

УДК 534.232

О.Г. Лейко, О.І. Дрозденко

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", Київ

## ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ДЛЯ РІДИННИХ АКУСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І КОНСТРУКТОРСЬКІ ШЛЯХИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ, ЩО ДІЄ НА НИХ

Для сучасних конструкцій електроакустичних перетворювачів, які забезпечують випромінювання та прийом акустичних сигналів у складі гідроакустичної апаратури, проаналізовано вплив та шляхи нейтралізації зовнішнього гідростатичного тиску. На основі накопичених варіантів конструкції перетворювачів узагальнені конструкторські рішення даного питання для силових, компенсованих та розвантажених типів конструкцій. Матеріали статті розширюють можливості розробників електроакустичних перетворювачів проводити пошук компромісів щодо різних варіантів конструкцій та задоволення вимог умов експлуатації, які стають дедалі жорсткішими.

**Ключові слова:** електроакустичний перетворювач, статичний тиск, силова, компенсована, розвантажена конструкція, циліндричний, стержневий, пластинчатий перетворювач.

### Вступ

Аналіз експлуатаційних навантажень, що діють на електроакустичні перетворювачі (ЕАП), призначені для рідинних акустичних технологій, показує [1 – 3], що із всіх цих навантажень найбільший вплив на ефективність, розміри, масу, а відтак і вартість, ЕАП має величина зовнішнього робочого статичного тиску.

В більшості конструкцій ЕАП мають місце такі принципові відмінності, що залежність параметрів цих перетворювачів від дії зовнішнього статичного тиску виявляється суттєво неоднаковою. Найбільш поширена в теперішній час класифікація ЕАП за типом коливальної системи (циліндричні, стержневі, пластинчасті) [1 – 3] не дозволяє охарактеризувати ці перетворювачі з точки зору особливостей їх роботи при великих зовнішніх статичних тисках. Найбільш важливим фактором, який визначає роботу електроакустичного перетворювача під дією зовнішнього статичного тиску, є залежність параметрів його активного елемента від величини тиску. Тому було визнано необхідним ввести доповнюючу класифікацію, згідно з якою ЕАП групуються за ступенем і характером дії зовнішнього статичного тиску на збуджуючий ці перетворювачі активний матеріал [1, 3].

Таким чином, щодо способів нейтралізації впливу зовнішнього статичного тиску на ефективність ЕАП всі можливі їх конструкції, можуть бути розділені на три групи – силові, компенсовані і розвантажені [3].

Вбачається доцільним проаналізувати накопичений досвід пошуку і реалізації конструкторських рішень нейтралізації дії гідростатичного тиску на ЕАП. Саме це і є **метою даної роботи**.

### Аналіз накопиченого досвіду

Розглянемо особливості конструкторських рішень щодо нейтралізації дії гідростатичного тиску на конструкції п'єзокерамічних ЕАП для кожної з визначених груп.

На рис. 1 схематично показані приклади таких конструкцій для перетворювачів з різними типами

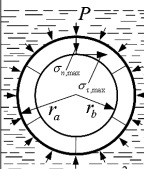
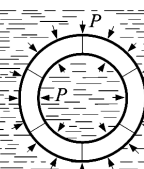
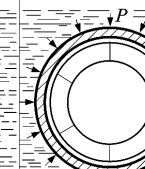
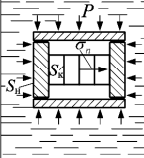
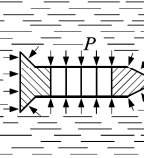
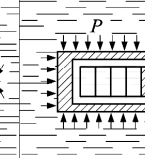
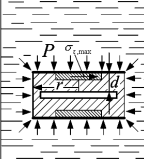
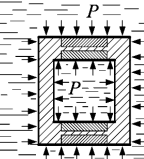
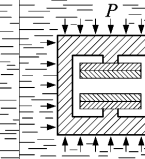
		Конструкція		
		Силова	Компенсована	Розвантажена
Тип коливальної системи	Циліндрична	 $\sigma_{r,max} = P \frac{2r_a^2}{r_a^2 - r_b^2}$ $\sigma_{t,max} = P \frac{r_a^2 + r_b^2}{r_a^2 - r_b^2}$	 $\sigma = P$	 $\sigma = 0$
	Стержнева	 $\sigma_n = P \frac{S_n}{S_k}$	 $\sigma = P$	 $\sigma = 0$
	Пластинчаста	 $\sigma_{\tau,max} = 1,25P \frac{l^2}{d^2}$	 $\sigma = P$	 $\sigma = 0$

Рис. 1. Конструкції ЕАП з різними типами коливальних систем

коливальних систем та наведені вирази для нормальних  $\sigma_n$  та тангенціальних  $\sigma_\tau$  механічних напружень в п'єзокераміці.

