

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2023)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/SMUR2431>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/YUOH8649>

***А. П. Смирнов,¹ Е. С. Риттер,² А. А. Савостин,³
Д. В. Риттер,⁴ С. С. Молдахметов⁵**

^{1,2,3,4,5}Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева,

Республика Казахстан, г. Петропавловск

*e-mail: esritter@ku.edu.kz

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОЙ СРЕДЕ И УЛУЧШЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЯ

В данной статье рассмотрен потенциометрический измеритель уровня электропроводной жидкости. Рассмотрен принцип действия, определены сильные и слабые стороны потенциометрического метода измерения уровня. Для анализа погрешности измерения измерителя разработана модель работы потенциометрического датчика в среде электропроводной жидкости с использованием численного моделирования методом конечных элементов (МКЭ) в декартовых координатах. Показано, что погрешность измерения уровня в потенциометрическом уровнемере имеет недопустимую величину и зависит от уровня жидкости и от расположения измерителя уровня.

Для устранения недостатков конструкции предложены конструктивные улучшения в виде дополнительных заземленных стержней, которые уменьшили зависимость от расстояния до вертикальной стенки и шунтирования зонда электропроводной жидкостью, и изоляционной пластины, которая уменьшила зависимость от расстояния от зонда до дна резервуара. Данные улучшения позволили избавиться от факторов, вносящих погрешность в результат измерения, и в результате повысили точность измерения уровня жидкости.

На основе разработанного метода моделирования электрического поля в электролите в декартовых координатах проведено сравнительное моделирование до улучшения и после улучшения конструкции. Сравнительное моделирование показало, что точность

измерения значительно улучшилась. Результаты сравнительного моделирования приведены на графиках.

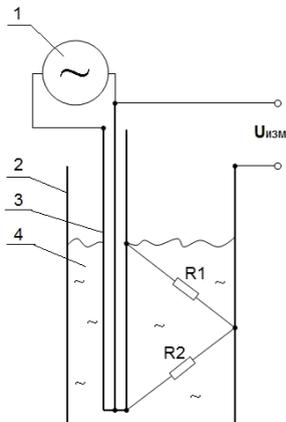
Ключевые слова: потенциометрический метод, измеритель уровня, уровнемер, численные методы моделирования, метод конечных элементов, погрешность измерения

Введение

Хранение жидкостей в резервуарах является важной частью различных отраслей промышленности [1, 2, 3], включая химическую промышленность, нефтяную промышленность, промышленность удобрений, автомобильную промышленность, системах мониторинга и обеспечения безопасности [4]. Идеальная система измерения уровня должна быть способна работать со всеми видами жидкостей и одновременно обладать стабильностью, высоким разрешением и низкой стоимостью.

Потенциометрический метод измерения уровня жидкости известен давно [5, 6]. Он имеет хорошие технические характеристики, но не лишен недостатков из-за особенностей конструкции, поэтому улучшение конструкции измерителя имеет большое значение.

Погружной зонд уровнемера имеет форму трубы с низким электрическим сопротивлением, и его концы питаются от генератора переменного тока с частотой несколько килогерц. Между этой трубой и стенкой резервуара находится проводящая жидкость, которая можно рассматривать как бесконечное количество сопротивлений. Поскольку все эти сопротивления соединены с одной и той же электропроводной стенкой резервуара, их можно представить как два эквивалентных сопротивления, обозначенных как R1 и R2. Они подключены с одной стороны к стенке резервуара и общему проводу, а с другой стороны – к поверхности зонда (рисунок 1).



1 – Генератор переменного тока

2 – Электропроводящий резервуар с жидкостью

3 – Зонд измерителя уровня

4 – Измеряемая жидкость

$U_{изм}$ – выходное напряжение для измерения

Рисунок 1 – Принцип работы потенциметрического метода измерения

Генератор создает переменный ток большой амплитуды, что приводит к появлению напряжения на поверхности зонда. Сопротивления R_1 и R_2 формируют делитель напряжения на зонде, погруженном в жидкость. Между генератором и стенкой резервуара установлен усилитель с высоким входным сопротивлением.

