

Радиотехническая дистанционная идентификация жидкостей в закрытых диэлектрических емкостях

Лошницкий П. П., Устенко К. С., Ткачук И. В.

Национальный Технический Университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

E-mail: ustenkokirilo@gmail.com

Дистанционное изучение жидких систем сопряжено со значительными трудностями, связанными с экспериментальными исследованиями и математическим моделированием на основе этих исследований. Стандартные методы исследований жидкостей, представляют собой в основном спектроскопические методы в различных частотных диапазонах от нейтронной дифрактометрии до акустической спектроскопии, которые очень сложно или вообще невозможно применить для дистанционных исследований. Интерпретация экспериментальных результатов и попытки построения физических моделей на их основе возможны только в простейших случаях. Достаточно вспомнить, что самый простейший и распространенный растворитель – вода, до настоящего времени слабо изучен и не имеет общепринятой единственной модели. В настоящей работе рассматривается методика и измерительный комплекс для дистанционного исследования жидких электролитов и неэлектролитов с помощью измерений и анализа флуктуаций дифференциальной температуры промежуточной жидкой среды (дистиллированной воды), в которую помещена емкость (тара) с исследуемой жидкостью. Предложенная методика основывается на том, что исследуемый объект, хотя и обладает электронейтральностью, то есть равенством нулю в среднем флуктуационной локальной плотности заряда и средней флуктуационной плотности тока, что означает равенство нулю средней величины электромагнитного поля, но другие усредненные характеристики, например, квадратичные по полю, могут отличаться от нуля. Квадратичные характеристики теплового электромагнитного поля определяют его энергию, имеющую отличную от нуля конечную величину, которая может быть измеренной соответствующим датчиком и характеризовать источник поля – макроскопическое тело – нагретое до некоторой температуры. Приводятся результаты исследований смесей электролитов и неэлектролитов различных концентраций, а также их смесей. Показана возможность различать исследуемые жидкости, а так же соединять компоненты растворов данных концентраций для получения заданных свойств всего раствора.

Ключевые слова: тепловое электромагнитное поле; флуктуации дифференциальной температуры; концентрация раствора; широкополосное шумовое излучение; электролиты и неэлектролиты

DOI: [10.20535/RADAP.2021.85.14-20](https://doi.org/10.20535/RADAP.2021.85.14-20)

Введение

В настоящее время конденсированные среды привлекают к себе все большее внимание не только в связи с тем, что к ним относятся практически все реальные вещества (кроме идеальных кристаллов), но и потому, что их особые свойства все шире применяются в промышленности и хозяйственной деятельности [1, 2]. При изучении характеристик жидких систем широко применяются физические, в основном, спектроскопические методы экспериментальных исследований, а также методы математического моделирования. Основная задача современных физических методов состоит в получении информации, необходимой для построения физически обоснованных моделей равновесных и динами-

ческих свойств веществ [3–5]. При этом параметры физических моделей обычно связаны с геометрией отдельных частиц или их ансамблей [6]. Надежные спектроскопические данные могут быть получены, как правило, лишь в достаточно концентрированных растворах, и распространение выводов на разбавленные растворы не всегда правомерно [7]. Интерпретация спектров требует привлечения модельных представлений, специфичных для каждого метода. Спектроскопические методы исследования, которые оперируют характеристиками поглощения, отражения или рассеяния направляемого на систему излучения, не всегда удается использовать, при изучении твердых тел и жидкостей, особенно в том случае, когда необходимо это изучение проводить дистанционно. Такое положение вещей делает акту-

альной разработку новых методов для дистанционного исследования параметров неупорядоченных веществ.

