

## РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТОВ

*Авад П.А.<sup>1</sup>, Сидорова А.А.<sup>2</sup>, Мамонова Т.Е.<sup>3</sup>,  
<sup>1</sup> ТПУ, ИШИТР, гр. 8Е02, e-mail: [paal3@tpu.ru](mailto:paal3@tpu.ru)  
<sup>2</sup> ТПУ, ИШИТР, ст. преподаватель, e-mail: [sidorova@tpu.ru](mailto:sidorova@tpu.ru)  
<sup>3</sup> ТПУ, ИШИТР, к.т.н., доц., e-mail: [stepte@tpu.ru](mailto:stepte@tpu.ru)*

### Введение

В последние десятилетия мы наблюдаем неустанный прогресс науки и технологий, а одной из ключевых областей в центре внимания стала эффективная работа с возобновляемыми источниками энергии. В этом контексте все большую актуальность приобретают исследования, связанные с генерацией энергии из неочевидных источников.

Особое внимание уделяется возможности извлечения энергии из повседневных действий человека, таких как ходьба. Использование пьезоэлементов (АС\_переменный ток DC\_постоянный ток) является одним из перспективных подходов к достижению этой цели. Представленное в работе устройство способно превращать механическую деформацию, например от давления наступающего человека на платформу, в электрическую энергию [1].

Идея генерации энергии через пьезоэлементы при ходьбе представляет собой инновационный подход для использования в повседневных приборах. Когда человек двигается, его шаги оказывают механическое воздействие на поверхность под ногами. Этот процесс может быть зафиксирован с помощью встроенных пьезоэлементов, которые превращают каждый шаг в электрический импульс.

При наличии достаточного количества пьезоэлементов и оптимальной организации, можно получить значительное количество энергии.

Целью представленной работы является разработка и исследование аппаратно-программной части платформы для генерации энергии на основе пьезоэлементов.

### Техническая составляющая

Разработка платформы для генерации энергии на основе пьезоэлементов может быть сложным и многоэтапным процессом. Важно провести все этапы систематически, начиная с проектирования на бумаге и заканчивая созданием прототипа и его тестированием.

Общий алгоритм для разработки такой платформы следующий [2]:

1. **Определение требований:** определите цели и требования для вашей платформы, такие как максимальная мощность, частота генерации энергии, рабочие условия и другие параметры.

2. **Проектирование 3D-модели:** используйте SolidWorks или аналогичное программное обеспечение для создания 3D-модели вашей платформы. Учтите расположение и размеры пьезоэлементов, а также монтажную конструкцию.

3. **Разработка электрической схемы печатной платы (РСВ):** создайте электрическую схему, которая включает в себя пьезоэлементы, выпрямитель для преобразования переменного тока в постоянный, и другие необходимые компоненты.

4. **Разработка управляющей электроники:** разработайте контроллер, который будет отслеживать работу пьезоэлементов и управлять энергетическими процессами.

5. **Производство прототипа:** создайте физический прототип на основе 3D-модели и печатной платы РСВ, при этом используйте технологии производства для изготовления корпуса и печатных плат.

### Программа Proteus

Программа представляет собой мощный инструмент для симуляции и моделирования электронных систем, включая схемы, которые включают пьезоэлементы. Она позволяет создавать и проверять различные схемы, а также анализировать их работу.

Одним из интересных применений пьезоэлементов является получение энергии из шагов проходящих пассажиров на станциях метро, схема пьезоэлементов в программе Proteus представлена на рис. 1.

Для демонстрации работы схемы выполнено:

1. Создание схемы в Proteus: начиная с создания схемы в Proteus, которая включает в себя пьезоэлементы, выпрямитель (для преобразования переменного заряда в постоянный) и устройство для хранения энергии, такое как аккумулятор или конденсатор [3].

2. Настройка параметров пьезоэлементов: указываются параметры пьезоэлементов, такие как их эффективность в преобразовании механической энергии в электрическую [4].

