

ISBN 978-5-89873-604-0



9 785898 736040

Материалы конференции

Национальная (с международным участием) научно-практическая конференция
«Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы»

СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Национальная (с международным участием)
научно-практическая конференция
(Казань, 19–20 мая 2022 г.)

м а т е р и а л ы к о н ф е р е н ц и и



КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

**СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

Национальная (с международным участием)
научно-практическая конференция

(Казань, 19–20 мая 2022 г.)

Электронный сборник статей по материалам конференции

Казань
2022

УДК 378:001.891
ББК 74.489.027.8
С56

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Системотехники» ФГБОУ ВО «КНИТУ»,
доктор технических наук, профессор Т.В. Лаптева;
проректор по цифровой трансформации Университета управления «ТИСБИ»,
заведующий кафедрой ИТ,
кандидат педагогических наук, доцент О.В. Федорова

Редакционная коллегия:

Э.Ю. Абдуллазянов гл. редактор); И.Г. Ахметова (зам. гл. редактора);
О.В. Рябова

С56 Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы. Матер. национальной (с международным участием) науч.-практ. конф. (Казань, 19–20 мая 2022 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2022. – 394 с.

ISBN 978-5-89873-604-0

В электронном сборнике представлены статьи по материалам национальной (с международным участием) научно-практической конференции «Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы», в которых проблематика применения современных цифровых технологий рассматривается с позиции сегментации областей применения: энергетики, транспорта, экономики, образования, гуманитарной сферы.

Предназначены для преподавателей, студентов, магистрантов, аспирантов и только начинающим свой путь в науке.

Статьи публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание статей возлагается на второв.

УДК 378:001.891
ББК 74.489.027.8

ISBN 978-5-89873-604-0

© КГЭУ, 2022

системы кондиционирования воздуха, с целью улучшения эксплуатационных характеристик газотурбинных двигателей.

Источники

1. Осипов Б.М., Титов А.В. Автоматизированная система газодинамических расчетов энергетических турбомашин: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. Ун-т, 2012. 277 с.
2. ОАО «КМПО» Каталог продукции. Газотурбинный двигатель НК-16-18СТ.
3. Оганесян Л.С., Хачатрян Р.Г. Влияние природно-климатических условий на работу газотурбинных установок армянской энергосистемы // Вестник НПУА. Электротехника, Энергетика. 2015. С. 49-61.
4. Марьин Г.Е., Осипов Б.М., Ахметшин А.Р. Исследование применения водорода в качестве топлива для улучшения энергетических и экологических показателей работы газотурбинных установок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 84-92.
5. Абдуллазянов Э.Ю., Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4-10 кВ // Вестник ИрГТУ. №6. 2011. С. 113-118.
6. Абдуллазянов Э.Ю., Зарипова С.Н., Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Улучшение показателей качества электроэнергии в распределительных сетях напряжением 0,4-10 кВ. Энергетика Татарстана. №1. 2012. С. 3-7.

УДК 66.011:004

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Римма Солтановна Зарипова¹, Евгений Павлович Алемасов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹zarim@rambler.ru

Аннотация: статья посвящена математическому моделированию и компьютерной реализации процесса измерения переменной концентрации ионов металлов в водной среде.

Ключевые слова: математическое моделирование, компьютерная реализация, эксперимент, программная среда MatLAB, математическая модель, анализ результатов.

MATHEMATICAL MODELLING AND COMPUTER IMPLEMENTATION OF THE PROCESS OF MEASURING THE CONCENTRATION OF METAL IONS IN AQUEOUS MEDIUM

Rimma Soltanovna Zaripova¹, Evgeny Pavlovich Alemasov²

^{1,2}KSPEU, Kazan

¹zarim@rambler.ru

Abstract: this article is devoted to mathematical modelling and computer realization of the process of measurement of variable concentration of metal ions in an aqueous medium.

Key words: mathematical modeling, computer realization, experiment, MatLAB software environment, mathematical model, analysis of results.