В работах [8, 9] рассмотрены варианты дистанционного определения концентрации некоторых веществ в водных растворах. Метод дистанционного определения концентрации сводится к тому, что исследуемый раствор, находящийся в диэлектрической таре, помещается в промежуточную жидкую среду, температурные флуктуации которой инструментально измеряются и по этим измерениям делаются выводы о параметрах исследуемого вещества. Эти выводы следуют из того факта, что жидкость представляет собой неупорядоченную систему, характеризующуюся топологическим беспорядком, при котором атомы или молекулы жидкости не меняются (одни и те же), но статически или динамически смещаются относительно временных и неустойчивых положений равновесий. Наличие такого движения сопровождается флуктуациями плотности и температуры в любом достаточно малом объеме жидкости, которые определяются различными причинами, в том числе и очень слабыми тепловыми излучениями объектов, помещенных в эту жидкость [10, 11]. Методика измерений основывается на флуктуационно-диссипативной теореме [12, 13], которая устанавливает связь между спектром флуктуации физических величин в равновесной диссипативной среде и параметрами, характеризующими реакцию этой среды на внешние воздействия. В качестве внешней силы, влияющей на среду (дистиллированную воду), используются тепловые излучения исследуемых растворов [14].

Целью настоящей работы является определение возможностей дистанционной идентификации смесей растворов электролитов и неэлектролитов различных концентраций и исследование их особенностей.

1 Методика экспериментальных исследований

На рис. 1 приведена схема измерительного комплекса, подробно описанная в работе [9]. В каждую из одинаковых емкостей с дистиллированной водой (6) помещаются меньшая емкость (пробирка) (3,4) и термомпара (5). В емкости (3) находится исследуемый материал, а в емкости (4) эталон. Измерительный блок (1) представляет собой модернизированный пирометр Курнакова, соединенный с персональным компьютером. Комплекс позволяет регистрировать температуру с точностью $0,03^{\circ}\text{C}$. Заданную абсолютную погрешность измерительный комплекс, имеющий 12-разрядный АЦП, при размере выборки в несколько тысяч данных, обеспечивает снятием информации с периодичностью 1-2 секунды. Измерительный комплекс, помещался в

экранированный бокс, что позволяет за счет статистической обработки результатов измерений исключить случайные составляющие погрешности, в том числе выбором продолжительности и значений времени опроса данного канала, исходя из заданной погрешности в зависимости от уровня внешних помех [15]. Термопары (медь – константан) имели микроспаи, которые создавались лазерной пайкой, площадь каждого микроспая $S \approx 0,015 \text{ мм}^2$. Для увеличения значений флуктуаций дифференциальной температуры (контрастности) в измерительном комплексе используется широкополосный шумовой сигнал, генерируемый твердотельным генератором шума с техническими характеристиками:

- рабочая полоса частот – $56 \dots 68 \text{ ГГц}$;
- спектральная плотность мощности шума (СПМШ) – 10^{-18} Вт/Гц ;
- неравномерность СПМШ – $\pm 1,5 \text{ дБ}$;
- интегральная мощность – 10^{-10} Вт/см^2 .

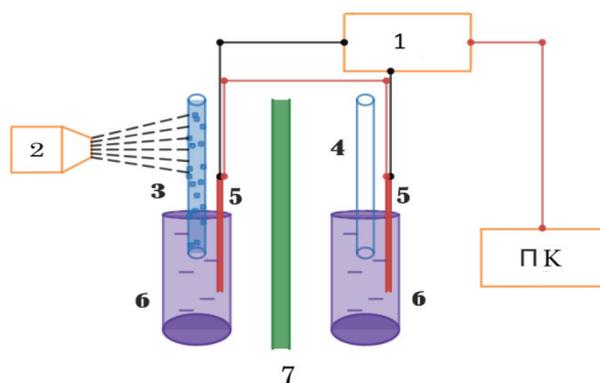


Рис. 1. Блок-схема измерительного комплекса: ПК – персональный компьютер; 1 – измерительный блок дифференциальной и простой термомпар; 2 – генератор шума; 3 – пробирка с исследуемым веществом; 4 – пробирка с эталоном; 5 – термомпары; 6 – пробирки с дистиллированной водой; 7 – разделительная перегородка

Флуктуации дифференциальной температуры измерялись по 25 минут без воздействия на исследуемый образец внешнего шумового излучения, при воздействии внешнего шумового излучения и после воздействия внешнего шумового воздействия. Полученные значения флуктуаций дифференциальных температур визуально различать (идентифицировать) сложно из-за малых различий, поэтому определялись значения дисперсии, автокорреляции и коэффициентов преобразований Фурье для каждого из этих значений. При этом максимальная погрешность результатов не превышает 18%.