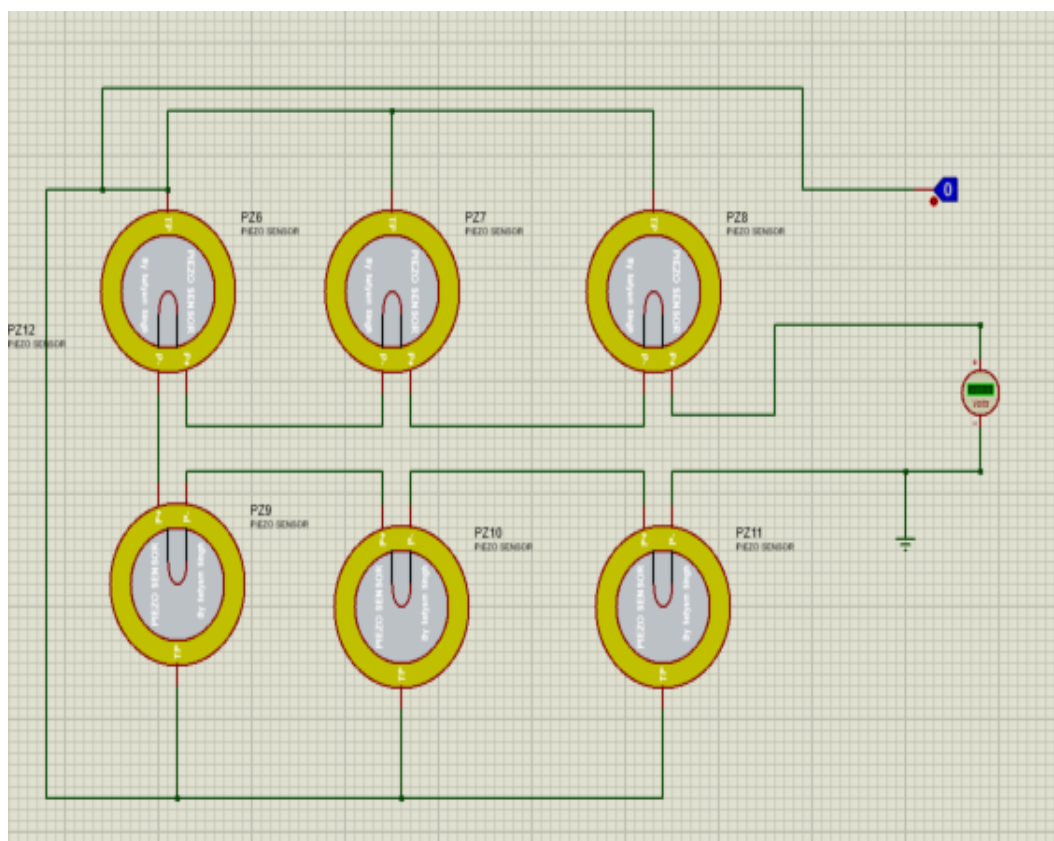


Рис. 1. Схема соединения пьезоэлементов в программе Proteus

В таблице 1 представлены результаты исследования влияния количества элементов и их схемы соединения на выходное напряжение устройства.

Таблица 1

Вид соединения пьезоэлементов	Количество элементов, шт	Выходное напряжение (пьезоэлемент), В
Последовательное	7	5
Параллельное	10	3,7
Последовательно-параллельное	6	5

Разработка печатной платы – это многоэтапный процесс, который включает в себя несколько ключевых шагов.

**Общая последовательность этапов для создания и подготовки РСВ следующая.**

1. **Проектирование схемы:** определите функциональные требования к вашей плате и создайте схему, отображающую, как будут соединены компоненты.
2. **Выбор компонентов:** определите необходимые компоненты, такие как резисторы, конденсаторы, микросхемы и др., при этом следует учитывать параметры каждого компонента, такие как емкость, сопротивление, рабочее напряжение и т. д.
3. **Создание библиотеки компонентов:** если необходимо, создайте библиотеку компонентов, чтобы упростить их последующее добавление в схему (рис. 2.).
4. **Создание схемы в РСВ-дизайнере:** используйте РСВ-дизайнер для печатной платы, такой как EasyEDA, KiCad, Eagle и др.
5. **Размещение компонентов:** разместите компоненты на плате в соответствии с вашей схемой и функциональными требованиями (рис. 3).

