

---

УДК 534.232

О.Г. Лейко, О.І. Дрозденко

Національний технічний університет України "КПІ", Київ

## РІДИННІ АКУСТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ І АНАЛІЗ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МІЦНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ НИХ

*Проведено аналіз електричної міцності конструкцій електроакустичних приладів, які є важливою складовою сучасної електроакустичної апаратури для рідинних акустичних технологій. Розглянуті типові конструкції циліндричних та стержньових п'єзокерамічних електроакустичних перетворювачів та показано, якими елементами конструкцій забезпечується їх електрична міцність. Встановлені місця суттєво неоднорідних електричних полів в основних типах конструкцій п'єзокерамічних електроакустичних перетворювачів. Показано, що всі конструкції електроакустичних приладів мають однакові місця, в яких можливе виникнення електричних пробойів. Однак розробка уніфікованих конструкторських рішень щодо їх електроізоляції можлива лише для електричних ввідів конструкцій перетворювачів.*

**Ключові слова:** електроакустичний перетворювач, електрична міцність, електричний пробій, електроізоляція.

### Вступ

Електроакустичні прилади є електричними приладами. Тому в їх конструкціях струмонесучі елементи повинні бути електроізовані як між собою, так і від інших елементів конструкції. Це стосується як прийомних, так і випромінюючих приладів. При цьому для останніх вимоги по елект-

роізоляції є більш жорсткими, а конструкторські рішення – більш складними [1, 2].

В якісному відношенні на процеси пошуку та відбору цих рішень в значній мірі впливає встановлення та аналіз тих фізичних причин, які обумовлюють появу в конструкціях значних неоднорідностей електричних полів. При цьому електрична міцність конструкцій приладів визначається як величи-

нами електричної напруженості полів, так і типом пробоїв, які обумовлюються цією напруженістю.

Розробка методів розрахунку електричної міцності конструкцій п'єзокерамічних електроакустичних приладів, які працюють в рідині, є складним теоретичним і експериментальним пошуковим процесом [2, 3]. До того ж, наявність великої кількості різних конструкцій перетворювачів ускладнює розробку універсальних методів розрахунку їх електричної міцності. Слід зазначити, що роботи, спрямовані на визначення електричної міцності саме п'єзокерамічних електроакустичних приладів, практично відсутні.

**Метою даної роботи** є аналіз електричних пробоїв, які виникають в конструкціях електроакустичних приладів, та можливих місць появи суттєво неоднорідних електричних полів в цих конструкціях.

### Аналіз електричної міцності конструкцій перетворювачів

Для електроакустичних приладів, які забезпечують практичну реалізацію рідинних акустичних технологій, тривала працездатність їх конструкцій в частині електричної міцності в значній мірі забезпечується конструкторськими рішеннями по захисту конструкцій від дії рідини. Це обумовлено тим, що в процесі експлуатації пари рідини внаслідок дифузійних явищ здатні проникати крізь герметизуючі оболонки конструкцій приладів у внутрішній об'єм цих конструкцій і створювати можливості для появи електричних пробоїв в слабких місцях конструкцій.

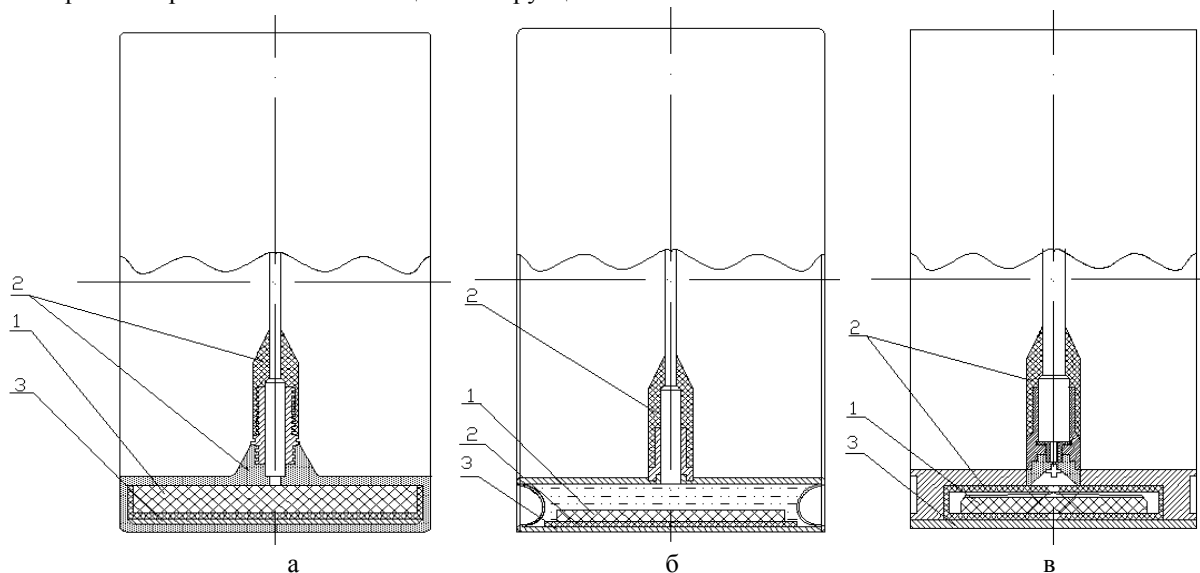


Рис. 1. Варіанти електроізоляції активних елементів конструкцій п'єзокерамічних циліндричних приладів