В качестве объектов исследований использовались растворы соли каменной поваренной (хлорид натрия NaCl) и сахара-песка (химическое вещество

сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$). Оба вещества хорошо растворяются в воде, образуя насыщенные растворы при коэффициенте растворимости 203,9 г сахарозы на 100 г воды и 35,9 г поваренной соли на 100 г воды при температуре $20^{\circ}C$, но растворы сахарозы являются неэлектролитами, а растворы хлорида натрия – электролитами. Для приготовления смеси растворов, использовались растворы, массовые доли которых $C_a = (m_a/m) \cdot 100\%$ [где C_a – массовая доля вещества «а»; m_a – масса вещества «а»; m – суммарная масса веществ] соответствовали:

1. 4,76% раствор сахара и 6,54% раствор соли;
2. 9,52% раствор сахара и 13,08% раствор соли;
3. 19,04% раствор сахара и 26,16% раствор соли;
4. 19,04% раствор сахара и 13,08% раствор соли.

Полный объем V смеси растворов составлял 8 частей компонент соответствующих концентраций, то есть $V = n \cdot \alpha + (8 - n) \cdot \beta$, где α – один объем раствора сахара, заданной концентрации; β – один объем раствора соли заданной концентрации; n – количество объемов раствора сахара.

На рис. 2 приведены зависимости относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье флуктуаций дифференциальной температуры дистиллированной воды, в которую помещали тару с исследуемыми растворами, от их концентрации без воздействия внешнего широкополосного шумового излучения. Кривая 1 соответствует изменению концентрации сахарозы от 0 до 19,04%, а кривая 2 соответствует изменению концентрации поваренной соли от 0 до 26,16%.

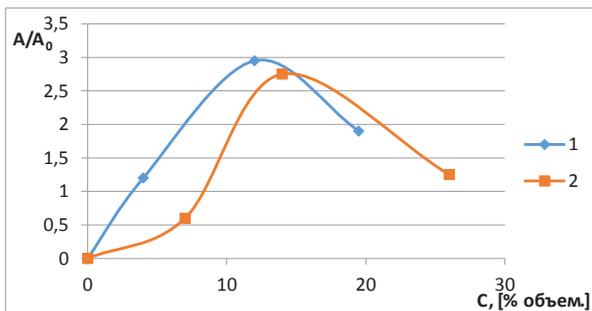


Рис. 2. Зависимость относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье от концентрации растворов: 1 – для сахарозы; 2 – для поваренной соли

На рис. 3 приведены зависимости относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье флуктуаций дифференциальной температуры дистиллированной воды, в которую помещали тару со смесью растворов, состоящих из n объемов растворов сахара 4,76% и $(8 - n)$ объемов раствора соли 6,54%, где n меняется от 0 до 8. Верхняя кривая

соответствует значениям относительных амплитуд при внешнем широкополосном шумовом воздействии электромагнитного излучения ($\lambda \sim 5$ мм), нижняя кривая – без внешнего воздействия.

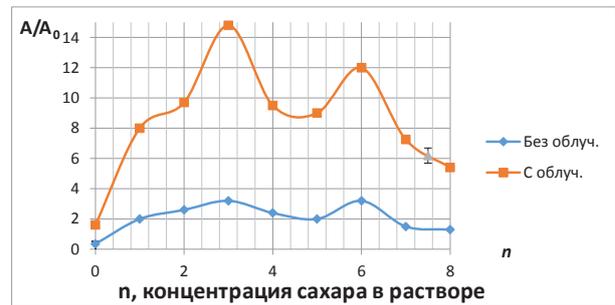


Рис. 3. Зависимости относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье для смеси растворов на основе 4,76% растворов сахара и 6,54% растворов соли

На графике, особенно, при внешнем воздействии хорошо просматриваются два максимальных значения относительных амплитуд, соответствующих $n=3$ и $n=6$.