Измеренное напряжение $U_{изм}$ в нижней части зонда, относительно нулевого потенциала стенки резервуара, изменяется пропорционально уровню жидкости в резервуаре.

Измеренное напряжение $U_{изм}$ в нижнем конце сенсора относительно стенки резервуара будет пропорционально уровню жидкости в резервуаре относительно нулевого потенциала стенки резервуара:

$$U_{изм} = U_{ГЕН} \frac{L_m}{L_s} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

1

где L_m – измеряемый уровень жидкости;

L_s – длина сенсора уровнемера.

Если рассмотреть различные конфигурации монтирования измерителя уровня, то можно заметить, что небольшое расстояние до дна емкости или до стенки емкости увеличивает токи, текущие в стенки резервуара. При уменьшении расстояния до стенки емкости на результат измерения начинает оказывать влияние шунтирующее действие электропроводности жидкости. Сопротивления резисторов R1 и R2 различаются распределением электрических токов сверху и снизу сенсора, то есть являются функцией граничных условий в верхней части и в нижней части сенсора. Изменение условий измерения уровня приводит к изменению сопротивлений R1 и R2, что, в свою очередь, сказывается на увеличении погрешности при измерении уровня.

Приведенные факторы, влияющие на результат измерения, требуют изменения конструкции измерителя уровня для уменьшения их влияния.

Материалы и методы

Для решения математической модели на микроуровне используются численные методы, которые основаны на дискретизации непрерывных переменных. Это означает, что при дискретизации непрерывные области изменения значений заменяются множествами значений в узловых точках, рассматриваемых как узлы некоторой сетки. Поэтому методы решения уравнений в частных производных также называют сеточными методами. Самым распространенным методом моделирования является метод конечных элементов (МКЭ) [7, 8, 9].

В данном контексте мы будем проводить моделирование электрического поля в электролите в статическом режиме, то есть в установившемся по времени состоянии [10].

В моделировании электрического поля в электролите необходимо выполнить:

- создание модели конечного элемента;
- построение конечно-элементной сетки;
- расчёт потенциала в каждой точке объёма в электролите;
- и из этого построить картину потенциалов и токов.

Создадим модель конечного элемента. Разобьём тело электролита на равные кубики в декартовых координатах с размером грани, равному радиусу сенсора $R=5$ мм.

Схема передачи потенциалов между конечными элементами внутри электролита показана на рисунке 2. Передачи потенциалов происходит через контактирующие грани соседних конечных элементов, что показано стрелками.

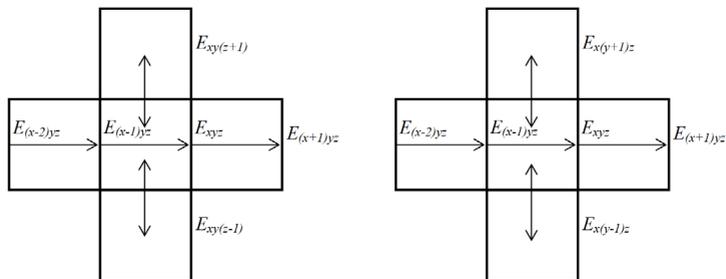


Рисунок 2 – Схема передачи потенциалов между конечными элементами внутри электролита в вертикальной и горизонтальной плоскостях

Под воздействием электрического поля внутри электролита происходит течение электрических токов, направленных из областей с более высоким потенциалом в области с более низким потенциалом и перпендикулярно линиям равного потенциала. Этот процесс создает распределение потенциалов электрического поля внутри электролита.