### Аналіз електричної міцності конструкцій стержневих перетворювачів

Типові конструкції стержневих перетворювачів (рис. 2) мають коливальну систему 1, яка складається з активного елемента 2 та двох металевих накладок 3. Кріплення коливальної системи до корпусу 4 здійснюється через полімерну розв'язку 5. Електроізоляція

### Аналіз електричної міцності конструкцій циліндричних перетворювачів

Основні типи можливих варіантів практичної реалізації електроізоляції активних елементів конструкцій п'єзокерамічних циліндричних електроакустичних приладів зображені на рис. 1, де 1 – активний елемент, 2 – електроізоляція, 3 – бандаж. У випадку герметизації активних елементів 1 шарами полімерних матеріалів 2, роль електроізоляційного матеріалу виконує сам полімерний матеріал (рис. 1, а). Якщо активний елемент армовано за допомогою металу 3, то між ним і армуючим елементом вводиться шар електроізоляційного матеріалу 2 (рис. 1, б, в). При заповненні внутрішніх об'ємів приладів електроізоляційними рідинами роль електроізоляції і середовища, що забезпечує необхідний акустичний контакт між випромінюючими поверхнями п'єзоелементів 1 і корпусом приладу 3, можуть виконувати самі рідини (1, б). При заповненні внутрішніх об'ємів приладів електроізоляційними газами випромінюючі поверхні п'єзоелементів 1 електроізольовуються від металевих поверхонь корпусів 3 за допомогою твердих електроізоляційних матеріалів 2 (рис. 1, в).

Таким чином, аналіз конструкцій (рис. 1) свідчить про те, що електроізоляція п'єзокерамічних циліндричних електроакустичних приладів забезпечується підбандажною ізоляцією, ізоляцією від корпусу, ізоляціями монтажу і струмовводів.

в силових конструкціях (рис. 2, а) забезпечується шаром повітря, або елегазу 6, а в компенсованих конструкціях (рис. 2, б) – електроізоляційною рідиною 7, які знаходяться всередині корпусу.

В самих коливальних системах електроізоляція п'єзоелемента 8 від металевих деталей може здійснюватись одним з наступних способів:

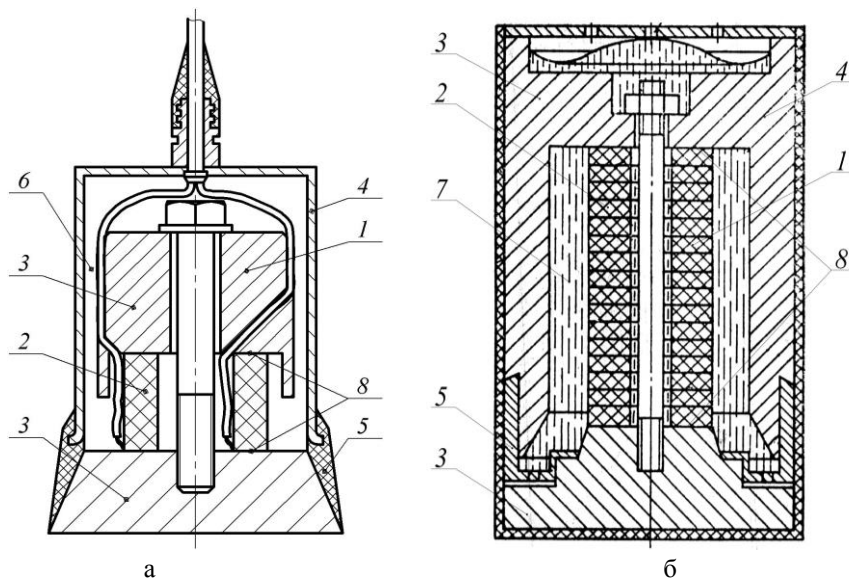


Рис. 2. Конструкції стержньових перетворювачів

– введенням тонких електроізоляційних прокладок між п'єзоелементом та металевими накладками, виконаними, наприклад, із слюди;

– застосуванням електроізоляційних порошкових полімерних покриттів типу глазурі [4], нанесених на поверхні металевих накладок, які повернуті до торцевих поверхонь активного елемента;

– введенням в конструкцію між передньою та тильною накладками та торцевими поверхнями активного елемента таких же, як і в ньому п'єзокерамічних шайб, з якими попередньо здійснена технологічна операція деполаризації [5].