На рис. 4 приведены зависимости относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье флуктуаций дифференциальной температуры дистиллированной воды, в которую помещали тару со смесью растворов, состоящих из n объемов растворов сахара 9,52% и $(8 - n)$ объемов раствора соли 13,08%, где n меняется от 0 до 8. Верхняя кривая соответствует значениям относительных амплитуд при внешнем широкополосном шумовом воздействии электромагнитного излучения ($\lambda \sim 5$ мм), нижняя кривая – без внешнего воздействия.



Рис. 4. Зависимости относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье для смеси растворов на основе 9,52% растворов сахара и 13,08% растворов соли

На приведенной зависимости видно, что при увеличении в два раза объемного содержания сахара и соли в растворах по сравнению с концентрациями, соответствующими единичному объемному их содержанию, максимальное значение относительных амплитуд первых гармоник увеличилось, а ми-

нимальные значения – уменьшились. Положение максимума $n=3$ совпадает с одним из максимумов рис. 3, а второго максимума нет при заданных концентрациях.

На рис. 5 приведены зависимости относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье флуктуаций дифференциальной температуры дистиллированной воды, в которую помещали тару со смесью растворов, состоящих из n объемов растворов сахара 19,04% и $(8 - n)$ объемов раствора соли 26,16%, где n меняется от 0 до 8. Верхняя кривая соответствует значениям относительных амплитуд при внешнем широкополосном шумовом воздействии электромагнитного излучения ($\lambda \sim 5$ мм), нижняя кривая – без внешнего воздействия.



Рис. 5. Зависимости относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье для смеси растворов на основе 19,04% растворов сахара и 26,16% растворов соли

Из приведенной зависимости видно, что при увеличении объемного содержания сахара и соли в растворах в четыре раза (по сравнению с рис. 3), максимальные значения относительных амплитуд первых гармоник стали соответствовать $n_1=1$ и $n_2=4$, при этом величины максимальных значений амплитуд практически не изменились.

На рис. 6 приведены зависимости относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье флуктуаций дифференциальной температуры дистиллированной воды, в которую помещали тару со смесью растворов, состоящих из n объемов растворов сахара 19,04% и $(8 - n)$ объемов раствора соли 13,08%, где n меняется от 0 до 8. Верхняя кривая соответствует значениям относительных амплитуд при внешнем широкополосном шумовом воздействии электромагнитного излучения ($\lambda \sim 5$ мм), нижняя кривая – без внешнего воздействия.

Из приведенной зависимости видно, что для смеси растворов на основе 19,04% растворов сахара и 13,08% растворов соли, максимальные значения относительных амплитуд первых гармоник стали соответствовать $n_1=3$ и $n_2=5$, при этом величины максимальных значений амплитуд без внешнего воздействия в диапазоне $n=1 \dots 5$ линейно возрастают, образуя плато.

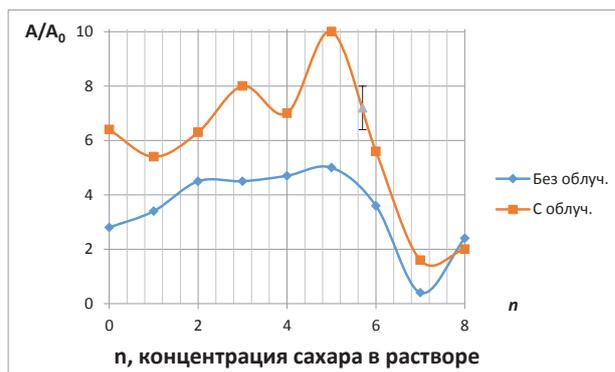


Рис. 6. Зависимости относительных амплитуд первых гармоник разложения Фурье для смеси растворов на основе 19,04% растворов сахара и 13,08% растворов соли

