

УДК 539.2/.6

**РАЗРАБОТКА ВАРИАЦИОННОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЯРНЫХ ЖИДКОСТЕЙ
В ДИАПАЗОНЕ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ****3. Автоматизированная методика расчета диэлектрических
параметров с использованием исходных уравнений****С.М.УСЕЙНОВА***Бакинский Государственный Университет**nushana_kasimova@yahoo.com*

При разработке нового, вариационного метода измерения диэлектрических параметров полярных жидкостей (диэлектрической проницаемости ξ' и диэлектрических потерь ξ'') в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ) были рассчитаны теоретические принципы вариационного метода измерения и получены исходные уравнения. Из-за трансцендных функций в исходных уравнениях был подготовлен и использован графический метод решения этих уравнений и построены соответствующие номограммы. Для дальнейшего усовершенствования применения нового вариационного метода измерения диэлектрических параметров полярных жидкостей в диапазоне СВЧ с целью автоматизации проведения расчетных операций была также подготовлена программа и разработана блок-схема алгоритма расчета диэлектрических параметров

Ключевые слова: вариационный метод исследования, полярные жидкости и растворы, диэлектрические характеристики, сверхвысокие частоты, исходные уравнения, программа и блок-схема алгоритма расчета.

В настоящее время, по литературным данным широко освещаются объекты, в которых можно пренебречь дипольными и иными межмолекулярными взаимодействиями, и к которым сравнительно легко применима молекулярная модель Дебая. А объекты в которых преобладает тип межмолекулярного взаимодействия в исходных компонентах (полярные жидкости с заметными диэлектрическими потерями, бинарные и другие системы растворов полярных жидкостей) изучены сравнительно мало и истолкование степени влияния на общую релаксационную характеристику отдельных кинетические единиц и сил межмолекулярного взаимодействия по сравнению с чистыми жидкостями, довольно ограничена. Причиной этого можно считать, отчасти, возникающие трудности при применении известных диэлектрических методов исследования при изучении этих систем. Методические трудности, возникающие при применении

общеизвестных диэлектрических методов исследования к вышеуказанным объектам изучения, привели нас к разработке нового вариационного метода исследования диэлектрических характеристик.

При решении теоретических проблем предлагаемого вариационного метода, предназначенного для высокочастотных измерений диэлектрических характеристик полярных жидкостей и их растворов, была определена связь между величинами диэлектрических параметров (ε' - диэлектрическая проницаемость, ε'' - диэлектрические потери) и экспериментально определяемыми величинами (λ_g - длина волны в ячейке заполненной жидкостью, l_m - толщина слоя жидкости в ячейке при котором имеет место минимум амплитуды отраженной волны $|\hat{\rho}|$ или коэффициента стоячей волны η и величины η_m при этой толщине жидкости).

В данной статье приводятся результаты, полученные при применении автоматического метода решения этих уравнений и построены соответствующие номограммы.

С целью автоматизации производства расчетных операций по предлагаемому методу измерения ξ' и ξ'' разработан алгоритм (рис.1), обеспечивающий при наличии телетайпной линии связи между экспериментальной лабораторией (установкой) и компьютером, прием с телетайпа в компьютер измеренных значений l_m и η_m , решения уравнений (3.1)-(3.13) при заданных l_m и η_m и выдачу на печать искомым величин ξ' , ξ'' , λ_g , tg_2^A .

