

УДК 621.3.082.73

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЬЕЗОЭНЕРГЕТИКИ  
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ  
PROSPECTS FOR DEVELOPMENT OF PIEZOENERGY  
IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

В.А. Кочетков

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Kochetkov

Supervisor – T. Petrovskaya, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** Исследование анализирует перспективы развития пьезоэнергетики в Беларуси. Рассмотрены различные технологии преобразования механической энергии в электрическую с использованием пьезоэлектрических материалов. Определены ключевые направления применения пьезоэнергетики и разработаны рекомендации по ее развитию, включая создание научных центров и поддержку инноваций.

**Abstract:** The research explores the potential of piezoelectric energy in Belarus. It investigates various technologies for converting mechanical energy into electricity using piezoelectric materials. Key applications of piezoelectric energy are identified and recommendations for fostering its development, such as establishing scientific centers and promoting innovation, are provided.

**Ключевые слова:** пьезоэнергетика, преобразование энергии, возобновляемая энергия, энергоэффективность, инновационные технологии.

**Keywords:** piezoelectric energy, energy conversion, renewable energy, energy efficiency, innovative technologies.

### **Введение**

Пьезоэлектрическая энергетика имеет огромный потенциал для развития в энергетике будущего. Пьезоэлектрические технологии могут быть использованы для создания устройств, которые могут генерировать электроэнергию из механических воздействий, таких как вибрации, давление и тепловые колебания и удары. Одним из перспективных направлений развития пьезоэлектрической энергетики может стать увеличение эффективности и энергоемкости пьезоэлектрических материалов. Это позволит создавать более эффективные и долговечные устройства, способные генерировать больше энергии.

### **Основная часть**

Пьезоэлектрический эффект обусловлен деформацией элементарных кристаллических ячеек и сдвигом подрешеток относительно друг друга при механических деформациях. Поляризованность при небольших механических деформациях пропорциональна их величине. Пьезоэффект возникает в кварце, сегнетовой соли и некоторых других кристаллах.

Напряжение, вырабатываемое в следствии прямого пьезоэлектрического эффекта выражено формулой:

$$U_{\text{В}} = Plg_{33}, \quad (1)$$

где  $P$  – давление, приложенное каплей в момент падения, Па;  
 $g_{33}$  – электрический коэффициент напряжения, В·м/Н;  
 $l$  – толщина пьезоэлемента, мм.

Институт высоких технологий и пьезотехники ЮФУ НКТБ [1] опубликовал на своем сайте таблицу значений различных параметров пьезоэлектрических материалов, одним из которых является электрический коэффициент напряжения –  $g_{33}$ .

Высоким электрическим коэффициентом напряжения обладают сегнетомягкие материалы, в частности цирконат-титанат свинца 19.

Для нахождения давления, приложенного каплей в момент падения, воспользуемся формулой:

$$P = \frac{F}{S}, \quad (2)$$

где  $F$  – сила, с которой падала капля, Н;  
 $S$  – площадь падения, м<sup>2</sup>.

Для нахождения силы, с которой падала капля, воспользуемся формулой:

$$F = mg, \quad (3)$$

где  $m$  – масса тела, кг;  
 $g$  – гравитационная постоянная, м/с<sup>2</sup>.

Для нахождения массы капли, воспользуемся формулой:

$$m = V\rho, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность вещества, кг/м<sup>3</sup>;  
 $V$  – объем вещества, м<sup>3</sup>.

Для нахождения объема капли, воспользуемся формулой:

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3, \quad (5)$$

где  $r$  – радиус окружности, м.

Для нахождения площади капли в момент падения, воспользуемся формулой:

$$S = 4\pi r^2, \quad (6)$$

Для нахождения общего объема дождевой воды на 1 м<sup>2</sup>, выпадающего за месяц, воспользуемся формулой:

$$M = Sh, \quad (7)$$

где  $M$  – общий объем дождевой воды на 1 м<sup>2</sup>;  
 $S$  – площадь поверхности, м<sup>2</sup>;  
 $h$  – суммарное месячное количество осадков, м.

Для нахождения количества дождевых капель воды на  $1 \text{ м}^2$ , выпадающего за месяц, воспользуемся формулой:

$$\frac{M}{v} (\text{капли}) = n (\text{капли}), \quad (8)$$

где  $v$  (капли) – объем капли,  $\text{м}^3$ ;

$n$  (капли) – месячное количество капель на  $\text{м}^2$ , шт.

Для нахождения напряжения, вырабатываемого из дождевых капель воды на  $1 \text{ м}^2$ , выпадающего за месяц, воспользуемся формулой:

$$U_{eo} = n (\text{капли}) U_e, \quad (9)$$

где  $U_{eo}$  – общее напряжение, В;

$U_e$  – напряжение, созданное от одной капли воды, В.

Из записанных формул возможно выразить общее выходящее напряжение:

$$U_{eo} = \frac{Mplg33}{S}. \quad (10)$$

Из уравнения получаем следующие данные, которые сведем в таблицу.

Таблица 1 – Результаты расчета

$I_e$ (А)	$U_e$ (мВ)	R (КОм)	P (мВт)	$P_0$ (мВт)
3	0,02	150	0,06	54

### Заключение

Проведенное исследование открывает новые горизонты для развития пьезоэнергетики в Беларуси. Несмотря на достигнутые результаты, необходимо продолжить исследования в области создания новых материалов и технологий, а также расширять сферу применения пьезоэлектрических устройств. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение экономических аспектов развития пьезоэнергетики, а также на оценку ее социального и экологического воздействия.

### Литература

1. Зибров В.А., Тряпичкин С.А., Соколовская О.В. Пьезогенератор в устройстве структурного мониторинга водопроводных сетей [Электронный ресурс]: научный журнал «Инженерный вестник Дона». – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/>. Дата доступа: 11.02.2024.
2. Пальчевская А.А. Пьезогенераторы, пьезоэлектрика как альтернативный источник энергии / Белорус. нац. технич. ун-т [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/>. Дата доступа: 13.02.2024.