Основні різновиди сучасних силових конструкцій циліндричних, пластинчастих та сферичних п'єзокерамічних перетворювачів наведені на рис. 2 і 3.

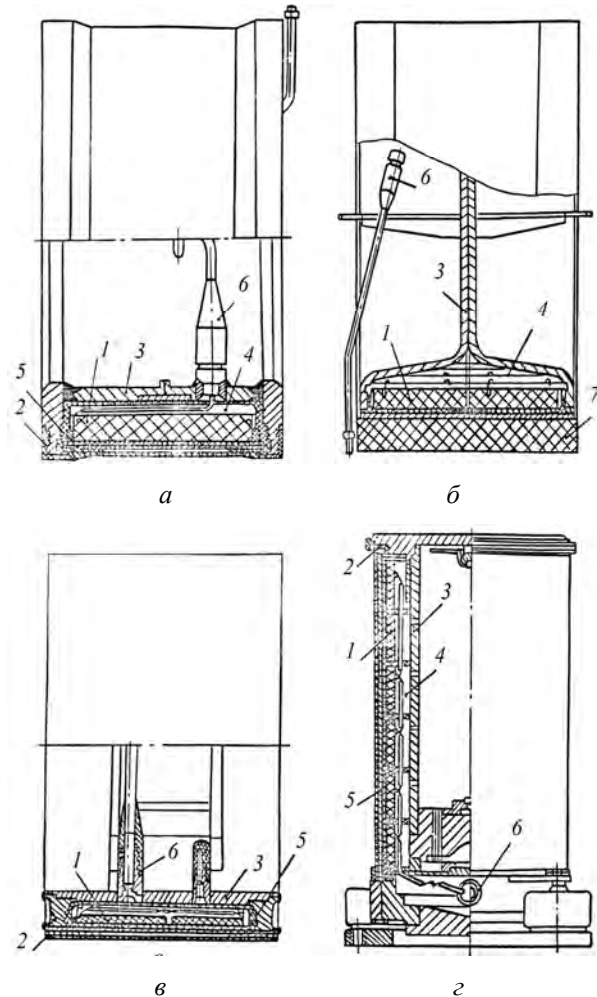


Рис. 2. Силові конструкції циліндричних електроакустичних перетворювачів

На цих рисунках цифровим позначенням відповідають такі конструктивні елементи:

- 1 – активний елемент;
- 2 – кріплення;
- 3 – корпус;
- 4 – електроізоляція;
- 5 – елемент армування;
- 6 – струмовід;
- 7 – акустичний екран.

В даних конструкціях зовнішній статичний тиск трансформується в активному елементі в двохісне механічне напруження. Їх внутрішні об'єми заповнені електроізоляційним газом, який одночасно виконує і роль внутрішнього акустичного екрану.

Герметизація і електроізоляція активних елементів силових конструкцій від корпусних деталей здійснюється поєднанням шарів полімерних матеріалів та металів.

Серед наведених на рис. 2 і 3 силових конструкцій найбільші зміни параметрів під впливом напруженого стану, який створюється зовнішнім статичним тиском, мають конструкції пластинчастих та циліндричних ЕАП.