Можно сформулировать уравнение для электрических токов в электролите, используя закон Кирхгофа, в конкретном конечном элементе с координатами x , y , z .

$$y_L \left(E_{xy(z+1)} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{x(y-1)z} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{(x+1)yz} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{xy(z-1)} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{x(y+1)z} - E_{xyz} \right) + y_L \left(E_{x(y-1)z} - E_{xyz} \right) = 0 \quad \text{②}$$

где y_L – удельная электропроводность электролита.

Отсюда потенциал точки крайней грани конечного элемента x , y , z будет вычисляться как среднеарифметическое потенциалов из конечных элементов, контактирующих с конечным элементом x , y , z :

$$E_{xyz} = \frac{E_{xy(z+1)} + E_{x(y-1)z} + E_{(x+1)yz} + E_{xy(z-1)} + E_{x(y+1)z} + E_{x(y-1)z}}{6} \quad (3)$$

Построение конечно-элементной сетки.

Моделирование электрического поля в электролите в декартовых координатах трудоёмкое потому, что необходимо выполнить расчёт потенциалов всего множества конечных элементов. Модель электролита в декартовых координатах будет иметь вид параллелепипеда размером x , y , z . Для высокой точности вычислений необходимо принять большие числа x , y и z . Для ограничения количества конечных элементов построим модель бесконечного пространства конечных элементов в гранях параллелепипеда линейной экстраполяцией в виде:

$$E_{X\infty} = E_{X\infty-1} - (E_{X\infty-2} - E_{X\infty-1}) = 2E_{X\infty-1} - E_{X\infty-2} \quad (4)$$

$$E_{Y\infty} = 2E_{Y\infty-1} - E_{Y\infty-2} \quad (5)$$

$$E_{Z\infty} = 2E_{Z\infty-1} - E_{Z\infty-2} \quad (6)$$

где $E_{X\infty}$ – потенциал грани бесконечного пространства конечных элементов по оси x ;

$E_{Y\infty}$ – потенциал грани бесконечного пространства конечных элементов по оси y ;

$E_{Z\infty}$ – потенциал грани бесконечного пространства конечных элементов по оси z .

Расчёт потенциала в каждой точке объёма в электролите.

Проведем численное моделирование передачи электрического потенциала между конечными элементами внутри электролита, используя параллелепипед размером $xyz=35 \times 40 \times 268$ конечных элементов. Выполним вычисления с использованием метода итерации в программе MATLAB. В модели учтем краевые условия, устанавливая потенциал плоской стенки равным нулю и что ток в плоскую стенку, помещённую в поле потенциалов, равен нулю. Подключим источник тока к краям сенсора такой, чтобы напряжение между конечными элементами сенсора будет изменяться на единицу напряжения для наглядности.

Примем в модель условие, что удельная электропроводность электролита постоянная и одинаковая во всех конечных элементах электролита.

Результаты и обсуждение

Улучшение конструкции измерителя уровня.

Для исключения утекания токов в горизонтальную стенку резервуара (дно) предлагается установить внизу зонда пластину из фторопласта, изолирующую токи в дно резервуара.

Для исключения влияния расстояния до вертикальной стенки предлагается добавить два заземленных изолирующих штыря сбоку от измерительного зонда, изолирующие токи в стенки резервуара.

Экспериментальный образец примененных конструкционных улучшений приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Экспериментальный образец измерителя уровня улучшенной конструкции

Построение картины потенциалов.

В результате итерации вычислений потенциалов конечных элементов получим $x+y+z$ слоев картину электрического поля внутри электролита.

В центре таблицы помещён сенсор потенциометрического уровнемера на глубину 40 единиц потенциала в сенсоре. Сенсор выделен в таблице серым цветом. Выше середины сенсора условно потенциал отрицательный, ниже середины сенсора условно потенциал положительный. Строка потенциалов на середине сенсора выделена зелёным цветом. Жёлтым цветом выделен изолятор сенсора.

Слева, справа и ниже сенсора расположены конечные элементы электролита. Шаг конечных элементов электролита выбран в единицах радиуса сенсора $R=5$ мм.