$$u = (1+y^2) R^{-\frac{1}{2}} \quad (3.1)$$

$$v = x(1+y^2) R^{-\frac{1}{2}} \quad (3.2)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{N \pm M}{N \mp M}} \quad (3.3)$$

$$\eta_m = \sqrt{\frac{th(2\pi xy) + y ctg(2\pi xy)}{cth((2\pi xy) + y ctg(2\pi x))}} \quad (3.4)$$

$$\eta_m = \sqrt{\frac{th(2\pi xy) - y tg(2\pi xy)}{cth((2\pi xy) + y ctg(2\pi x))}} \quad (3.5)$$

$$sh(\pi xy) = -y \sin(\pi x) \quad (3.6)$$

$$\xi' = \frac{(1-y^2)}{(1+y^2)^2} R \quad (3.7)$$

$$\xi'' = \frac{2y}{(1+y^2)^2} R \quad (3.8)$$

Блок-схема разработанного алгоритма приведена на рис. 1, а программа расчета включает в себя начальные процедуры вызова самой программы расчета и занесения в оперативную память компьютера постоянных параметров λ , ρ , λ_b , некоторые входят в уравнения (3.1)-(3.8) и зависят от типа примененной экспериментальной установки. После ввода найденных экспериментальных величин η , и l_b в точке минимума зависи-

мости η от l , в соответствии с Рис. 1 Блок-схема алгоритма расчета диэлектрических параметров по разработанному вариационному методу. программой осуществляет автоматический поиск таких значений \bar{x} и \bar{y} , которым соответствуют условия

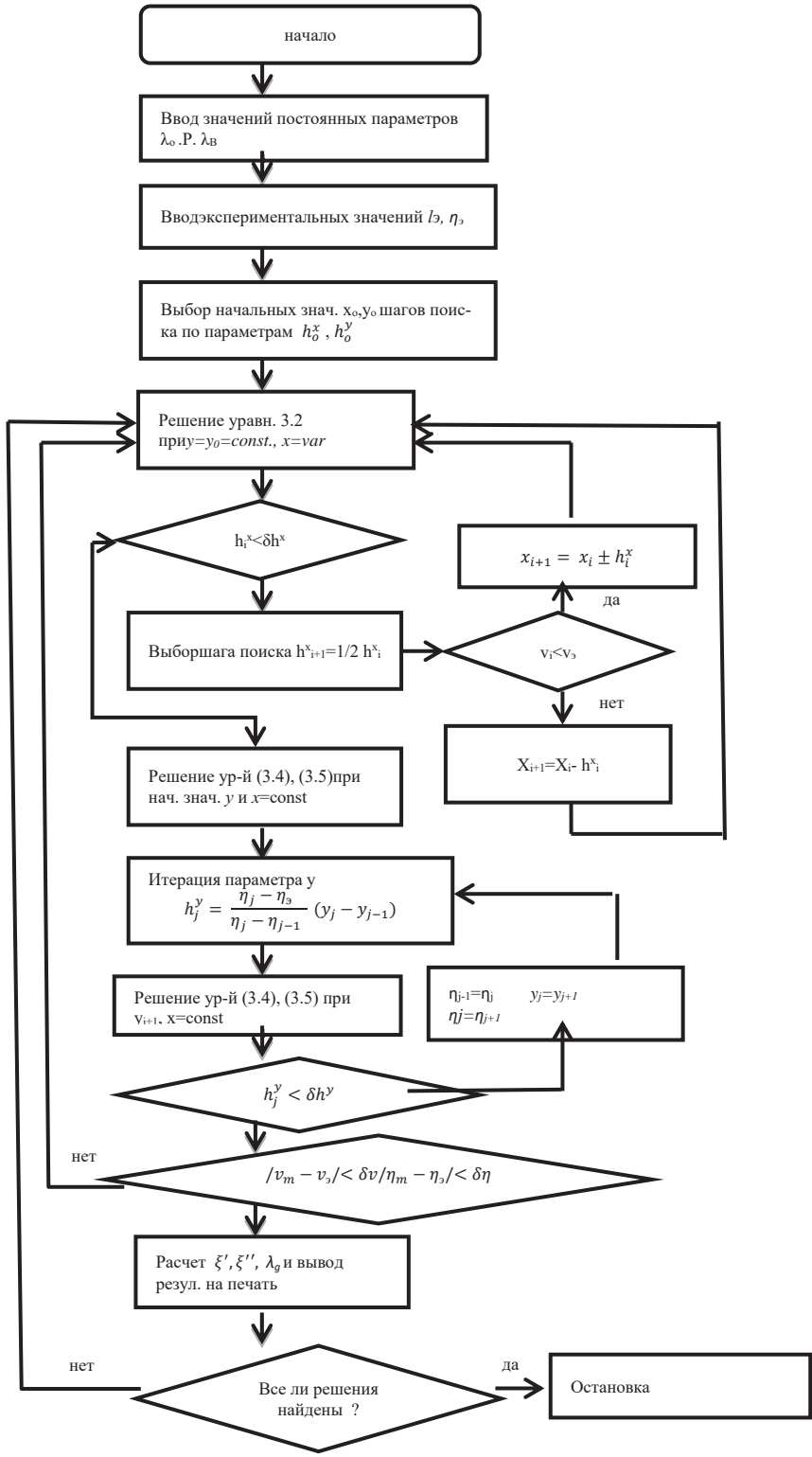
$$|v_m - v_3| < \delta v \quad \text{и} \quad |\eta_m - \eta_3| < \delta \eta \quad (3.9)$$