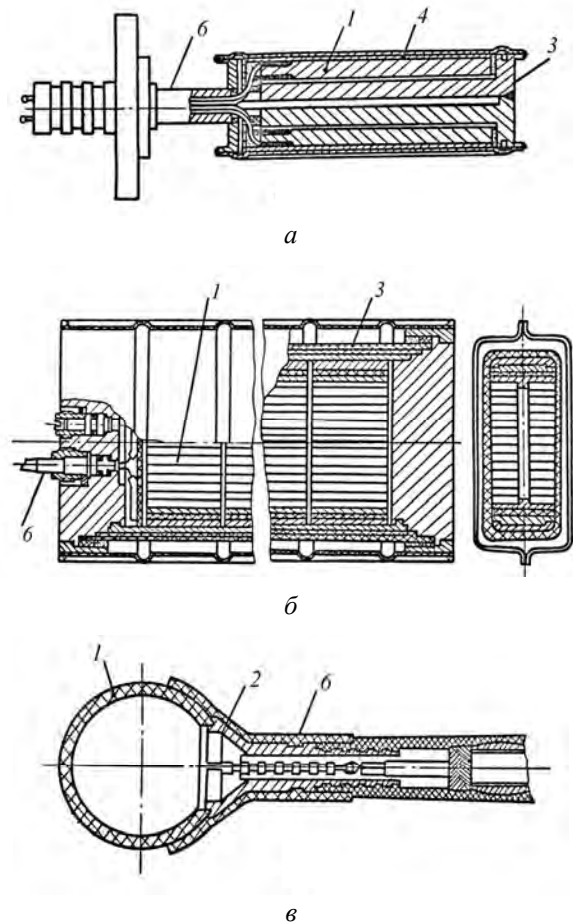
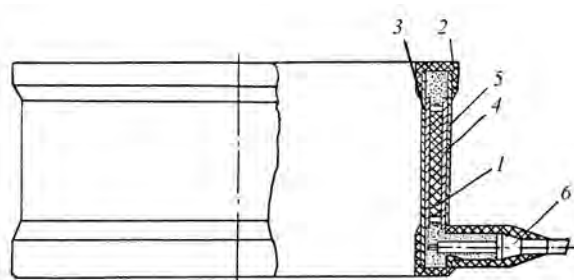


Рис. 3. Силові конструкції пластинчастих та сферичних електроакустичних перетворювачів

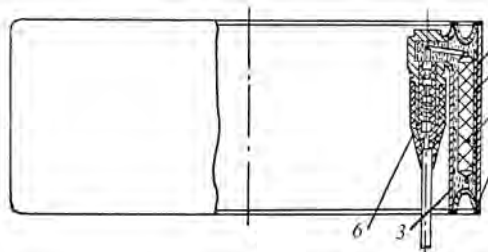
Основні типи *компенсованих* конструкцій циліндричних та стержньових ЕАП наведені відповідно на рис. 4 та 5.

Цифрові позначення на рис. 4 та 5 такі ж, як і на рис. 2. В них активний елемент, як і всі інші елементи конструкції, при роботі під зовнішнім статичним тиском знаходяться в стані всебічного стиснення.

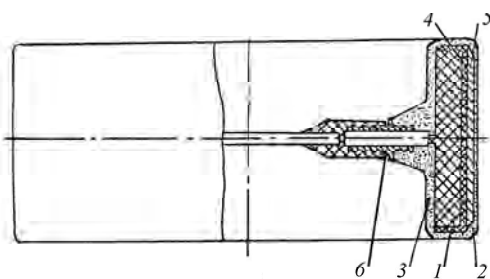
Електроізоляція і герметизація компенсованих конструкцій може бути здійснена шарами полімерних матеріалів (рис. 4, а, в і рис. 5, а), а також поєднанням шарів металів з електроізоляційними рідинами і полімерними матеріалами (рис. 4, б і рис. 5, б, в).



