проанализированы отклонения коэффициента чувствительности средства измерения от номинального значения в зависимости от группы факторов и количества членов разложения функции в ряд Тейлора.

Ключевые слова: рабочие условия измерения, средство измерения, коэффициент чувствительности.

V. P. Kvasnikov, DSc, A. V. Rudyk, PhD

ACCOUNTING WORKING CONDITIONS MEASUREMENTS OF OBJECTS MOTION IN MATHEMATICAL MODEL OF THE MEASUREMENTS RESULTS

We analyzed the main values that characterize the working conditions of measuring parameters of objects motion and found their nominal value. Propose a mathematical model of the effect of operating conditions (environment) on the sensitivity coefficient measuring instruments. Analyzed deviation coefficient measuring instruments sensitivity of the nominal value depending on the group of factors and the number of terms in the expansion function in a Taylor series.

Keywords: performance measurement conditions, measurement means, sensitivity factor.

УДК 616-073.27

Л. В. Коломієць, д.т.н., М. І. Сичов, к.х.н., К. Ф. Боряк, д.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ ФАНТОМІВ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ МАГНІТНО-РЕЗОНАНСНИХ ТОМОГРАФІВ

У статті представлений спосіб приготування розчину хлориду натрію, який придатний для застосування при калібруванні магнітно-резонансних томографів, або складових речовин, які застосовують в апаратах гемодіалізу для очищення крові у хворих на нирки.

Ключові слова: Фантом, магнітно-резонансний томограф, калібрування, очищення крові, нирки.

Вступ

Для гемодіалізу використовують діалізуючий розчин, який готують шляхом змішування діалізних концентратів і води. Обсяг діалізуючого розчину, що контактує з кров'ю хворого через напівпроникну мембрану з обмінною площею 1,5 м² не менше 12 годин на тиждень, приблизно в 100 – 150 разів більше кількості води, яку людина випиває за цей час в звичайних умовах.

Виходячи з цього, якість застосовуваної води найрішучішим чином позначається на самопочутті хворого, як безпосередньо при проведенні гемодіалізу, так і в міждіалізний період. У світовій практиці для гемодіалізу використовується вода, методу очищення, званого «зворотний осмос», нерозривно пов'язаного з таким явищем, як «процес осмосу і дифузії на напівпроникненій мембрані».

У МРТ використовують МР-фантом, який є штучним об'єктом, для перевірки роботи МРТ. Багато матеріалів в МР-фантамах використовуються в якості речовин, що підтримують сигнал. Деякими з них є водні парамагнітні розчини: чисті желатинові гелі, агар, полівініловий спирт, силікон, агароза або поліакриламід; гелі з органічними добавками, гелі з парамагнітним добавками і зворотні розчини міцелі.

У МР-фантомі вода найчастіше використовується в якості підтримуючої сигнал речовини. Часто буває необхідно налаштовувати часи спінограду і спінової релаксації водних розчинів, так щоб можна було отримувати зображення за відповідні періоди часу. Парамагнітні іони металів зазвичай використовуються для настройки часів релаксації ядер водню у воді.

Мета статті – розробка нового способу

отримання рідини для виготовлення фантомів.

Постановка задачі досліджень

З існуючого рівня техніки, яка відноситься до розглянутої галузі, найбільш близьким до розробленого способу є спосіб приготування розчину хлориду натрію, який передбачає отримання водного розчину з вихідної сировини, для чого розчиняють 1 кг кристалічного хлориду натрію в 3 л води і після відстоювання розчин декантують і здійснюють очищення отриманого розчину послідовно його від іонів SO_4^{2-} підкислюючи його соляною кислотою до слабкої реакції на бромтимоловий синій та після його нагрівання додають розчин, який містить 50 г $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в 200 см^3 води. Отриману суміш нагрівають і, після відстоювання, фільтрують та здійснюють процедуру випадання в осад 3-d металів, для чого в гарячій фільтрат вводять розчин $0,75 \text{ г NaOH}$ у 5 см^3 води та для випадання в осад іонів Mg^{2+} та Ca^{2+} , розчин $20 \text{ г Na}_2\text{CO}_3$ в 100 см^3 води і кип'ячать його 30 хв., фільтрують, фільтрат нейтралізують по лакмусу соляною кислотою, а потім отриманий розчин фільтрують та використовують безпосередньо за потребою або випаровують і отримують кристалічну форму хлориду натрію, який має чистоту кваліфікації «ч» або «ч.д.а.», що забезпечує вміст домішок неорганічних речовин не більше 2% від загальної маси [1].