### Аналіз місць електричного пробію в конструкціях перетворювачів

Досвід експлуатації конструкцій електроакустичних приладів при реалізації мультимедійних акустичних технологій свідчить про те, що навіть при роботі в нормальних умовах і при відносно низьких частотах на опір приладів змінному і постійному струмам суттєвий вплив має вологість і температура оточуючого середовища, а електрична міцність приладів, поряд з цими факторами, суттєво залежить від їх напруженого стану і типу пробію, який визначається цим станом. Так, в газах, при певних величинах електричної напруги, які залежать від форми електричного поля, починаються іонізаційні явища, які супроводжуються появою розряду, що тліє і переходить з ростом напруги в корону (частковий розряд) і лавиноподібний пробій. В рідинах, поряд з іонізацією, можливі і теплові пробіи. В твердих тілах можливі чисто електричні, теплові і іонізаційні (при наявності порушень суцільності) пробіи через товщу метала, а також частковий розряд та перекриття по поверхні розподілу «тверде тіло – середовище», що межує з ним.

Аналіз конструкцій основних типів електроакустичних приладів, зображених на рис. 3 свідчить про те, що в сучасних конструкціях електроакусти-

чних приладів мають місце суттєво неоднорідні електричні поля:

– поля 1 між електродами активних елементів і струмопровідними частинами корпуса приладу (бандажі, фланці, мембрани і т.п.) схожі з полем двох взаємно перпендикулярних площин, із яких одна (електрод) має товщину біля 10 – 20 мкм;

– поля 2 між елементами монтажу і електродами (корпусами) схожі з полем між проводом і площиною;

– поля 3 між різнополярними електродами активного елемента аналогічні полю плоского конденсатора з різко вираженим краєвим ефектом;

– поля між елементами електромонтажу (струмовводи, проводи і т.п.) аналогічні полю двохпроводної лінії.

Саме ці поля утворюють місця електричних пробію в конструкціях приладів. Найбільш неоднорідним з них є поле між двома взаємно ортогональними площинами. Це поле є і найбільш поширеним типом електричного поля у випромінюючих приладах.

З точки зору дії зовнішніх умов елементи різних типів конструкцій електроакустичних приладів знаходяться в суттєво різних умовах. Електроізоляція випромінюючих приладів герметизованих оболонками, в силу їх безпосереднього контакту з середовищем піддається тим же діям, що і елементи герметизації. Однак, у випадку відсутності внутрішніх об'ємів заповнених газом, в даному типі конструкцій електроакустичних приладів виключене випадання роси на поверхнях активних елементів і виникнення корони на їх струмопровідних частинах.

В маслозаповнених конструкціях електроакустичних приладів виключено випадання роси, оскільки молекули рідини рівномірно розподілені по об'єму масла.

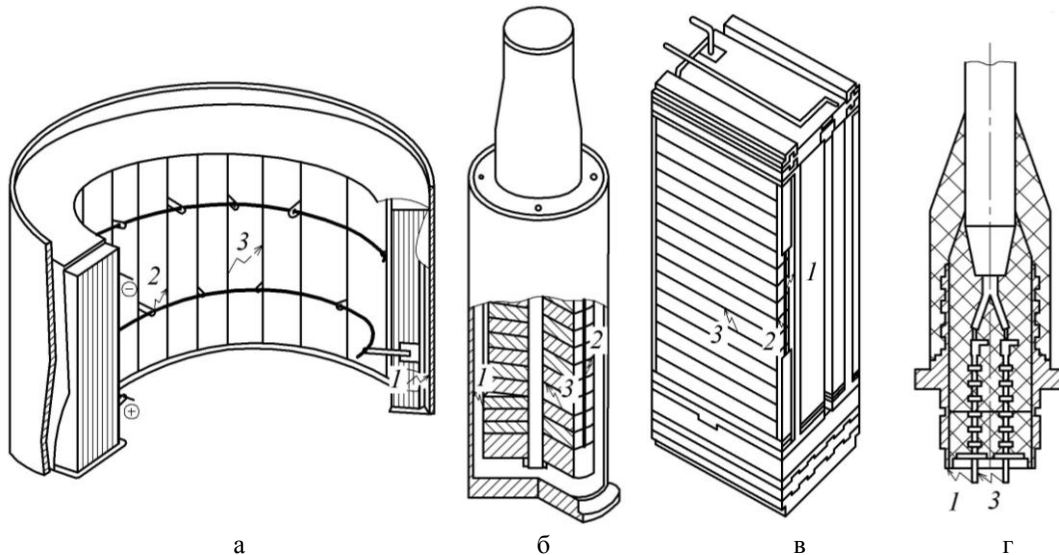


Рис. 3. Неоднорідні електричні поля в конструкціях основних типів електроакустичних приладів

В силових і розвантажених конструкціях можливе випадання роси і виникнення корони на активних елементах, а також поглинання парів рідини твердими електроізоляційними прошарками.