а

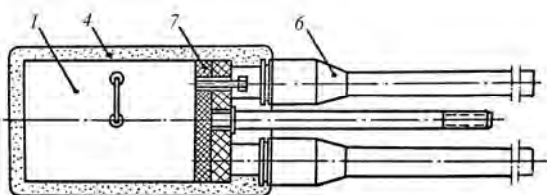


б

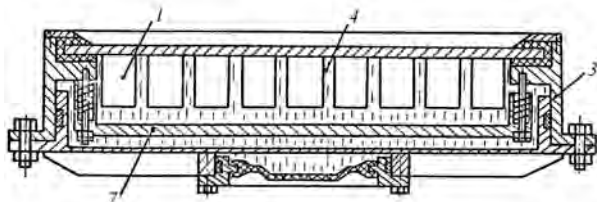


в

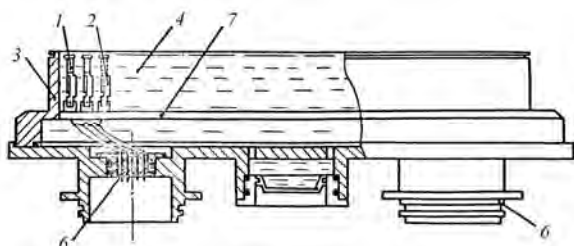
Рис. 4. Компенсовані конструкції циліндричних електроакустичних перетворювачів



а



б

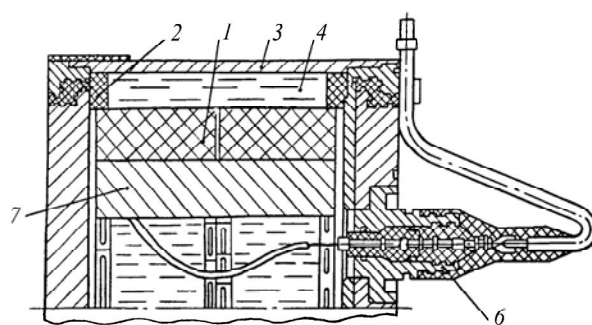


в

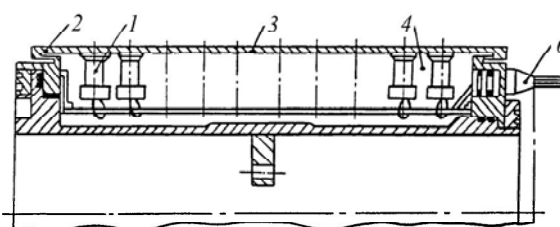
Рис. 5. Компенсовані конструкції стержневих електроакустичних перетворювачів

Електроакустичні параметри компенсованих конструкцій мають найменші зміни під впливом зовнішнього статичного тиску, оскільки в них суттєво можуть змінюватись лише акустичні параметри екранів. В той же час при роботі під великим зовнішнім тиском компенсовані конструкції можуть забезпечити менші, порівняно з силовими і розвантаженими конструкціями, маси і вартості приладів. Однак, площі поверхонь, які потребують екранування та герметизації полімерними матеріалами, у компенсованих конструкцій мають суттєво більші величини, ніж у силових. Це обумовлює більші втрати енергії в екранах і елементах герметизації, а відтак і дещо меншу ефективність.

Основні різновиди сучасних *розвантажених* конструкцій ЕАП зображені на рис. 6 (а – циліндричний перетворювач; б – прилад на стержневих перетворювачах) та рис. 7 (стержневі перетворювачі з різними конструктивними рішеннями).



а



б

Рис. 6. Розвантажені конструкції електроакустичних перетворювачів

В розвантажених конструкціях зовнішній статичний тиск або не діє на активний елемент, або діє слабше, ніж в силових конструкціях, які були розглянуті вище. Аналіз наведених конструкцій свідчить про те, що активний елемент в них у всіх випадках розвантажено завдяки наявності міцного корпусу та елементів кріплення. Саме вони приймають на себе навантаження, які створюються зовнішнім статичним тиском.

Внутрішній об'єм розвантажених конструкцій частково, або повністю заповнений газом, що виконує і роль внутрішнього акустичного екрану (у стержневих ЕАП), або електроізоляційною рідиною (у циліндричних ЕАП).