Спосіб приготування фантому

Розроблений спосіб збігається з відомим способом одержання розчину хлориду натрію по наступній сукупності суттєвих ознак, а саме: включає очищення від 3-d металів додаванням розчину NaOH та наступне випадання в осад Mg^{2+} та Ca^{2+} введенням розчину Na_2CO_3 та подальше фільтрування розчину.

Однак відомий спосіб одержання розчину хлориду натрію не забезпечує високого ступеню очищення розчину (хлорид натрію має чистоту «ч» або «ч.д.а.»), та високу тривалість у часі процесу фільтрування цільового продукту, що обумовлено застосуванням хлориду барію та наявності іонів магнію, як домішки в хлориді і натрій, які утворюють осад гідроксиду магнію від додавання розчину NaOH і який потребує тривалого у часі процесу фільтрування.

Заслуга авторів статті полягає в удосконаленні відомого способу одержання розчину хлориду натрію, шляхом зміни складу речовин, які використовуються для очищення, що забезпечить значне (на 10^5) підвищення ступеню чистоти цільового продукту, та зменшення терміну часу процесу фільтрування розчину цільового продукту [2].

Поставлене завдання вирішується в способі одержання розчину хлориду натрію, який вклю-

чає: очищення від 3-d металів додаванням в нього розчину поліядерних гідроксокомплексів магнію, утворених лугом натрію в хлориді магнію концентрації $4 - 4,75 \text{ моль/дм}^3$, наступне випадання в осад Mg^{2+} і Ca^{2+} шляхом введення розчину Na_2CO_3 та подальше фільтрування розчину тим, що згідно з предметом корисної моделі, очищення розчину від 3-d металів здійснюють гідроксидом магнію, що утворюється при додаванні в нього хлориду натрію поліядерних гідроксокомплексів магнію.

Зазначена сукупність суттєвих ознак забезпечує спосіб, який заявляється, технічний результат, який полягає в отриманні цільового продукту (розчин хлориду натрію) із високим ступенем чистоти по відношенню до вмісту 3-d металів (Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) та забезпечує їх мінімізацію у цільовому продукті на рівні не більш $(1 - 4) \cdot 10^{-7} \%$, що значно перевищує чистоту хімічних речовин, які мають маркування «ч», «ч.д.а.» та «ос.ч» і містять неорганічні домішки більше ніж $3 \cdot 10^{-5} \%$.

Додатковий технічний результат, який полягає в підвищенні швидкості фільтрації розчину хлориду натрію досягається тим, що гідроксид магнію утворюється в ньому при розбавленні розчину поліядерних гідроксокомплексів магнію, який готується з розчинів MgCl_2 складу $4 - 4,5 \text{ г/дм}^3$ хлориду магнію та $0,18 - 0,21 \text{ г/дм}^3$ гідроксиду натрію.

Запропонований спосіб приготування розчину хлориду натрію здійснюють наступним чином. Для приготування розчину хлориду натрію із більш високим ступенем чистоти використовують хлорид натрію із низьким ступенем чистоти, наприклад, «чистий для аналізу», що містить 3-d метали (Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}) та сульфат – іон в кількості $(1 - 7) \cdot 10^{-3} \text{ мас. } \%$, для чого сировинний NaCl розчиняють в 2 дм^3 води (концентрація складає 310 г/дм^3), та додають в нього при інтенсивному перемішуванні 20 см^3 розчину, що містить хлорид магнію з концентрацією $4 - 4,5 \text{ г/дм}^3$ та гідроксид натрію з концентрацією $0,2 \text{ г/дм}^3$, а очищення розчину хлориду натрію від 3-d металів здійснюють гідроксидом магнію, що утворюється від розбавлення концентрованого розчину поліядерних гідроксокомплексів магнію (лужно-конденсованих іонів магнію) в хлориді натрію.

