



KUKUNLARNING DIELEKTRIK O'TKAZUVCHANLIGINI O'LCHASH USULLARI

QARSHI DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

Otajon Norboyev Nomuminovich

o.norboyev@mail.ru

Annotasiya: Ushbu ishda kukunlarning dielektrik o'tkazuvchanligini aniqlashning ikki asosiy usuli-botirish usuli va to'g'ridan-to'g'ri o'lchash usuli haqida batafsil ma'lumot berilgan. Botirish usulida kukun va suyuqlik aralashmasi orqali o'lchovlar amalga oshiriladi, bunda kukunning dielektrik o'tkazuvchanligi suyuqlikning dielektrik xususiyatlariga nisbatan baholanadi va maxsus grafiklar yordamida aniqlanadi. To'g'ridan-to'g'ri o'lchash usulida esa kukunning dielektrik o'tkazuvchanligi to'g'ridan-to'g'ri o'lchovlar asosida hisoblanadi. Ishda har ikki usulning afzalliklari va cheklovlari ko'rib chiqilgan, shuningdek, kukunlarning dielektrik o'tkazuvchanligini aniqlashda qo'llaniladigan nomogrammlar, matematik formulalar va tajriba natijalari keltirilgan.

Аннотация: В данной работе подробно рассматриваются два основных метода определения диэлектрической проницаемости порошков — метод погружения и метод прямого измерения. В методе погружения измерения проводятся на основе смеси порошка и жидкости, при этом диэлектрическая проницаемость порошка оценивается относительно диэлектрических свойств жидкости и определяется с помощью специальных графиков. В методе прямого измерения диэлектрическая проницаемость порошка вычисляется на основе прямых измерений. В работе рассмотрены как преимущества, так и ограничения обоих методов, а также представлены номограммы, математические формулы и результаты экспериментов, используемые для определения диэлектрической



проницаемости порошков. На основе проведенных исследований рекомендуется использовать метод погружения как более точный и эффективный.

Annotation: This paper provides detailed information about two main methods for determining the dielectric conductivity of powders - the immersion method and the direct measurement method. In the immersion method, measurements are carried out based on the mixture of powder and liquid, where the dielectric conductivity of the powder is evaluated relative to the dielectric properties of the liquid and determined using specific graphs. In the direct measurement method, the dielectric conductivity of the powder is calculated based on direct measurements. The paper discusses the advantages and limitations of both methods, as well as presenting nomograms, mathematical formulas, and experimental results used to determine the dielectric conductivity of powders. Based on the research findings, the immersion method is recommended as the more accurate and efficient method.

Kalit soʻzlar: Kukun, dielektrik oʻtkazuvchanlik, izolyatsion materiallar, suyuqlik, botirish usuli, toʻgʻridan-toʻgʻri oʻlchash usuli, kondensator, suyuqlik aralashmasi, kukun hajmi, shkaladagi koʻrsatkichlar, izodieyelektrik nuqta, grafik, egri chiziqli, kalibrlovchi suyuqliklar, Viner usuli, Bruggeman, geterogen aralashmalar, formulalar, nomogramma, zarracha diametri, hajmiy ulush, kukun dispersiyasi, matematik interpolatsiya, dielektrik oʻtkazuvchanlikni hisoblash.

Kukunlarning dielektrik oʻtkazuvchanligini oʻlchash asosan amaliy maqsadlar uchun amalga oshiriladi; masalan, izolyatsion materiallar uchun toʻldiruvchilar xususiyatlarini oʻrganishda zarur. Shu kabi oʻlchovlar baʼzan material tuzilishini tahlil qilishga ham imkon beradi. Bundan tashqari, sof analitik vazifalarni hal qilish ham mumkin. Ayniqsa, namlik tarkibini aniqlash va ikkilik aralashmalarni tahlil qilish muhimdir.