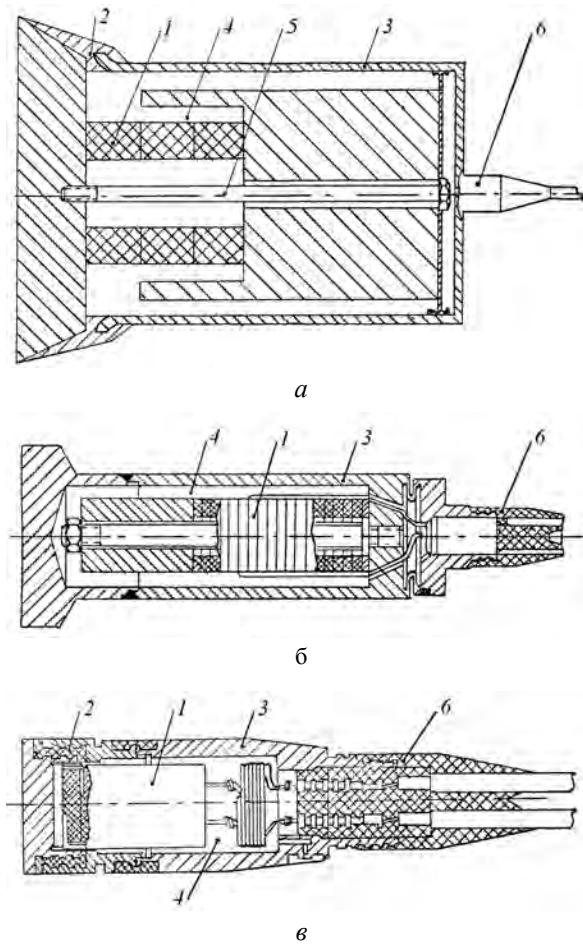


Рис. 7. Розвантажені конструкції стержньових електроакустичних перетворювачів

Електроакустичні параметри розвантажених конструкцій ЕАП можуть змінюватись під впливом

зовнішнього статичного тиску тільки внаслідок змін параметрів кріплень активних елементів.

## Висновки

Відпрацьований на сьогоднішній день поділ конструкцій електроакустичних перетворювачів для рідинних акустичних технологій, як за типами електромеханічних коливальних систем, так і за групами нейтралізації дії на них в рідині зовнішнього статичного тиску забезпечує широкі можливості пошуку компромісів при практичній реалізації технічних та експлуатаційних вимог, які безперервно ускладнюються. Тому в подальшому дослідження слід націлити на визначення критеріїв раціональності, а ще краще – оптимальності досягнення цих компромісів.

## Список літератури

1. Дідковський В.С. Електроакустичні п'єзокерамічні перетворювачі (розрахунок, проектування, конструювання): навч. посібн. / В.С. Дідковський, 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. Дідковський В.С. Конструювання електроакустичних приладів і систем для мультимедійних акустичних технологій: навч. посібн. / В.С. Дідковський, С.М. Порошин, О.Г. Лейко, А.О. Лейко, О.І. Дрозденко. – К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 390 с.

Надійшла до редколегії 29.12.2014

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

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ЖИДКОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И КОНСТРУКТОРСКИЕ ПУТИ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА НИХ

А.Г. Лейко, А.И. Дрозденко

Для современных конструкций электроакустических преобразователей, которые обеспечивают излучение и прием акустических сигналов в составе гидроакустической аппаратуры, проанализировано влияние и пути нейтрализации внешнего гидростатического давления. На основе накопленных вариантов конструкций преобразователей обобщенные конструкторские решения данного вопроса для силовых, компенсированных и разгруженных типов конструкций. Материалы статьи расширяют возможности разработчиков электроакустических преобразователей проводить поиск компромиссов для разных вариантов конструкций в части удовлетворения требований условий эксплуатации, которые становятся все более жесткими!

**Ключевые слова:** электроакустический преобразователь, статическое давление, силовая, компенсированная, разгруженная конструкция, цилиндрический, стержневой, пластинчатый преобразователь.

## TRANSDUCERS FOR LIQUID ACOUSTIC TECHNOLOGIES AND DESIGN WAYS TO NEUTRALIZE THE HYDROSTATIC PRESSURE ACTING ON THEM

O.G. Leiko, O.I. Drozdenko

The influence and ways of external hydrostatic pressure neutralization for modern electro-acoustic transducers designs as a part of the hydroacoustic equipment which provide the acoustic signals radiation and reception are analyzed. For the power, compensated and unloaded types of transducers designs on the basis of accumulated transducers variants designs solutions are generalized. Materials of article expand possibilities of electro-acoustic transducers developers in searching compromises for different design variants and satisfaction of service conditions requirements which become more and more rigorous.

**Keywords:** electro-acoustic transducer, the static pressure, power, compensated, balanced design, cylindrical, rod, plate transducer.