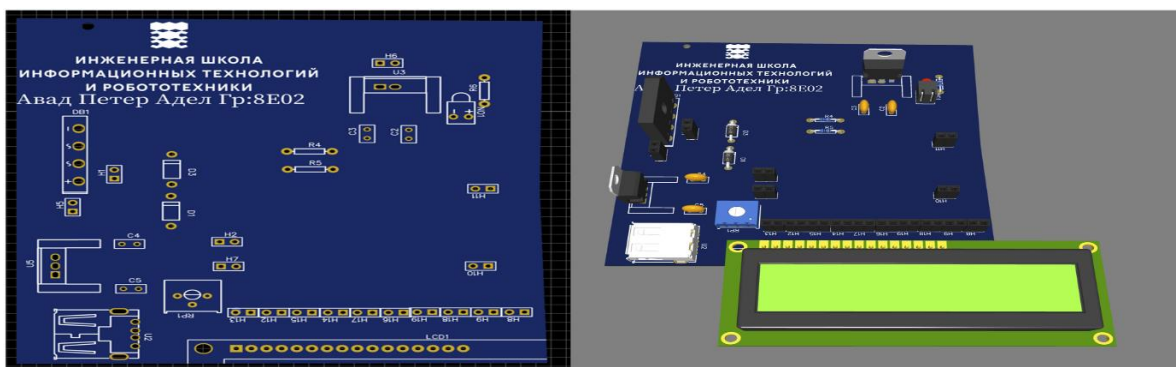


Рис. 2. Проектирование печатной платы PCB

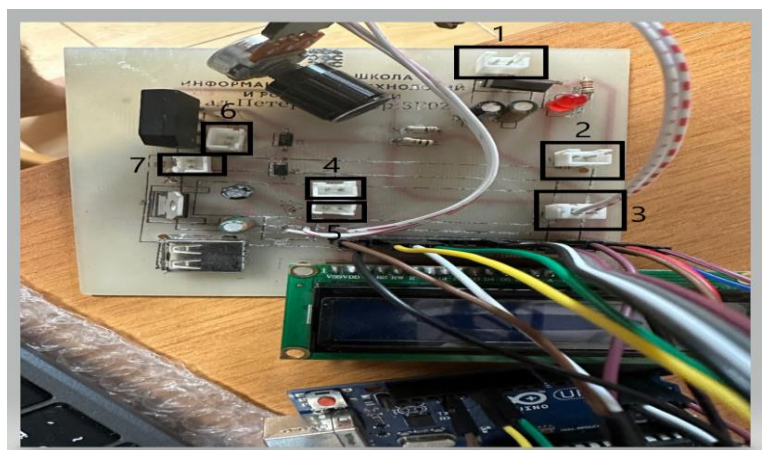


Рис. 3. Вид готовой платы PCB

После изготовления печатной платы и подключения всех устройств для выполнения тестирования было выполнено следующее.

1. Присоединение напряжения в диапазоне от 7.5 до 10 вольт к пину номер 1 (Volt\_input).
2. Подсоединение UNO к пину номер 2 (Output 5 volt).
3. Использование пин номер 3 (для подсчета количества шагов) для чтения информации о шагах или какой-либо другой информации, которую он предоставляет.
4. Подключение преобразователь повышающего напряжения к пину номер 4 (для pin преобразователь повышающего напряжения) и убедитесь, что он правильно повышает напряжение.
5. Подключение преобразователя повышающего напряжения к пину номер 5 (данный преобразователь повышающего напряжения) и проверьте его работоспособность.
6. Пин номер 6 используется для получения энергии из пьезоэлемента.
7. К пину номер 7 подсоединяется зарядное устройство (для зарядки аккумулятора).

#### Возможные варианты улучшения системы

1. **Использование программы Altium Designer** для разработки более эффективных схем и печатных плат. Это поможет повысить производительность и надежность системы на рис. 4.
2. **Хранение собранной энергии в батарее:** для хранения собранной энергии следует выбрать батарею, соответствующую поставленным мощностным требованиям.
3. **Оценка потребления энергии** с использованием ESP32 и Wi-Fi модели для удаленного управления через приложение Blynk. Была создана программа для мониторинга и управления потреблением энергии, вид которой представлен на рис. 5.
4. **Оптимизация энергопотребления (для густонаселенных городов и мест скопления потоков людей, например, для метро)** следует доработать систему измерительными устройствами и сенсорами для регулирования яркости освещения в зависимости от окружающего освещения и наличия передвигающихся людей.