Если помещать сенсор вертикально с длинной плоской электропроводной стенкой с электролитом на расстоянии $3R \dots 16R$ от стенки, то распределение поля потенциалов изменится. Влияние расстояния от сенсора до вертикальной плоской стенки на абсолютную погрешность измерения уровня приведено в таблице 1 и рисунке 4. Из-за дополнительных штырей сбоку от зонда минимальное расстояние до вертикальной стенки 40 мм.

Таблица 1 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до вертикальной плоской стенки

Расстояние от сенсора до вертикальной стенки S, мм	15	20	30	40	60	80
Абсолютная погрешность измерения уровня стержневого сенсора Δm_1 , мм	-7,96	-8,70	-10,00	-10,94		-13,20
Абсолютная погрешность измерения уровня сенсора с экраном и изолятором Δm_2 , мм				-0,76	-0,69	-0,33

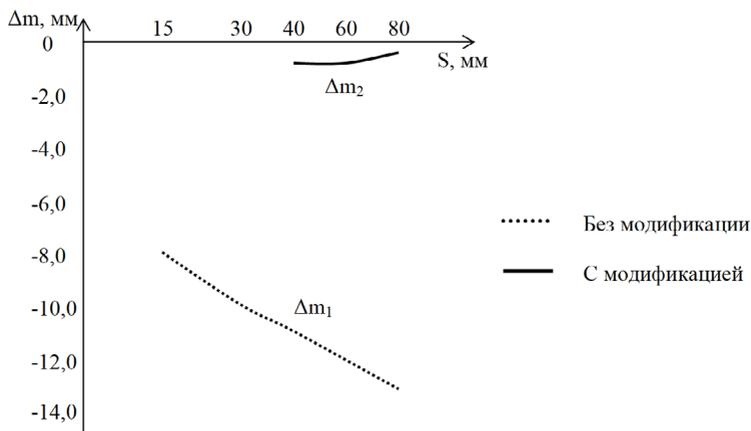


Рисунок 4 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до вертикальной электропроводной плоской стенки

Если помещать сенсор вертикально с длинной плоской электропроводной стенкой с электролитом на глубину 6R...220R в электролите, то распределение поля потенциалов изменится. Влияние глубины сенсора в электролите на абсолютную погрешность измерения уровня приведено в таблице 2 и рисунке 5.

Таблица 2 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от глубины сенсора в электролите

Глубина сенсора в электролите L, мм	30	45	100	225	500	750	1100
Абсолютная погрешность измерения уровня стержневого сенсора Δm_1 , мм	-4,50	-5,30	-8,90	-10,84	-12,54	-12,88	-13,00

Абсолютная погрешность измерения уровня сенсора с экраном и изолятором Δm_2 , мм		-0,19	-0,28	-0,31	-0,38	-0,58	-0,55
--	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------

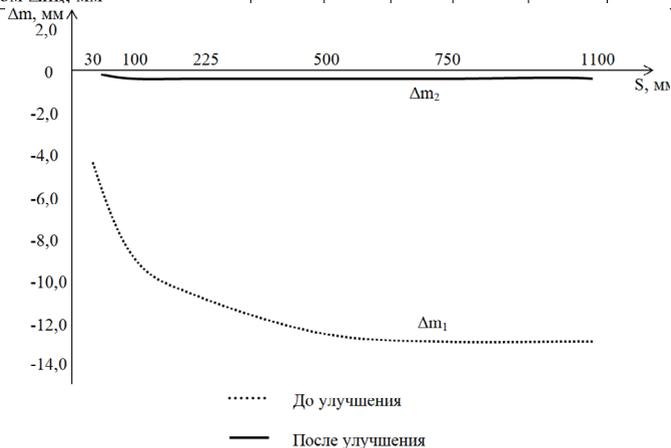


Рисунок 5 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от глубины сенсора в электролите возле вертикальной электропроводной плоской стенки

Если помещать горизонтальную стенку на расстоянии $4R \dots 30R$ ниже сенсора, то распределение поля потенциалов изменится. Влияние расстояния от сенсора до горизонтальной стенки в электролите на абсолютную погрешность измерения уровня приведено в таблице 3 и рисунке 6. Из-за дополнительных штырей под изоляционной пластиной минимальное расстояние до дна составляет 70 мм.