2 Обсуждение результатов

Использование методики измерения и обработки флуктуаций дифференциальной температуры промежуточной жидкой среды позволяет не только дистанционно определять, но и идентифицировать исследуемые жидкости, находящиеся в диэлектрической таре. Из приведенных рисунков видно, что в случае, когда изменения относительных величин первых гармоник коэффициентов Фурье недостаточно велики для их визуального разделения, может быть использована «подсветка», представляющая собой внешний физический фактор, в частности, широкополосное шумовое электромагнитное излучение нетепловой интенсивности, которое значительно увеличивает различия регистрируемых величин. В настоящей работе использовались только значения первых гармоник разложения Фурье флуктуаций дифференциальной температуры дистиллированной воды. Для более полного процесса идентификации еще могут быть использованы зависимости следующих гармоник, а также значения дисперсии, которые могут быть вычислены по экспериментальным значениям флуктуаций. Идентификация осуществляется сравнением зависимостей исследуемых жидкостей с имеющимся набором («библиотекой») зависимостей для параметров известных веществ. При этом может оказаться, что исследуемый раствор представляет собой смесь электролита и неэлектролита разных концентраций (см. рис. 6). При этом следует иметь в виду, что для растворов неэлектролитов характерны коллигативные свойства, которые линейно зависят от концентрации растворенных веществ и не зависят от их химической природы [16].

На рис. 7 приведены зависимости величин n , соответствующих максимальным значениям относительных амплитуд первых гармоник коэффициентов Фурье флуктуаций дифференциальной температуры промежуточной жидкости (дистиллиро-

ванной воды) от относительной объемной концентрации растворенных веществ (соли поваренной или сахарозы). Экспериментальные точки, соответствующие максимумам пиков, расположены линейно относительно друг друга под одинаковым углом θ к горизонтальной оси C/C_0 . От перпендикуляра OO_1 , проведенного к отрезкам прямых, соответствующих максимумам пиков, проводим прямую линию под углом θ . Эта линия и линии параллельные ей будут пересекать пунктирные линии $n_1=5$ и $n_2=2$, соответствующие максимальным значениям амплитуд, в точках абсциссы, которых соответствуют относительным объемным концентрациям, при которых наблюдаются «резонансы» амплитуд, в том числе, при $C/C_0=4(D_1)$ и $C/C_0=2(D)$ (см. рис. 6). Таким образом, задавая значение соответствующей концентрации одного из компонентов смеси, можно определить концентрацию второго компонента, при которой будут наблюдаться максимальные значения относительных амплитуд в заданных точках n_i .

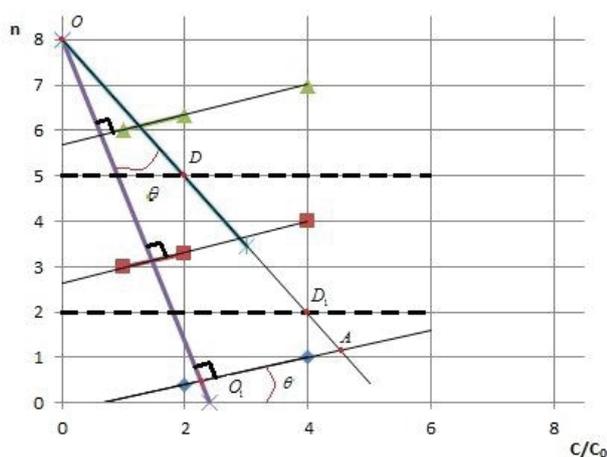


Рис. 7. Зависимости величин n , соответствующих максимальным значениям относительных амплитуд первых гармоник коэффициентов Фурье флуктуаций дифференциальной температуры промежуточной жидкости (дистиллированной воды) от относительной объемной концентрации растворенных веществ

Выводы

1. Основываясь на флуктуационно-диссипативной теореме, которая устанавливает связь между спектром флуктуации физических величин в равновесной диссипативной среде и параметрами, характеризующими реакцию этой среды на внешние воздействия, разработана методика измерений и измерительный комплекс, позволяющий дистанционно измерять флуктуации дифференциальной температуры промежуточной жидкости (дистиллированной воды), в которой находится диэлектрическая тара с исследуемым веществом.