где $\delta v, \delta \eta$ - предварительно заданные допустимые пределы погрешности в определении v_m и η_m по уравнениям (3.2), (3.3), (3.4), (3.5).

В начале поиска \bar{x} и \bar{y} программой устанавливаются начальные значения варьируемых параметров \bar{x} и \bar{y} , шагов поиска по этим параметрам h_0^x и h_0^y , а также значения $\delta v, \delta \eta$. С учетом допустимых пределов варьирования параметров \bar{x} и \bar{y} их начальные значения приняты равными: $x = x_0' = 0,29$; $y = y_0' = 0,0001$ и $x = x_0'' = 0,29$; $y = y_0'' = 0,60$ соответственно, для двух возможных вариантов решения уравнений (3.2), (3.4), (3.5) (см. рис. 1). Поиск \bar{x} и \bar{y} начинается с задаваемых значений x_0', y_0' ; при этом процедура накопления \bar{x} и \bar{y} располагается на два последовательно проводимых этапах поиска. На первом их них варьируемой величиной является параметр x , а значение параметра y сохраняется неизменным и равным y_0' . Варьирование x осуществляется способом последовательного деления исходного шага поиска h_0^x ; таким образом на $(i+1)$ шаге поиска $x_{i+1} = x_i \pm h_{i+1}^x$, где $h_{i+1}^x = \frac{1}{2} h_i^x$.

Знак при h_{i+1}^x определяется из условия $v_i < v_3$; при его соблюдении на i -м шаге поиска x_{i+1} увеличивается по сравнению с x_i ; при его соблюдении по шаге поиска увеличивается по сравнению с x_i . При $h_i^x < \delta h^x$, где δh^x допустимая величина шага поиска по параметру x , завершается первый этап поиска \bar{x} .

На втором этапе поиска варьируемой величиной является параметр y , а значение параметра x , сохраняется неизменным и равным по значению x , найденному на первом этапе поиска. Варьирование y осуществляется способом секущих линий, обеспечивающим быструю сходимость величин η_3 и η_m . По этому способу на $(j+1)$ шаге поиска параметра y , $y_{j+1} = y_j \pm h_j^y$ где $h_j^y = \frac{\eta_j - \eta_3}{\eta_j - \eta_{j-1}} (y_j - y_{j-1})$ определяется по данным расчета η , y при двух предыдущих шагах поиска. В начале поиска величина шага поиска принимаются равным h_0^y . При $h_j^y < \delta h^y$, где δh^y допустимая величина шага поиска по параметру y , завершается этап поиска \bar{y} . Если при найденных значениях \bar{x} и \bar{y} , выполняются условия (3.9), то программа обеспечивает расчет ξ', ξ'', λ_g по уравнениям (3.10), (3.11), (3.1) с задачей результатов вычислений на печать телетайпе,