Отриманий об'єм відстоюють протягом 20 – 30 хвилин та повільно, при перемішуванні, додають розчин карбонату натрію (Na_2CO_3) з концентрацією $0,18 - 0,2 \text{ г/дм}^3$ до слабо-лувної реакції (по фенолфталеїну). Після закінчення введення розчину карбонату натрію, отриманий об'єм фільтрують та отримують цільовий про-

дукт (розчин хлориду натрію) у фільтраті. Швидкість фільтрації (коефіцієнт фільтрації) складає $K_f=2,2 \cdot 10^{-4}$ м/ч; при звичайному лужному осадженні гідроксиду магнію $K_f=2,2 \cdot 10^{-9}$ м/ч.

Вміст іонів кальцію, магнію, сульфат-іону та 3-d металів у отриманому по запропонованому способу розчині наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Вміст примісних іонів у сировинному та очищеному розчині хлориду натрію

Вид примісного елемента	Вміст примісного елемента в розчині хлориду натрію, % мас.		Ступінь очистки
Ni ²⁺	$3 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^4$
Co ²⁺	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Fe ²⁺	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Fe ³⁺	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Mn ²⁺	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Cr ³⁺	$4 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^4$
Cu ²⁺	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^4$
Zn ²⁺	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^4$
Ca ²⁺	$5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^3$
Mg ²⁺	$7 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^3$
SO ₄ ²⁻	$6 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^3$

Висновки

В ході виконання досліджень розроблений новий спосіб приготування розчину хлориду натрію, що відноситься до хімічної галузі і призначений для отримання розчину хлориду натрію із мінімізацією сторонніх сумішей неорганічних домішок (не більше $3 \cdot 10^{-5}$ % від загальної маси), який придатний в медичній галузі для приготування рідини (фантомів), що застосовуються при калібруванні магнітно-резонансних томографів, або складових речовин, які застосовують в апаратах гемодіалізу для очищення крові у хворих на нирки.

Список використаних джерел

1. Карякин Ю. В., Ангелов И. И. Чистые химические вещества. – М.: Издательство «Химия», 1974. – 285 с.
2. Спосіб одержання розчину хлориду натрію / Заявник – ОДАТРА, Сичов М. І., Коломієць Л. В., Боряк К. Ф. – Заявка на винахід № 201608182 від 25.07.2016, С01D 3/04.

Надійшла до редакції: 17.11.2016

Рецензент: д.т.н., доцент Шкуліпа П. А., Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса.

Л. В. Коломієць, д.т.н., М. І. Сичов, к.х.н., К. Ф. Боряк, д.т.н.

СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФАНТОМА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНЫХ ТОМОГРАФОВ

В статье представлен способ приготовления раствора хлорида натрия, который пригоден для применения при калибровке магнитно-резонансных томографов, или составляющих веществ, применяемых в аппаратах гемодиализа для очистки крови у больных почками.

Ключевые слова: фантом, магнитно-резонансный томограф, калибровка, очистка крови, почки.

L. Kolomiets, DSc, M. Sychev, PhD, K. Boriak, DSc

METHOD OF PREPARATION PHANTOM FOR CALIBRATION OF MAGNETIC RESONANCE EQUIPMENT

The article presents the method of preparing a solution of sodium chloride, which is suitable for use in the calibration of magnetic resonance equipment, components or materials that are used in devices hemodialysis for blood purification of patients with kidney.

Keywords: phantom, magnetic resonance imaging, calibration, cleaning the blood, kidneys.