Анализ флуктуаций дифференциальной температуры промежуточной жидкости позволяет различать и идентифицировать исследуемые растворы.

2. Экспериментально исследованы растворы электролитов и неэлектролитов различных концентраций и показано, что они легко различаются по первым гармоникам разложения Фурье флуктуаций дифференциальной температуры, измеряемой по разработанной методике.

3. Экспериментально исследованы смеси растворов электролитов и неэлектролитов различных концентраций и показано, что эти смеси могут быть идентифицированы с помощью первых гармоник разложения Фурье и дисперсии флуктуаций дифференциальной температуры промежуточной жидкости.

4. Показано, что зависимости относительных первых амплитуд разложения Фурье от концентраций растворов представляют собой последовательности максимумов и минимумов. Предложен метод выбора концентраций растворов для получения заданных максимальных значений амплитуд первых гармоник.

Перечень ссылок

1. Гольдаде В. А., Пинчук Л. С. Физика конденсированного состояния: Уч. для вузов. под ред. Н. К. Мышкина. – Минск: «Белорусская наука». – 2009. – 648 с.
2. Байков Ю. А., Кузнецов В. М. Физика конденсированного состояния: учебное пособие. – 4-е изд., электрон. – Москва: Лаборатория знаний. – 2020. – 296 с.
3. Goodson K., Asheghi M. Near-field optical thermometry // *Microscale Thermophysical Engineering*. 1: 225–235. 1997. <https://doi.org/10.1080/108939597200241>.
4. Hee Hwan Roh, Joon Sik Lee et al. Novel nanoscale thermal property imaging technique: The 2ω method. II. Demonstration and comparison // *Journal Vacuum Science and Technology B*, 24 (5), 2006, pp. 2405–2411. <https://doi.org/10.1116/1.2353843>.
5. Chirtoc M., Henry J. 3ω hot wire method for micro-heat transfer measurements: From anemometry to scanning thermal microscopy (SThM) // *The European Physical Journal Special Topics*, 153, 2008, pp. 343–348. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2008-00458-8>.
6. Займан Дж. Модели беспорядка. Теоретическая физика однородно неупорядоченных систем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 598 с.
7. Под ред. проф. А. П. Беляева. Физическая и коллоидная химия: учебник. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 704 с.: ил.
8. Лошицкий П. П., Минзьяк Д. Ю. Исследование неинвазивных методов диагностики и терапии / *Медицина информатика та інженерія*. – 2012, №2, стр. 53–59.
9. Лошицкий П. П., Устенко К. С. Дистанционная идентификация жидкостей в закрытых диэлектрических емкостях / *Modern Engineering and Innovative Technologies*. Issue №12/Part 3, pp. 15–24. DOI: 10.30890/2567–5273.2020–12–03–047.