$$\xi_1 = \frac{1-y^2}{u^2} \quad (3.10)$$

$$\xi_2 = \frac{2y}{u^2} \quad (3.11)$$

$$u = (1+y^2) R^{-\frac{1}{2}} \quad (3.1)$$

где

$$R = 1 - y^2 - 2y \frac{1 - \operatorname{ch}(4\pi xy) \cos(4\pi x)}{\operatorname{sh}(4\pi xy) \sin(4\pi x)} \quad (3.12)$$

а затем производит аналогичную процедуру поиска \bar{x} и \bar{y} и расчета искомых параметров для второго варианта решения уравнений (3.10), (3.11), (3.12). При не соблюдении хотя бы одного из условий (3.9) программа повторяет процедуру поиска \bar{x} и \bar{y} первого варианта решения искомых уравнений.

$$\xi'' = \frac{2y}{u^2} \quad (3.13)$$

$$\xi'' = 2 \left(\frac{\lambda}{\lambda_g} \right)^2 \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} \quad (3.14)$$

$$u = (1+y^2) R^{-\frac{1}{2}} \quad (3.15)$$

В этом случае в качестве начальных величин x_0, y_0 используются полученные на предыдущих этапах поиска значения \bar{x}, \bar{y} . Количество таких операций определяется необходимой точностью расчета искомых величин и может быть регулируемо соответствующим выбором значений $\delta v, \delta \eta, \delta h^x, \delta h^y$.

Разработанный алгоритм был применен для компьютерного вычисления диэлектрических параметров ряда жидкостей и растворов; при этом расчет ξ', ξ'' выполнялся в процессе конкретного эксперимента, в котором производились измерения и исследуемых объектов с вводом этих значений.

Хотя в литературе широко освещаются объекты исследования, к которым сравнительно легко применима молекулярная модель Дебая, то объекты в которых преобладает тип межмолекулярного взаимодействия в исходных компонентах (бинарные и другие системы растворов полярных жидкостей) изучены мало. Причиной этого являются ограниченные возможности применения общеизвестных диэлектрических методов /1/-/12/.

Именно это и привело нас к разработке нового вариационного метода исследования диэлектрических характеристик, которая позволяет лишь измеряя эти экспериментальные данные – коэффициент стоячей волны при первом минимуме зависимости от толщины слоя жидкости в ячейке (), рассчитать значения диэлектрических параметров (диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь) любых жидкостей и растворов без ограничений /13-14/.

Таким образом, автоматизированная методика непосредственного

компьютерного расчета диэлектрических параметров с использованием исходных уравнений намного ускорила и уточнила получение конечных результатов и как результат нами проведен также анализ погрешностей измерений, который будет представлен в следующей статье.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахпаронов М.И. Методы исследования теплового движения молекул и строение жидкостей. М., 1972, с.281.
2. Poley I.P. J.Appl, Sci.Res. B4, 337, 1955.
3. Ахадов Я.Ю. Диэлектрические свойства чистых жидкостей, Изд.стандартов, М., 1972, с.412.
4. Брандт А.А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах. М.: Физматгиз, 1963, с.493.
5. Касимов Р.М., Нагизаде Н.С. Вестник МГУ, серия химическая, 2, 101, 1967.
6. Fatuzzo E, Mason P.R. J.of Appl. Rh., 36,2, 427, 1965.
7. Харвей А.Ф. Техника сверхвысоких частот, т. I, Изд. "Сов.радио", 1965, с. 783.
8. Касимов Р.М. Измерительная техника. 10, 1970.
9. Касимов Р.М., Усейнова С.М. Изд. АН Азерб. ССР, серия физико-техн. и матем. наук, I, 1973, с.111-117
10. Касимов Р.М., Усейнова С.М. Измерительная техника, 2, 1975, с.76-82
11. Усейнова С.М. О вариационном методе исследования диэлектрических свойств жидкостей и растворов. BDU., "Fizikanın müasir problemləri" V Respublika konfransının materialları. Bakı, 2011, s.200-202.
12. Усейнова С.М. Графические способы применения вариационного метода. BDU., "Fizikanın müasir problemləri" V Respublika konfransının materialları. Bakı: 2011, s.202-205.
13. Усейнова С.М. Разработка вариационного метода измерения диэлектрических параметров полярных жидкостей в диапазоне сверхвысоких частот.1.Теоретические принципы вариационного метода измерения. Баку, Вестник БГУ, серия физ-мат. наук, 2015, №1, с.176-185
14. Усейнова С.М. Разработка вариационного метода измерения диэлектрических параметров полярных жидкостей в диапазоне сверхвысоких частот.2.Графический метод решения исходных уравнений. Баку, Вестник БГУ, серия физ-мат. наук, 2016, №1, с.177-188