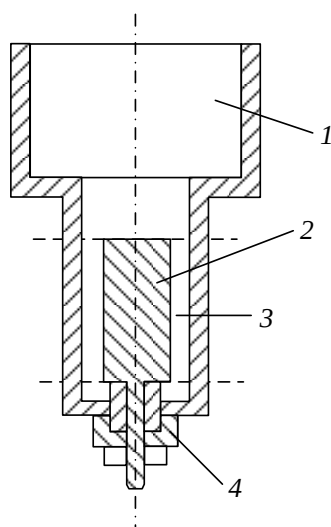
Kukunlarning dielektrik o'tkazuvchanligini aniqlashning ikkita usuli mavjud:

1.Botirish usuli-bu usulda tadqiq qilinayotgan kukunni ma'lum dielektrik o'tkazuvchanlikka ega suyuqlikka qo'shish orqali o'lchovlar amalga oshiriladi.

2.To'g'ridan-to'g'ri o'lchash usuli-kukun va havo aralashmasi uchun o'lchangan qiymatlar asosida kukunning dielektrik o'tkazuvchanligini hisoblash usuli.

a) Botirish usuli

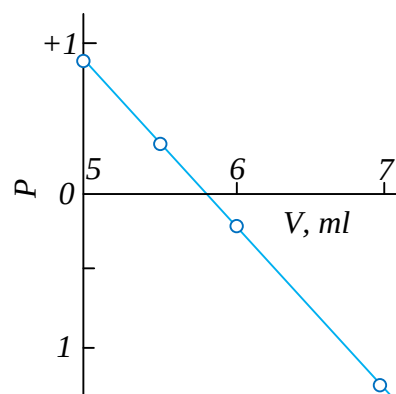
O'lchovlar uchun silindrsimon kondensator ishlatiladi, uning ichki elektrodi o'lchash kamerasi tubiga yetib boradi. Bunday konstruksiya (1-rasm) hatto cho'kib qolgan kukun bilan ham ishlash imkonini beradi. O'lchash kamerasining yuqori qismida kukun tomonidan siqib chiqarilgan suyuqlik uchun kengaytma mavjud. O'lchovlar turli xil usullar orqali amalga oshirilishi mumkin.



1-Rasm. Kukunlarning dielektrik o'tkazuvchanligini botirish usuli bilan o'lchash uchun kamera:

1- Kukun tomonidan siqib chiqarilgan suyuqlikni qabul qilish joyi

2-Ichki elektrod;



2-Rasm. Botirish usuli bilan o'lchovlar natijalarini baholash uchun egri chiziqlar (Shtark bo'yicha).



3-o'lchov maydoni;

4- Izolyator -bu elektr toki

o'tkazmaydigan material

1-Jadval

Nitrobenzol miqdori (ml)	O'lchash kamerasi to'ldirilganda shkaladagi ko'rsatkichlar		Ikki o'lchov orasidagi farq
	Suyuqlik bilan	Suyuqlik va kukun bilan	
5,00	29,5	28,6	+0,9
5,50	25,7	25,4	+0,3
6,50	23,0	23,2	-0,2
7,00	18,4	19,6	-1,2

* Foydalaniladigan suyuqlik aralashmasi: 20 ml to'rt xlorli uglerod

($\epsilon' = 2,224$) va nitrobenzen ($\epsilon' = 35,7$).