10. Дмитриев А. С. Введение в нанотеплофизику / Дмитриев А.С. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015, 793 с.
11. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика Т.1: Теория равновесных систем. Термодинамика. Учебное пособие. Изд. 2-е сущ. перераб.и доп. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с. в 3-х т.
12. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. Часть 1. – Издание 5-е. – М.: Физматлит., 2001. – 616 с. – («Теоретическая физика», том V).
13. Casas-Vazquez J., Jou D. Temperature in non-equilibrium states: a review of open problems and current proposals // Reports on Progress in Physics. 66. 2003. pp. 1937–2023. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0034-4885/66/11/R03>
14. Полевой В. Г. Теплообмен флуктуационным электромагнитным полем. – М.: Наука. – 1990. – 188 с.
15. Джексон Р. Г. Новейшие датчики. /Перевод с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 386 с.
16. Дамаскин Б. Б. и др. Электрохимия/ Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирина. – М.: Химия, КолосС, 2006. – 672 с.: ил.
- [9] Loshickij P. P., Ustenko K. S. (2020). Remote identification of liquids in closed dielectric containers [Distancionnaja identifikacija zhidkostej v zakrytyh dijelektricheskikh emkostjah]. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, Iss.12, part 3, pp. 15-24. doi: 10.30890/2567-5273.2020-12-03-047. [In Russian].
- [10] Dmitriev A. S. (2015). *Introduction to nano-thermal physics*. М.:BINOM, 793 p. [In Russian].
- [11] Kvasnikov I. A. (2002). *Thermodynamics and Statistical Physics Vol.1: Theory of Equilibrium Systems. Thermodynamics. 2nd ed.* [Termodinamika i statisticheskaja fizika T.1: Teorija ravnovesnyh sistem. Termodinamika. Uchebnoe posobie. Izd. 2-e], Moscow: Editorial URSS, 240 p. [In Russian].
- [12] Landau L. D., Lifshits E. M. (2001). *Statistical physics*. Part 1. Edition 5th. М.: Физматлит., 2001. 616 p. – ("Theoretical Physics volume V). [In Russian].
- [13] Casas-Vazquez J., Jou D. (2003). Temperature in non-equilibrium states: a review of open problems and current proposals. *Reports on Progress in Physics*, Vol. 66, No. 11, pp. 1937-2023.
- [14] Polevoy V. G. (1990). *Heat exchange by a fluctuation electromagnetic field*. Moscow: Nauka, 188 p. [In Russian].
- [15] Jackson R. G. (2004). *Novel Sensor and Sensing*. Institute of Physics Publishing. doi: 10.1201/9780429138348.
- [16] Damaskin B. B., Petrij O. A. and G.A. Cirina. (2006). *Electrochemistry* [Jelektrohimiya]. Moscow: Himija, KolosS, 672 p. [In Russian].

References

- [1] Goldade V. A., Pinchuk L. S., Myshkin N. K. (ed.) (2009). *Condensed Matter Physics: Study for Universities* [Fizika kondensirovannogo sostoyaniya]. Minsk: "Belarusian Science". 648 p. [In Russian].
- [2] Baikov Yu. A., Kuznetsov V. M. (2020). *Condensed matter physics: textbook, 4th ed.* [Fizika kondensirovannogo sostoyaniya: uchebnoe posobie, 4-e izd.]. Moscow: Laboratory of Knowledge. 296 p. [In Russian].
- [3] Goodson K., Asheghi M. (1997). Near-field optical thermometry. *Microscale Thermophysical Engineering*, Vol. 1, Iss. 3, pp. 225-235. doi: 10.1080/108939597200241.
- [4] Hee Hwan Roh, Joon Sik Lee et al. (2006). Novel nanoscale thermal property imaging technique: The 2ω method. II. Demonstration and comparison. *Journal Vacuum Science and Technology B*, Vol. 24, Iss. 5, pp. 2405-2411. DOI: 10.1116/1.2353843.
- [5] Chirtoc M., Henry J. F. (2008). 3ω hot wire method for micro-heat transfer measurements: From anemometry to scanning thermal microscopy (SThM). *The European Physical Journal Special Topics*, Vol. 153, pp. 343 -348. doi: 10.1140/epjst/e2008-00458-8.
- [6] Ziman J. M. (1979). *Models of Disorder: The Theoretical Physics of Homogeneously Disordered Systems*, 598 p.
- [7] Belyaev A. P. (ed.) (2010). *Physical and colloidal chemistry: textbook* [Fizicheskaya i kolloidnaya himiya: uchebnik]. М.: GEOTAR-Media, 704 p. [In Russian].
- [8] Loshickij P. P., Minzjak D. Ju. (2012). Research on non-invasive diagnostic and therapeutic methods [Issledovanie neinvazivnyh metodov diagnostiki i terapii]. *Medical Informatics and Engineering [Medychna informatyka ta inzheneriia]*, Iss. 2, pp. 53–59. [In Russian].