Таблица 3 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до горизонтальной стенки

Расстояние от сенсора до горизонтальной стенки S , мм	30	45	70	100	150
Абсолютная погрешность измерения уровня стержневого сенсора Δm_1 , мм	-21,54	-11,02	-6,58	-5,72	-5,64
Абсолютная погрешность измерения уровня сенсора с экраном и изолятором Δm_2 , мм			-5,52	-3,48	-1,37

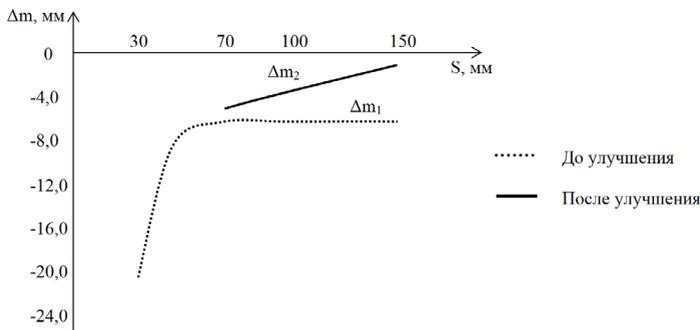


Рисунок 6 – Зависимость абсолютной погрешности измерения уровня от расстояния сенсора до горизонтальной стенки.

Информация о финансировании

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP13268797).

Выводы

Моделирование стержня в электролите методом конечных элементов позволяет моделировать любую конфигурацию среды с разными условиями электропроводности жидкости и расположения сенсора. Результаты моделирования позволяют оценить погрешность измерения устройства, основанного на потенциометрическом методе измерения.

Моделирование потенциометрического измерителя уровня без улучшения показывает его неудовлетворительные метрологические характеристики.

В статье предложены конструкционные улучшения, которые позволяют повысить метрологические характеристики до приемлемого уровня.

После улучшения конструкции измерителя уровня было проведено сравнительное моделирование, которое наглядно показывает улучшение всех характеристик измерения при различных расположениях измерителя уровня.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Дивин, А. Г., Пономарев, С. В., Мозгова, Г. В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учебное пособие [Текст]. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – Ч. 2. – С. 45–59.

2 Mohindru, P. Development of Liquid Level Measurement Technology : A Review [Текст] // Flow Measurement and Instrumentation, 2023. – №89. – 14 с.

3 **Singh, Y., Raghuwanshi, S. K., Kumar, S.** Review on Liquid-Level Measurement and Level Transmitter Using Conventional and Optical Techniques [Текст] // IETE Technical Review. – 2018. – №4. – С. 329–340.

4 **Ташматов, Х. К.** Микропроцессорная измерительная система контроля расходов воды для открытых каналов гидромелиоративных систем [Текст] // Инновационная наука. – 2015. – №6. – С. 80–82.

5 Sensor array for the potentiometric measurement of a fill level in a container [Текст] : Пат. US20190049282A1 США.; заявитель и патентообладатель Baumer Electric AG.; опубл. 14.02.19. – 7 с.

6 **Staff, E.** Potentiometric Level Measurement Principle [Текст] // Inst Tools. – 2017. – [Электронный ресурс] – URL: <https://instrumentationtools.com/potentiometric-level-measurement-principle> (Дата обращения 02.09.23)

7 **Алексеев, Г. В.** Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений : учебное пособие [Текст]. – Владивосток : Владивосточный федеральный университет, 2010. – С. 19–29.

8 **Dimitrios, G.** Essentials of the Finite Element Method [Текст]. – Academic Press, 2015. – С. 1–18.