POLYAR MAYELƏRİN DİELEKTRİK XARAKTERİSTİKALARININ İFRAT YÜKSƏK TEZLİKLƏR DİAPAZONUNDA VARIASİON ÖLÇMƏ METODUNUN NƏZƏRİ PRİNSİPLƏRİ

3. Variasion metodun əsas tənliklərinin istifadəsi ilə dielektrik parametrlərin hesablanmasının avtomatlaşdırılması metodikası

S.M.USEYNOVA

XÜLASƏ

Polyar mayelərin ifrat yüksək tezliklər (İYT) diapazonunda dielektrik parametrlərinin (dielektrik nüfuzluğu ξ' və dielektrik itkiləri ξ'') ölçülməsi üçün işlənib-hazırlanması prosesində, variasion metodun nəzəri prinsipləri hazırlanmış, əsas tənlikləri hesablanmışdır. Əsas tənliklərdə transsendent funksiyalar olduğundan, bu tənliklərin həllinin qrafik metodikası hazırlanmış, uyğun nomoqramlar qurulmuş və dielektrik parametrlərin qiymətlərinin təyin edilməsində istifadə olunmuşdur. Yeni variasion metodun tətbiqinin daha da mükəmməlləşdirilməsi üçün di-

elektrik parametrlərin birbaşa hesablanma əməliyyatların avtomatlaşdırılması məqsədi ilə xüsusi proqram vasitəsi ilə hesablamaların alqoritminin blok-sxemi işlənib hazırlanmışdır və müvəffəqiyyətlə tətbiq edilmişdir.

Açar sözlər: variasion tədqiqat metodu, polyar mayelər və məhlullar, dielektrik xarakteristikaları, ifrat yüksək tezliklər, əsas nəzəri tənliklər, alqoritmin blok-sxemi və hesablama proqramı.

**DEVELOPMENT OF VARIATIONAL METHOD FOR MEASURING
OF DIELECTRIC PARAMETERS OF POLAR LIQUIDS
AT MICROWAVE FREQUENCIES**

3. Automated procedure for calculation of dielectric parameters using the initial equations

S.M.USEYNOVA

SUMMARY

Theoretical principles of the variational measurement method were calculated and the initial equations were obtained under developing a new variational method for measuring the dielectric parameters of polar liquids (dielectric constant ξ' and dielectric losses ξ'') in the microwave range. Graphical method for solving these equations was prepared and used, also the corresponding nomograms were constructed due to the transcendental functions in the original equations. Program and block-diagram of the algorithm for calculating of dielectric parameters was developed for measuring of the dielectric parameters of polar liquids in the microwave range with the aim of automating calculation operations for further improve the application of the new variational method.

Keywords: variational method of research, polar liquids and solutions, dielectric characteristics, ultra-high frequency, original equations, program of calculation and block-diagram of the algorithm.