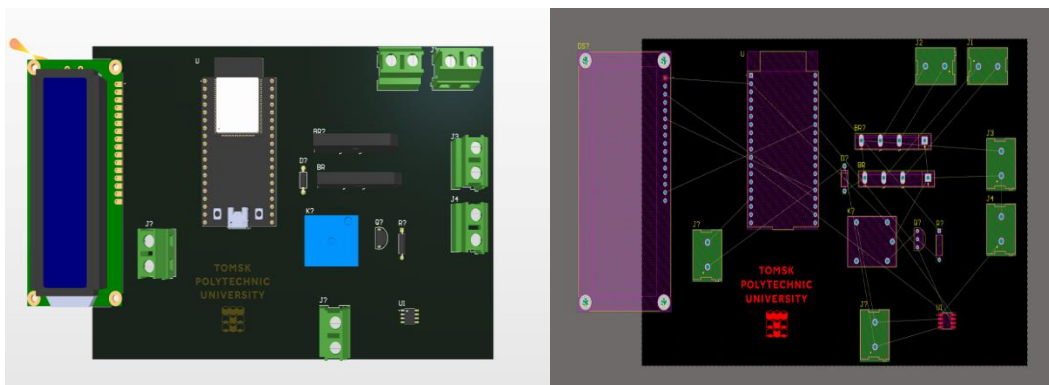


Рис. 4. Печатная плата PCB на Altium Designer 3D

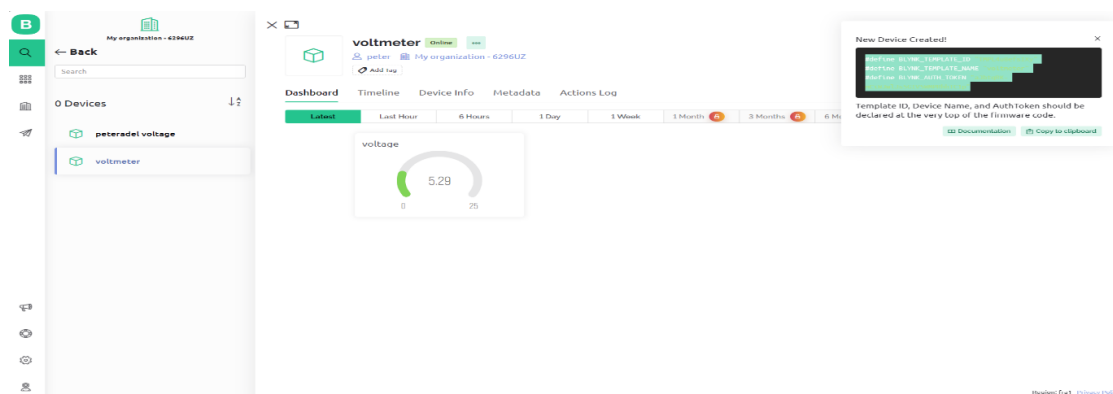


Рис. 5. Вид изменения данных об изменении параметра платформы в приложении Blynk

## Заключение

В представленной работе было выполнено исследование влияния количества пьезоэлементов и их схемы соединения на производимую энергию. Выполненные эксперименты в программном продукте Proteus показали, что наилучшим решением является сочетание последовательно-параллельного вида соединения, что дает такую же энергию, что и последовательное соединение, но при меньшем количестве элементов.

Так же разработана печатная плата, проведено её тестирование, указаны варианты улучшения алгоритма проектирования подобных устройств и их изготовления.

Возможные применения разрабатываемой платформы являются места скопления потоков людей, таких как станции метро, прогулочные и велосипедные дорожки.

## Список использованных источников

1. Rudi P. Paganellia, Aldo Romanib, Alessandro Golfarellib, Michele Magib, Enrico Sangiorgib, Marco Tatagni. Modeling and characterization of piezoelectric transducers by means of scattering parameters. Part I: Theory // Sensors and Actuators A: Physical. – 2010. – № 160. – P. 9–18.
2. Mohammed Abdul Karim. Novel archetype of fluid-based energy generation system from human footsteps, Mowaz (2021): Novel archetype of fluid-based energy generation system from human footsteps. Текст : электронный // URL: [https://www.researchgate.net/publication/353343321\\_Novel\\_archetype\\_of\\_fluidbased\\_energy\\_generation\\_system\\_from\\_from\\_human\\_footsteps\\_human\\_footsteps](https://www.researchgate.net/publication/353343321_Novel_archetype_of_fluidbased_energy_generation_system_from_from_human_footsteps_human_footsteps) (дата обращения: 23.10.2023).
3. Energy-Generating Floors to Power Tokyo Subways. – Текст : электронный // Tokyo. – URL: <http://inhabitat.com/Tokyo-subway-stations-get-piezoelectric-floors/Japan-east-rail-corporation-jr-east-piezoelectric-floors> (дата обращения: 25.10.2023).
4. Piezo products. – Текст : электронный // Piezoelectric Ceramic Products. – 2005. – P.10 – 40. – URL: Available: [piousa.us/fileadmin/user\\_upload/pi\\_us/files/catalogs/Piezo\\_Ceramics\\_Piezo\\_Materials\\_Piezo\\_Technology\\_Catalog-PIC.pdf](https://piousa.us/fileadmin/user_upload/pi_us/files/catalogs/Piezo_Ceramics_Piezo_Materials_Piezo_Technology_Catalog-PIC.pdf) (дата обращения: 01.11.2023).