Работа мембранного датчика, измеряющего концентрацию ионов металлов в водных средах, описывается математическим уравнением эквивалентной ему схемы RC-цепочки [1]:

$$\frac{dE}{dt} + \frac{1}{\tau} E = \frac{1}{\tau} E_{ycm}(t) \text{ при } E(0) = 0, \quad (1)$$

где $E(t)$ – текущая разность потенциалов датчика, $E_{ycm}(t)$ – установившаяся разность потенциалов датчика, которая определяется концентрацией ионов в растворе, τ – постоянная времени датчика [2, 3].

Решение уравнения (1) будет выглядеть следующим образом:

$$E(t) = e^{-\frac{t}{\tau}} \int_0^t \frac{1}{\tau} E_{ycm}(t') e^{\frac{t'}{\tau}} dt'. \quad (2)$$

Данный способ измерения переменной концентрации ионов металлов в жидкости базируется на быстродействующем методе. Измерение мембранной разности потенциалов проводится в моменты времени t_1 и $t_2 = t_1 + \Delta t$:

$$E(t_1) = e^{-\frac{t_1}{\tau}} \int_0^{t_1} \frac{1}{\tau} E_{ycm}(t') e^{\frac{t'}{\tau}} dt', \quad (3)$$

$$E(t_2) = e^{-\frac{t_2}{\tau}} \int_0^{t_2} \frac{1}{\tau} E_{ycm}(t') e^{\frac{t'}{\tau}} dt' \text{ при } \frac{\Delta t}{\tau} \ll 1. \quad (4)$$

Вычислим $\Delta E = E(t_2) - E(t_1)$:

$$\Delta E = (e^{-\frac{t_2}{\tau}} - e^{-\frac{t_1}{\tau}}) \int_0^{t_1} \frac{dt'}{\tau} E_{ycm}(t') e^{\frac{t'}{\tau}} + e^{-\frac{t_2}{\tau}} \int_{t_1}^{t_2} \frac{dt'}{\tau} E_{ycm}(t') e^{\frac{t'}{\tau}}. \quad (5)$$

Подставляя в (5) справедливо разложение

$$(e^{-\frac{t_2}{\tau}} - e^{-\frac{t_1}{\tau}}) = e^{-\frac{t_1}{\tau}} (e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} - 1) \cong e^{-\frac{t_1}{\tau}} (1 - \frac{\Delta t}{\tau} - 1) = -e^{-\frac{t_1}{\tau}} \frac{\Delta t}{\tau}, \quad (6)$$

$$e^{-\frac{t_2 - t'}{\tau}} \cong 1. \quad (7)$$

Нетрудно получить, что

$$\Delta E \approx -\frac{\Delta t}{\tau} E(t_1) + \frac{1}{\tau} \int_{t_1}^{t_2} dt' E_{ycm}(t') \quad (8)$$

или

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} + \frac{E(t_1)}{t} = \frac{\bar{E}_{ycm}(t_1)}{\tau}, \quad (9)$$

где $\bar{E}_{ycm}(t_1) = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} dt' E_{ycm}(t')$ – среднее значение установившейся разности потенциалов во временном интервале Δt . $E_{ycm}(t)$ определяется скоростью потока и диффузией [4, 5].

Моделирование процесса произведем функциями $E_{ycm}(t)$ на основе выражений (2) и (9). Допустим, что в качестве закона изменения $E_{ycm}(t)$ возьмем простое условие: водный раствор течет по трубе, поток ламинарный и датчик находится у стенки трубы.