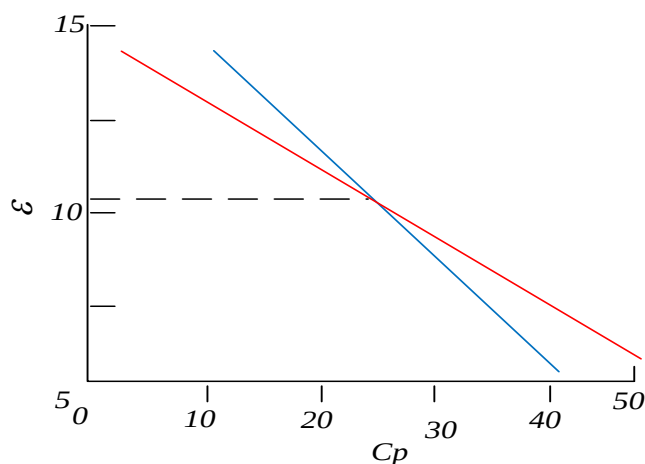
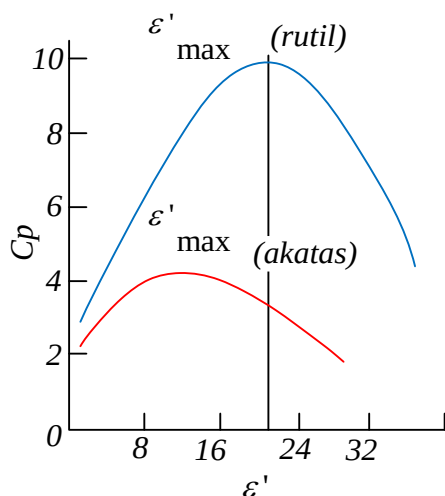
Shtark usuliga ko'ra, o'lchash kamerasiga suyuqlik quyiladi va asbobning ko'rsatkichlari o'qilgandan keyin ushbu suyuqlikka ma'lum miqdorda kukun qo'shiladi. Suyuqlik va kukunning dielektrik o'tkazuvchanligi bir xil bo'lish ehtimoli juda kam, shuning uchun kukun qo'shilgandan keyin asbob yangi ko'rsatkichlarni beradi, bu ko'rsatkichlar avvalgisidan katta yoki kichik bo'lishi mumkin. Ushbu o'lchovlar farqiga qarab, suyuqlikning dielektrik o'tkazuvchanligini kukun o'tkazuvchanligiga yaqinlashtirish uchun qanday o'zgartirish kerakligini aniqlash mumkin. Bu holatda suyuqliklarning ikkilik



aralashmalari bilan ishlash tavsiya etiladi. Ish ikkita o'lovchov orasidagi farq belgisi o'zgarguncha davom ettiriladi (1-jadval). Kukunning dielektrik o'tkazuvchanligi grafik chizish yordamida aniqlanadi. Ushbu ma'lumotlarga asoslangan grafik (2-rasm) shuni ko'rsatadiki, 5,85 ml nitrobenzol (V) qo'shilganda, 20 ml to'rt xlorli uglerod bilan izodieelektrik nuqtaga erishiladi. Ushbu aralashmaning dielektrik o'tkazuvchanligi $\varepsilon'=6,90$ bo'lib, bu dala shpati dielektrik o'tkazuvchanligiga to'g'ri keladi.

Shuningdek, nitrobenzolning hajmiy foiziga asoslangan kalibrlovchi egri chizish ham mumkin. Bunda dielektrik o'tkazuvchanlik qiymati tarkibida 22,6 hajmiy % nitrobenzol bo'lgan aralashmaga mos keladi. Ushbu aralashma tadqiq qilinayotgan kukunning dielektrik o'tkazuvchanligiga mos keladi va "izodieelektrik aralashma" deb ataladi.

$\Delta n=f(\varepsilon')$ bog'lanishi kukunning dielektrik o'tkazuvchanligi yuqori qiymatlarda ekstremum bilan o'zgaradi: dastlab suyuqlikning dielektrik o'tkazuvchanligi ε'_2 past qiymatlarda bo'lganida Δn ortadi va nihoyat, maksimumdan o'tadi (2-rasm). Maksimum holatiga qarab, agar ε'_2 qiymatlari katta bo'lgan suyuqliklar mavjud bo'lmasa, kukunning dielektrik o'tkazuvchanligini ε' hisoblash mumkin. Shmidt tomonidan boshqa bir usul tasvirlangan. O'lchash kamerasi navbatma-navbat turli dielektrik o'tkazuvchanlikka ega suyuqliklar bilan to'ldiriladi va "namuna dielektrik o'tkazuvchanligi-shkaladagi bo'linmalar" grafigi tuziladi. Shundan so'ng kamera yana shu suyuqliklar bilan to'ldiriladi, lekin har safar unga ma'lum miqdorda tadqiq qilinayotgan kukun qo'shiladi. O'lchangan qiymatlar grafikda aks ettiriladi. Ikkita egri chiziqlarning kesishish nuqtasi (agar dielektrik o'tkazuvchanlikni o'lchash diapazoni kichik bo'lsa, hosil bo'lgan egri chiziqlar to'g'ri chiziqlar bo'ladi) kukunlarning dielektrik o'tkazuvchanligiga mos keladi (3-rasm).