### Висновки

Аналіз конструкцій електроакустичних приладів різних типів в частині їх електричної міцності показує, що всі вони мають однакові місця, в яких утворюються суттєво неоднорідні електричні поля, обумовлюючи в процесі експлуатації появу електричних пробивів. Але принципова різниця в побудові електромеханічних коливальних систем різних приладів унеможливує розробку уніфікованих конструкторських рішень щодо електроізоляції конструкцій цих приладів. В той же час для електричних ввідів цих конструкцій така можливість існує і може бути реалізованою для електроакустичних приладів різних типів.

### Список літератури

1. *Електроакустичні п'єзокерамічні перетворювачі (розрахунок, проектування, конструювання): навч. посібн.* / В.С. Дідовський, О.Г. Лейко, В.Г. Савін. – Кіровоград: Імекс-ЛТД, 2006. – 448 с.

2. *Подводные электроакустические преобразователи. (Расчет и проектирование): справочник* / В.В. Богородский, Л.А. Зубарев, Е.А. Корепин, В.И. Якушев. – Л.: Судостроение, 1983. – 248 с.

3. Дрозденко О.І. Розрахункове забезпечення електричної міцності конструкцій електроакустичних перетворювачів, герметизованих полімерними матеріалами / О.І. Дрозденко // *Електроніка і зв'язь*. – 2011. – №1(60). – С. 149 – 152.

4. Свид-во на полезн. модель 35494 Российская Федерация, МПК Н 04 R 17/00. Стержневой пьезокерамический армированный преобразователь / Голубева Г.Х., Марьянский М.М., Михайлов Г.А., Пивоварова Н.В.; заявитель и патентообладатель Федеральн. гос. унитарное предпр. «ЦНИИ «Морфизприбор». – № 2003121185/20; заявл. 14.07.2003; опубл. 10.01.2004.

5. Пат. 67616 Україна, МПК Н 04 R 17/00. Стержневий п'єзокерамічний перетворювач. / Дрозденко К.С., Дрозденко О.І., Лейко О.Г., Нечипоренко І.В.; заявники та патентовласники Дрозденко К.С., Дрозденко О.І., Лейко О.Г., Нечипоренко І.В.. – № u201111144; заявл. 19.09.2011; опубл. 27.02.2012, Бюл. №4, 2012р.

Надійшла до редколегії 27.06.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.В. Коржик, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ.

### ЖИДКОСТНЫЕ АКУСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ ДЛЯ НИХ

А.Г. Лейко, А.И. Дрозденко

Проведен анализ электрической прочности конструкций электроакустических приборов, которые являются важной составляющей современной электроакустической аппаратуры для жидкостных акустических технологий. Рассмотрены типичные конструкции цилиндрических и стержневых пьезокерамических электроакустических преобразователей и показано какими элементами конструкций обеспечивается их электрическая прочность. Установлены места существенно неоднородных электрических полей в основных типах конструкций пьезокерамических электроакустических преобразователей. Показано, что все конструкции электроакустических приборов имеют одинаковые места, в которых возможно возникновение электрических пробоев. Однако разработка унифицированных конструкторских решений относительно их электроизоляции возможна лишь для электрических вводов конструкций преобразователей.

**Ключевые слова:** электроакустический преобразователь, электрическая прочность, электрический пробой, электроизоляция.

---

LIQUID ACOUSTIC TECHNOLOGIES AND THE ELECTRIC DURABILITY ANALYSIS  
OF ELECTRO-ACOUSTIC DEVICES DESIGNS FOR THEM

O.G. Leiko, O.I. Drozdenko

*The analysis of electric durability of designs of electro-acoustic devices are the important making modern electro-acoustic equipment which is carried out. Typical designs of cylindrical and rod piezoceramic electro-acoustic transducers are considered. It is shown by what elements of designs their electric durability is provided. Places of essentially non-uniform electric fields in the basic types of designs of piezoceramic electro-acoustic transducers are established. In them there can be electric breakdowns. It is shown, that all designs of electro-acoustic devices have identical places in which occurrence of electric breakdowns is possible. However working out of the unified design decisions concerning their electroisolation is possible only for electric inputs of designs of transducers.*

**Keywords:** *electro-acoustic transducer, dielectric strength, electrical breakdown, electrical insulation*