9 **Tan, C. M., Li, W., Gan, Z.** Applications of Finite Element Methods for Reliability Study of ULSI Interconnections // Microelectronics Reliability [Текст]. – 2012. – №8. – С. 1539–1545.

10 **Калиткин, Н.Н., Корякин, П.В.** Численные методы. Методы математической физики : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования [Текст]. – М : Академия, 2013. – С. 101–104.

REFERENCES

1 **Divin, A. G., Ponomarev, S. V., Mozgova, G. V.** Metody i sredstva izmerenij, ispytaniy i kontrolja : uchebnoe posobie [Methods and instrumentation, testing and control: a tutorial] [Text]. – Tambov : Izd-vo FGBOU VPO «TGTU», 2012. – P. 2. – P. 45–59.

2 **Mohindru, P.** Development of Liquid Level Measurement Technology: A Review [Development of Liquid Level Measurement Technology : A Review] [Text] // Flow Measurement and Instrumentation, 2023. – №89. – 14 p.

3 **Singh, Y., Raghuwanshi, S. K., Kumar, S.** Review on Liquid-Level Measurement and Level Transmitter Using Conventional and Optical Techniques [Review on Liquid-Level Measurement and Level Transmitter Using Conventional and Optical Techniques][Text] // IETE Technical Review. – 2018. – №4. P. 329–340.

4 **Tashmatov, H. K.** Mikroprocessornaja izmeritel'naja sistema kontrolja rashodov vody dlja otkrytyh kanalov gidromeliorativnyh sistem [Microprocessor

measuring system for monitoring water flow rates for open channels of irrigation and drainage systems] [Text] // Innovacionnaja nauka. – 2015. – № 6. – P. 80–82.

5 Sensor array for the potentiometric measurement of a fill level in a container [Sensor array for the potentiometric measurement of a fill level in a container] [Text] : Pat. US20190049282A1 USA; zajavitel' i patentoobladatel' Baumer Electric AG.; opubl. 14.02.19. – 7 p.

6 **Staff, E.** Potentiometric Level Measurement Principle [Potentiometric Level Measurement Principle] [Text] // Inst Tools. – 2017. – [Electronic resource] – URL: <https://instrumentationtools.com/potentiometric-level-measurement-principle> (Data obrashhenija 02.09.23)

7 **Alekseev, G. V.** Vvedenie v chislennye metody reshenija differencial'nyh uravnenij: uchebnoe posobie [Introduction to numerical methods for solving differential equations : a tutorial] [Text]. – Vladivostok : Vladivostochnyj federal'nyj universitet, 2010. – P. 19–29.

8 **Dimitrios, G.** Essentials of the Finite Element Method [Essentials of the Finite Element Method] [Text]. – Academic Press, 2015. – P. 1–18.

9 **Tan, C. M., Li, W., Gan, Z.** Applications of Finite Element Methods for Reliability Study of ULSI Interconnections [Applications of Finite Element Methods for Reliability Study of ULSI Interconnections] [Text] // Microelectronics Reliability. – 2012. – № 8. – P. 1539–1545.

10 **Kalitkin, N. N., Korjakin, P. V.** Chislennye metody. Metody matematicheskoy fiziki : uchebnik dlja stud. uchrezhdenij vyssh. prof. obrazovanija [Numerical methods: in 2 books. Book 2. Methods of mathematical physics : a textbook for students of higher prof. education] [Text]. – Moscow : Akademija, 2013. – P. 101–104.

Принято к изданию 28.11.23.