3-Rasm.Botirish usuli bilan 4-Rasm.Botirish usuli bilan o'lchovlar olingan egri chiziqlar, rutil va natijalarini baholash uchun egri chiziqlar anatase uchun asetonda (Shtark (Schmidt bo'yicha): bo'yicha).

1-kalibrlash suyuqliklari + kukun;

2 - kalibrlash suyuqliklari.

Schmidt usulida kukunning dielektrik o'tkazuvchanligini o'lchash jarayoni quyidagi asosiy bosqichlardan iborat bo'ladi:

1. **Kalibrlovchi suyuqlik tayyorlash:** Schmidt usulida o'lchovlar uchun avval ma'lum bir dielektrik o'tkazuvchanligi (ϵ') bo'lgan suyuqliklar tayyorlanadi. Bu suyuqliklar kukun materialining xususiyatlarini aniq o'lchashda yordam beradi.
2. **Kukunni suyuqlikka qo'shish:** O'lchov uchun kukun namunasi maxsus tayyorlangan suyuqlik bilan aralashtiriladi. Bunda kukunning miqdori va suyuqlikning o'ziga xos xususiyatlari (dielektrik o'tkazuvchanligi) ahamiyatli bo'ladi.
3. **O'lchovlarni olib borish:** Aralashma ustida dielektrik o'tkazuvchanlikni o'lchash uchun maxsus qurilma (sig'imli datchik) ishlatiladi. O'lchovlar olingach, bu qiymatlar yordamida kukunning dielektrik o'tkazuvchanligi aniqlanadi. Olingan natijalar, maxsus egri chiziqlar yoki grafiklardagi ma'lumotlar yordamida tahlil qilinadi. Shu tariqa, kukunning dielektrik xususiyatlari aniqlanadi.



Grafikda ΔC ko'rsatkichlarining farqlari dielektrik o'tkazuvchanlik ε' ga bog'liq ravishda joylashtiriladi. Ko'rsatkichlardagi farqlar (suyuqlikning dielektrik o'tkazuvchanligi kukunga qaraganda kamroq bo'lganda) shunday tanlanadiki, grafikdagi chiziq maksimumdan o'tadi. Hosil bo'lgan chiziq ikki funktsiya

$C_2 = f_2(\varepsilon')$ va $C_1 = f_1(\varepsilon')$, farqi bo'lib, bu yerda C_2 suyuqlik va kukun bilan birgalikdagi kameraning sig'imi, C_1 esa faqat suyuqlik bilan o'lchangan kameraning sig'imidir. $\Delta C = f(\varepsilon')$ funksiyasi suyuqlikning dielektrik o'tkazuvchanligi oshgani sayin ko'tarilib, maksimumga yetgandan so'ng pasayadi. ΔC maksimum holatidan yoki shkaladagi bo'linmalar farqi Δn bo'yicha (agar hajmiy ulush va kukunning umumiy hajmi ma'lum bo'lsa) kukunning kerakli dielektrik o'tkazuvchanligini ε'_1 hisoblash mumkin.

$$\varepsilon'_1 = \varepsilon'_{\text{maks}} (1 + \sqrt{1/\bar{v}_1}) \quad (1)$$

Bu yerda $\bar{v}_1 = V \text{ kukun} / V \text{ o'lchash joyi}$. (1)

Kukun hajmi V kukunning massasi m va zichligi ρ bo'yicha $V = m/\rho$ formulasi orqali hisoblanadi. ΔC yoki Δn ning maksimumi suyuqlikning dielektrik o'tkazuvchanlik qiymatlari orasida bo'ladi:

$$\varepsilon' = 1 \text{ va } \varepsilon' = \frac{\varepsilon'_2}{2} \quad (2)$$

Oddiy geometrik shaklli kameralar uchun o'lchash joyi hajmi tajribaviy usul bilan aniqlanadi (buretkalar orqali suyuqlik dozalanadi). 1-rasmda o'lchash joyi punktir chiziq bilan ajratilgan (bu joyning chekkalaridagi maydon hisobga olinmaydi). Mekk va Shill suyuqlik va kukun aralashmasining dielektrik o'tkazuvchanligini o'lchash yordamida kukunlarning dielektrik o'tkazuvchanligini aniqlash imkoniyatlarini batafsil o'rgangan. Aniq matematik yechim topilmagan, chunki umumiy holda "dielektrizatsiya faktori d " noma'lum, va shar uchun to'g'ri bo'lgan $g = 1/3$ qiymati kukunlarga nisbatan mos kelmaydi.



Shunga qaramay, kukunning dielektrik o'tkazuvchanligini yaxshi aniqlik bilan hisoblash mumkin, agar botirish usuli bo'yicha $\varepsilon'_1 - \varepsilon'_2$ farqi $\varepsilon'_1 + u$, ga nisbatan yetarlicha kichik bo'lsa, ya'ni $\varepsilon'_1 < \varepsilon'$ va $\varepsilon'_1 > \varepsilon'_2$ oralig'ida matematik interpolatsiya amalga oshirilishi mumkin.

$$\varepsilon'_1 = \varepsilon'_2 + \frac{\varepsilon'_1 - \varepsilon'_2}{V_1} \left[V + \frac{V_2 (\varepsilon'_1 - \varepsilon'_2)}{\varepsilon'_2} \right] \quad (3)$$

Bu yerda: ε'_1 - kukunning dielektrik o'tkazuvchanligi,

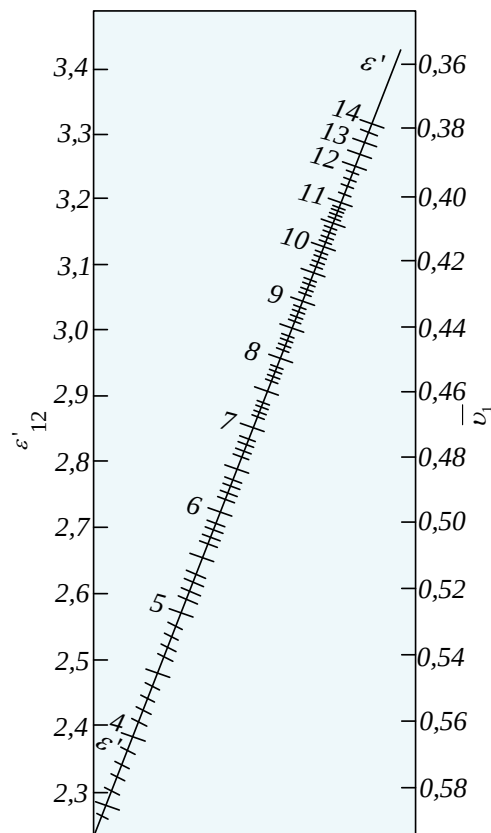
ε'_2 - suyuqlikning dielektrik o'tkazuvchanligi,

V_1 - kukun hajmi, $V_1 + V_2$ - suyuqlik va kukunning umumiy hajmi.

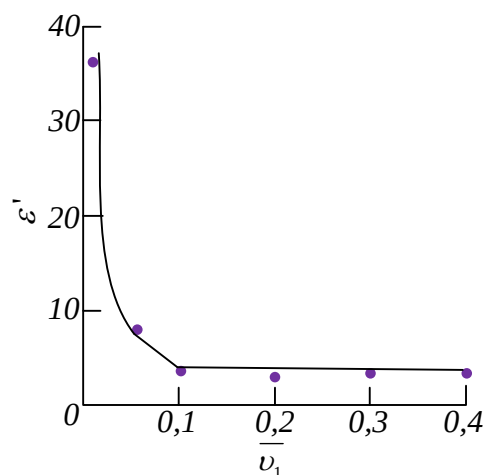
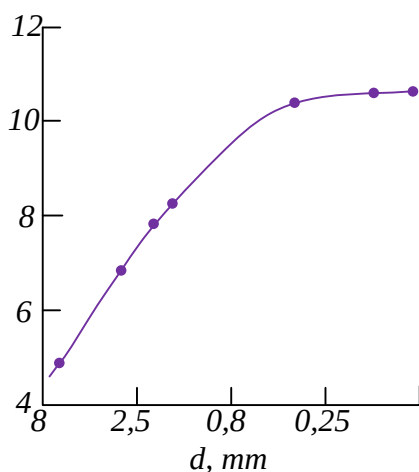
b. To'g'ridan-to'g'ri o'lchash usullari

Kukun va havo aralashmasining dielektrik o'tkazuvchanligini o'lchash asosida kukunning dielektrik o'tkazuvchanligini hisoblash bo'yicha ko'p marotaba urinishlar qilingan. Bunday hollarda, suyuqlikka botirish usuli kabi, dielektrizatsiya faktori bilan bog'liq qiyinchiliklar paydo bo'lgan. De Loor, Mekk va Shill, shuningdek, Pirs va Mex tomonidan geterogen aralashmalarning dielektrik xususiyatlariga bag'ishlangan chuqur tadqiqotlarga ko'ra, kukun materiali dielektrik o'tkazuvchanligi va o'lchangan geterogen aralashmaning dielektrik o'tkazuvchanligi o'rtasida umumiy qonuniyatlar yo'q. Har bir geterogen tizim uchun uning individual parametrlari aniqlanishi kerak.

Endi Viner tomonidan taklif qilingan va Bruggeman tomonidan tekshirilgan geterogen aralashmalarning dielektrik o'tkazuvchanligini hisoblash formulasi haqida batafsilroq ko'rib chiqamiz. Faraz qilaylik, ε'_{12} -kukun va havo aralashmasining dielektrik o'tkazuvchanligi, ε'_1 va ε'_2 . $\bar{v}$ - kukunning o'lchash zonasidagi umumiy hajmga bo'lgan hajmiy ulushi. $\bar{v}$ vazn orqali (1-formulaga qarang) yoki o'lchash orqali aniqlanishi mumkin. Kvaiziotrop moddalarda, funksiyaning aniq qiymati noma'lum bo'lganda, odatda quyidagicha hisoblashadi:



6-Rasm. Kukunning haqiqiy dielektrik o'tkazuvchanligini ε'_{12} aniqlash uchun nomogramma. Ushbu nomogramma, o'lchangan ko'rinma dielektrik o'tkazuvchanlik ε'_{12} va kukunning hajmiy ulushi $\bar{v}_1$ qiymatlari asosida kukunning haqiqiy dielektrik o'tkazuvchanligini aniqlash imkonini beradi.





7-Rasm. Kukunining dielektrik o'tkazuvchanligining uning dispersiyasiga (d - zarracha diametri) bog'liqligi.

8-Rasm. Shakarning kukunining dielektrik o'tkazuvchanligining hajmiy ulushi ϵ_1 (to'ldirish faktori) ga bog'liqligi.

Muallifning tadqiqotlari quyidagi ifoda orqali amalga oshirilgan:

$$2\bar{\nu}x^3 + (1 - \epsilon'_{12} + \bar{\nu}\epsilon'_{12})x^2 + (2 - 2\bar{\nu}_1 - 2\epsilon'_{12})x - \bar{\nu}_1\epsilon'_{12} = 0 \quad (4)$$

Bu ifoda bir qator anizotrop moddalarga tatbiq qilingan. Kub tenglamani yechib, x qiymati topilganidan so'ng, kukunning kerakli dielektrik o'tkazuvchanligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$\epsilon'_1 = x$ (38) tenglama uchta ratsional ildizga ega bo'lishi mumkin va kukunning o'tkazuvchanligini topish uchun eng kichik ijobiy ildiz tanlanishi kerak. 6-rasmda dielektrik o'tkazuvchanlikni (ϵ'_1) murakkab hisob-kitoblarsiz aniqlash imkonini beruvchi nomogramma ko'rsatilgan.

Muallifning so'nggi tadqiqotlariga ko'ra, (4) tenglama faqat mayda dispersiyaga ega kukunlar uchun qoniqarli natijalar beradi. 7-rasmdagi grafik alyuminiy oksidi kukunining dispersiyaligi oshgani sayin dielektrik o'tkazuvchanligi oshib, ma'lum bir maydalangan holatda ma'lum bir darajaga yetishini ko'rsatadi, bu suyuqlikka botirish usuli bilan olingan o'lchov ma'lumotlariga mos keladi.

Bundan tashqari, (4) tenglama faqat $\bar{\nu}_1 \geq 0.1$ bo'lganda to'g'ri bo'lishini ta'kidlash kerak. Agar $\bar{\nu}_1 < 0.1$ bo'lsa, dielektrik o'tkazuvchanlik keskin ortadi (8-rasm).



XULOSA

Kukunning dielektrik o'tkazuvchanligini aniqlash usullari turli sohalarda, jumladan materialshunoslik, fizika va muhandislikda katta ahamiyatga ega. Har ikkala o'lchash usuli-botirish usuli va to'g'ridan-to'g'ri o'lchash usuli o'zining afzalliklari bilan ajralib turadi. Botirish usuli, suyuqlik va kukun aralashmasining dielektrik o'tkazuvchanligini aniqlashda samarali bo'lib, aralashmalarni tahlil qilish uchun eng qulay va keng qo'llaniladigan usul hisoblanadi. Biroq, bu usulda dielektrik o'tkazuvchanlikni aniq hisoblash uchun ko'plab eksperimentlar va grafiklar kerak bo'ladi. To'g'ridan-to'g'ri o'lchash usuli esa kukunning dielektrik o'tkazuvchanligini to'g'ridan-to'g'ri o'lchash orqali aniqlashda qo'llaniladi, lekin bu usulda dielektrizatsiya faktori va boshqa murakkab omillarni hisobga olish talab etiladi, bu esa ba'zi hollarda murakkablik tug'dirishi mumkin. Muallif sifatida, men botirish usulini eng samarali va aniqroq usul deb hisoblayman, chunki bu usulda kukunning dielektrik o'tkazuvchanligi o'lchash jarayoni yanada soddalashtirilgan va ko'plab materiallar bilan ishlashda qulaylik yaratadi. Nomogramma va grafiklar yordamida olingan natijalar, shuningdek, matematik interpolatsiya orqali dielektrik o'tkazuvchanlikni aniq hisoblash imkonini beradi. Ushbu usul o'lchovlar natijalarini tezda olishga va aralashmalarning dielektrik xususiyatlarini tahlil qilishda mukammal natijalarga erishishga yordam beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Uljaev E., Narzullayev Sh.N., Norboev O.N., Substantiation of application of artificial neural networks for creation of humidity measuring devices// International Virtual Conference On Innovative Thoughts, Research Ideas and Inventions in Sciences. New York, USA. 2021. – pp. 86-92.
2. Uljaev E., Narzullayev Sh.N., Norboev O.N., Abdikhalilov O.U., Moisture meter for powder bulk materials // International Consortium on Academic, Trends on Education and Science. London, England, 2021. – pp. 115-117.



3. Uljayev E., Usmanova X.A., Turgunbayev A., Igamberdiyev X.Z., Ismatullayev P.R., Tulbayev F.A., Uljayev Z.E., Pardayev G.E., Norboyev O.N., Jumayev Sh.SH., Sochiluvchan materiallarning sig‘imli nam o‘lchagichi // Ixtiro uchun guvohnoma № IAP 05578, 17.03.2018 й.
4. Uljaev E., Ubaydullaev U.M., Narzullayev Sh.N., Khudoyberdiev E.F., Gradient algorithms for artificial neuron network teaching // International Conference on Innovations Energy and Cleaner Production. Silicon Valley, California-USA, 2021. – pp. 1-7.
5. Uljaev E., Ubaydullaev U.M., Narzullaev Sh.N., Capacity transformer of coaxial and cylindrical form of humidity meter // Chemical Technology, Control and Management. 2020. Vol. 2020: Iss. 4, Article 4, – pp. 23-30, <https://doi.org/10.34920/2020.4.23-30>.
6. Uljaev E., Narzullayev S., Utkir U., Shoir S., Increasing the Accuracy of Calibration Device for Measuring the Moisture of Bulk Materials // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. vol 305, – pp. 204-213. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83368-8_20.