Радіотехнічна дистанційна ідентифікація рідин в закритих діелектричних ємностях

Лошицький П. П., Устенко К. С., Ткачук І. В.

Дистанційне вивчення рідких систем пов'язане зі значними труднощами, пов'язаними з експериментальними дослідженнями і математичним моделюванням на основі цих досліджень. Стандартні методи досліджень рідин, являють собою в основному спектроскопічні методи в різних частотних діапазонах від нейтронної дифрактометрії до акустичної спектроскопії, які дуже складно або взагалі неможливо застосувати для дистанційних досліджень. Інтерпретація експериментальних результатів і спроби побудови фізичних моделей на їх основі можливі тільки в найпростіших випадках. Досить згадати, що найпростіший і найпоширеніший розчинник - вода, до теперішнього часу слабо вивчений і не має загальноприйнятої єдиної моделі.

У даній роботі розглядається методика і вимірювальний комплекс для дистанційного дослідження рідких електролітів і неелектролітів за допомогою вимірювань і аналізу флуктуацій диференціальної температури проміжного рідкого середовища (дистильованої води), в яке поміщена ємність (тара) з досліджуваною рідиною. Запропонована методика ґрунтується на тому, що досліджуваний об'єкт, хоча і має електронейтральність, тобто рівність нулю в середньому флуктуаційної локальної щільності заряду і середньої флуктуаційної щільності струму, що означає рівність нулю середньої величини електромагнітного поля, але інші усереднені характеристики, наприклад, квадратичні по полю,

можуть відрізнятися від нуля. Квадратичні характеристики теплового електромагнітного поля визначають його енергію, що має відмінну від нуля кінцеву величину, яка може бути виміряною відповідним датчиком і характеризувати джерело поля - макроскопічне тіло - нагріте до певної температури. Наводяться результати досліджень сумішей електролітів і неелектролітів різних концентрацій, а також їх сумішей. Показана можливість розрізняти досліджувані рідини, а також з'єднувати компоненти розчинів даних концентрацій для отримання заданих властивостей всього розчину.

Ключові слова: теплове електромагнітне поле; флуктуації диференціальної температури; концентрації розчину; широкопasmове шумове випромінювання; електроліти і неелектроліти

Radiotechnical Remote Identification of Liquids in Closed Dielectric Containers

Loshitskyi P. P., Ustenko K. S., Tkachuk I. V.

Remote study of liquid systems is associated with significant difficulties associated with experimental studies and mathematical modeling based on these studies. Standard methods for investigating liquids are mainly spectroscopic methods in various frequency ranges from neutron diffractometry to acoustic spectroscopy, which are very difficult or even impossible to apply for remote sensing. Interpretation of experimental results and attempts to construct physical models based on them is possible only in

the simplest cases. Suffice it to recall that the simplest and most widespread solvent, water, is still poorly studied and does not have a generally accepted single model.

In this paper, we consider a technique and a measuring complex for remote investigation of liquid electrolytes and non-electrolytes by measuring and analyzing fluctuations in the differential temperature of an intermediate liquid medium (distilled water), in which a container (container) with a test liquid is placed. The proposed technique is based on the fact that the object under study, although it has electroneutrality, that is, equality to zero on average of the fluctuation local charge density and the average fluctuation current density, which means the equality of the average value of the electromagnetic field to zero, but other averaged characteristics, for example, quadratic in the field, may differ from zero. The quadratic characteristics of a thermal electromagnetic field determine its energy, which has a nonzero finite value, which can be measured by an appropriate sensor and characterize the source of the field - a macroscopic body - heated to a certain temperature. The results of studies of mixtures of electrolytes and non-electrolytes of various concentrations, as well as their mixtures are presented. It is shown that it is possible to distinguish between the studied liquids, and how to combine the components of solutions of given concentrations to obtain the specified properties of the entire solution.

Key words: thermal electromagnetic field; fluctuations in differential temperature; solution concentration; broadband noise emission; electrolytes and non-electrolytes