Для моделирования будем использовать математический пакет MatLAB. Для решения систем дифференциальных уравнений в MatLAB используется функция $[T, Y] = \text{solver}(@F, tspan, y0)$, где вместо *solver* подставляем интегрирующую систему дифференциальных уравнений вида $y' = F(t, y)$ на интервале *tspan* с начальными условиями *y0*. *@F* – дескриптор ode-функции. Каждая строка в массиве решений *Y* соответствует значению времени, возвращаемому в векторе-столбце *T*. Перед решением нужно записать уравнение в виде ode-функции и сохранить его в m-file. Для первого случая он будет иметь вид:

```

function dEdt = f(t,E);
dEdt = zeros(1,1);
T = 291.5;
z = 1;
F = 96485;
R = 8.314;
E0 = 0.005;
x = 50;
C1 = 0.2;
C2 = 2;
D = 1.24*10^(-5);
Cin = 0.1;
Cex = (C2-C1)*erfc(x/2*sqrt(D*t))+C1;
E1 = E0 + (R*T)/(z*F)*log(Cex/Cin);
dEdt(1) = (E1-E(1))/5.4;

```

где T – температура раствора, K ; z – заряд ионов; F и R – соответственно постоянная Фарадея и газовая константа; $E0$ – собственное напряжение на электроде; D – коэффициент диффузии для раствора при температуре T и концентрации $C2$; x – расстояние от датчика до плоскости, где происходит диффузия. В командном окне введем $[T, E] = \text{ode45}(@f, [0:0.001:60], [0])$.

Таким образом, было определено, что на концентрацию влияют два основных параметра – диффузия и скорость потока. Были проанализированы и смоделированы эффективные режимы работы мембранного датчика для измерения переменной концентрации ионов металлов в водной среде.

Источники

1. Беляева Л.Р., Зарипова Р.С., Петрушенко Ю.Я., Попов Е.А. Мониторинг переменной ионной концентрации в водной среде с помощью информационно-измерительной системы на основе мембранного датчика / Известия вузов. Проблемы энергетики. 2011. №1-2. С. 119-126.
2. Залялова Г.Р., Зарипова Р.С. Автоматизированная система измерения концентраций ионов щелочных и щелочноземельных металлов в водных средах / Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: Материалы IV российской молодежной научной школы-конференции. Томск, 2016. С.206-207.
3. Зарипова Р.С., Белавин В.А. Исследование метрологических характеристик мембранного датчика для измерения концентрации ионов щелочных и щелочноземельных металлов в водных средах / Известия вузов.

Проблемы энергетики. 2006. №3-4. С. 93-98.

4. Иштыряков Н.А., Зарипова Р.С. Метод измерения переменной концентрации ионов с помощью ионоселективных электродов / Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: Материалы IV российской молодежной научной школы-конференции. Томск, 2016. С.98-99.

5. Зарипова Р.С., Иштыряков Н.А. Определение качества технической воды / Нефтегазовый комплекс: проблемы и инновации: Тезисы II научно-практической конференции с международным участием. Самарский государственный технический университет. 2017. С. 43.

УДК 66.011:004

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЖИДКОСТЯХ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Римма Солтановна Зарипова¹, Ранис Фанисович Мустафин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹zarim@rambler.ru

Аннотация: статья посвящена компьютерному моделированию процесса измерения концентрации ионов щелочных металлов в жидкостях на основе результатов экспериментов.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, эксперимент, программная среда MatLAB, математическая модель, анализ результатов.

COMPUTER MODELLING OF THE PROCESS OF MEASURING THE CONCENTRATION OF ALKALI METAL IONS IN LIQUIDS BASED ON EXPERIMENTAL RESULTS

Rimma Soltanovna Zaripova¹, Ranis Fanisovich Mustafin²

^{1,2}KSPEU, Kazan

¹zarim@rambler.ru

Abstract: this paper is devoted to computer simulation of the process of measuring the concentration of alkali metal ions in liquids on the basis of the experimental results.

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

Национальная (с международным участием)
научно-практическая конференция

(Казань, 19–20 мая 2022 г.)

Электронный сборник статей по материалам конференции

*Под общей редакцией ректора КГЭУ
Э.Ю. Абдуллазянова*

Авторская редакция

Корректор О. В. Рябова / С. Н. Валеева
Компьютерная верстка О. В. Рябовой
Дизайн обложки Ю. Ф. Мухаметшиной

420066, Казань, Красносельская, д. 51