**А. П. Смирнов¹, Е. С. Румтер², А. А. Савостин³, Д. В. Румтер⁴,
С. С. Молдахметов⁵*

^{1,2,3,4,5}Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.
Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

ЭЛЕКТРӨТКІЗГІШ ОРТА ДЕҢГЕЙІНІҢ ПОТЕНЦИОМЕТРИЯЛЫҚ ӨЛШЕГІШІН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ӨЛШЕГІШТІҢ КОНСТРУКЦИЯСЫН ЖАҚСARTY

*Бұл мақалада электрөткізгіш сұйықтық деңгейінің
потенциометриялық өлшегіші қарастырылған. Әрекет принципі*

қарастырылған, деңгейді өлшеудің потенциометриялық әдісінің мықты және әлсіз жақтары анықталған. Өлшегіштің өлшеу қателігін талдау үшін декарттық координаттардағы ақырғы элементтер әдісімен (АЭӘ) сандық модельдеуді қолдана отырып, электрөткізгіш сұйықтың ортасында потенциометриялық датчиктің жұмыс моделі жасалды. Потенциометриялық деңгейөлшеуіштегі деңгейді өлшеу қателігінің артылмайтын шамасы бар және сұйықтың деңгейіне және деңгей өлшегіштің орналасуына байланысты болатындығы көрсетілген.

Конструкцияның кемшіліктерін жою үшін тік қабырғаға дейінгі қашықтыққа тәуелділікті және зондты электрөткізгіш сұйықтықпен айналып өтуді және зондтан резервуардың түбіне дейінгі қашықтыққа тәуелділікті төмендететін оқшаулағыш пластинаны төмендететін қосымша жерге тұйықталған шыбықтар түріндегі конструктивті жақсартулар ұсынылады. Бұл жақсартулар өлшеу нәтижесіне қателік әкелетін факторлардан арылуға мүмкіндік берді және нәтижесінде сұйықтың деңгейін өлшеу дәлдігін арттырды.

Декарттық координаттардағы электролиттегі электр өрісін модельдеудің әзірленген әдісіне сүйене отырып, конструкцияны жақсартқанға дейін және одан кейін салыстырмалы модельдеу жүргізілді. Салыстырмалы модельдеу өлшеу дәлдігінің айтарлықтай жақсарғанын көрсетті. Салыстырмалы модельдеу нәтижелері графиктерде келтірілген.

Кілтті сөздер: потенциометриялық әдіс, деңгей өлшегіш, деңгейөлшеуіш, сандық модельдеу әдістері, ақырғы элементтер әдісі, өлшеу қателігі

*P. Smirnov¹, E. S. Ritter², A. A. Savostin³, D. V. Ritter⁴, S. S. Moldakhmetov⁵
^{1,2,3,4,5}Manash Kozybayev North Kazakhstan niversity,
Republic of Kazakhstan Petropavlovsk
Accepted for publication on 28.11.23

NUMERICAL SIMULATION OF A POTENTIOMETRIC LEVEL METER IN AN ELECTRICALLY CONDUCTIVE MEDIUM AND IMPROVING THE LEVEL METER CONSTRUCTION

This article considers a potentiometric level meter for an electrically conductive liquid. The principle of operation is considered, the strengths and weaknesses of the potentiometric method of level measurement are

determined. To analyze the measurement error of the meter, a model of the operation of a potentiometric sensor in an electrically conductive fluid medium has been developed using numerical simulation by the finite element method (FEM) in Cartesian coordinates. It is shown that the error in level measurement in a potentiometric level gauge has an unacceptable value and depends on the liquid level and the location of the level meter.

To eliminate construction weakness, design improvements were proposed in the form of additional grounded rods, which reduced the dependence on the distance to the vertical wall and bridging the probe with an electrically conductive liquid, and an insulating plate, which reduced the dependence on the distance from the probe to the bottom of the tank. These improvements have eliminated factors that introduce error into the measurement result, and as a result have increased the accuracy of liquid level measurements.

Based on the developed method for modeling the electric field in an electrolyte in Cartesian coordinates, comparative modeling was carried out before and after improving the construction. Comparative simulations showed that the measurement accuracy was significantly improved. The results of comparative modeling are shown in the graphs.

Keywords: potentiometric method, level meter; level gauge, numerical modeling methods, finite element method, measurement error

Теруге 28.11.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.12.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4175

Сдано в набор 28.11.2023 г. Подписано в печать 29.12.2023 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4175

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz