

Научная статья  
УДК 630.0/681.5

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ УСТРОЙСТВ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСА И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Арте́м Серге́евич Ры́чков<sup>1</sup>, Диана Евге́ньевна Веренцова<sup>2</sup>,  
Серге́й Петро́вич Саннико́в<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> asrychkov02@gmail.com

<sup>2</sup> verentsovad@mail.ru

<sup>3</sup> ssp-2@mail.ru

**Аннотация.** В статье исследована проблема по разработке автономного источника питания технических средств, отдельных устройств и датчиков для сбора данных о состоянии лесного фонда. Авторами рассмотрены существующие источники питания и генерации электроэнергии и предложен сравнительно менее распространенный метод генерации электроэнергии. Представлено описание и требования по разработке устройство, работающего с использованием данного метода.

**Ключевые слова:** автономность, генерация электроэнергии, эффект Зеебека, информационные технологии, управление лесами

Original article

## APPLICATION OF THERMOELECTRIC ELEMENTS AS A POWER SOURCE REMOTE FOREST MONITORING AND FOREST FIRE PREVENTION DEVICE

Artem S. Rychkov<sup>1</sup>, Diana E. Verentsova<sup>2</sup>, Sergey P. Sannikov<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> asrychkov02@gmail.com

<sup>2</sup> verentsovad@mail.ru

<sup>3</sup> ssp-2@mail.ru

**Abstract.** The article examines the problem of developing an autonomous power supply of technical means, individual devices and sensors for collecting data on the state of the forest fund. The authors consider the existing power

sources and electricity generation and propose a relatively less common method of generating electricity. The description and requirements for the development of a device working using this method are presented.

**Keywords:** autonomy, electricity generation, Seebeck effect, information technology, forest management

При проектировке различных электронных устройств одним из важных вопросов становится выбор наиболее подходящего способа питания. Для поддержания работоспособности в сети устройств по мониторингу лесного массива при помощи радиометок в первую очередь рассматриваются литиевые аккумуляторы [1], которые при применении в данных не энергоёмких устройствах прослужат достаточно продолжительный период времени. Однако при проектировке необходимо учитывать не только долговечность, но и автономный источник питания, способный обеспечивать устройство напряжением от 5 до 10 вольт.

Очевидным выходом в таком случае является использование фотоэлектрических элементов, превращающих энергию солнечного света в электроэнергию, но ключевыми недостатками таких элементов являются редкость и высокая стоимость компонентов, используемых для их изготовления, а также перебивающийся цикл, вызванный сменой времени суток и протяженности светового дня в летний и зимний периоды.

Альтернативой является использование энергии ветра. Но в густых лесах скорость ветра очень мала, в связи с чем использование данного источника питания больше подходит для редких лесов.

Однако в данной ситуации не многие знают о еще одном методе выработки электроэнергии, который носит название термоэлектрический. Данный метод основан на эффекте Зеебека.

Целью данной работы является предложить альтернативный способ автономного питания устройств мониторинга леса, основанный на методе теплогенерации.

Задачи:

- 1) определение термоэлектрического метода генерации электроэнергии;
- 2) разработка принципа работы устройства генерации электроэнергии.

Метод термоэлектрической генерации электроэнергии возможен при использовании термоэлектрических генераторных модулей, известных как элементы Зеебека, в основе которых лежит термоэлектрическая пара. При наличии разности температур в элементе возникает термо-ЭДС, обеспечивающая протекание постоянного тока при подключении внешней нагрузки.

Применение данного метода рассматривались в нескольких работах, примерами которых являются работы Михаила Седлера и Перта Шостаковского «Удаленная диспетчеризация теплосетей в “Умном городе”» [2], Перта Шостаковского «Термоэлектрические источники альтернативного электропитания» [3]. В своих работах они описывали применение элементов

Зеебека в качестве источников питания требовательных устройств и в условиях разницы температур в условиях городской среды, где возможно найти источники достаточно высоких температур (например, теплотрасса), что отличается от менее благоприятных условий природы, где найти подходящий источник тепла достаточно проблематично. Известно, что средняя температура в средней полосе России находится в пределах от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  зимой и до  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  летом [4].

В качестве примера, потенциально подходящего для питания наших устройств, рассмотрим модуль Зеебека SP1848-27145. Ниже приведены данные (табл. 1). Модуль SP1848-27145 способен выдавать минимальное необходимое напряжение и мощность только при разности температур в  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В лесу такую разность получить без мощных источников тепла попросту невозможно. Исправить эту проблему можно последовательным подключением 10 элементов, что увеличит напряжение до необходимых 10 В и мощность до 2,2 Вт.

Таблица 1

Характеристика элемента Зеебека SP1848-27145 [5]

Разность температур, $^{\circ}\text{C}$	Выходное напряжение, В	Выходной ток, мА	Выходная мощность, Вт
20	0,97	225	0,22
40	1,8	368	0,66
60	2,4	469	1,13
80	3,6	558	2,01
100	4,8	669	3,21

Нерешенным остается вопрос, откуда взять данную разность температур, ведь если одну из поверхностей элемента достаточно нагревать или охлаждать воздухом окружающей среды, то ко второй поверхности нужно приложить противоположную по характеру температуру.

Одним из решений может стать погружение в землю на уровень промерзания почвы, средняя глубина которого для региона Урала составляет в среднем 2 м. Поэтому заглубление должно составить равным 2,5–3 м. На этой глубине диапазон температуры находится в пределах от 2,6 до 3,7  $^{\circ}\text{C}$  земли на глубине 3-х м. Изолированный теплопроводящий стержень из материала с высокой теплопроводностью, соединенного с одной из поверхностей элемента Зеебека, представлен на рис. 1.

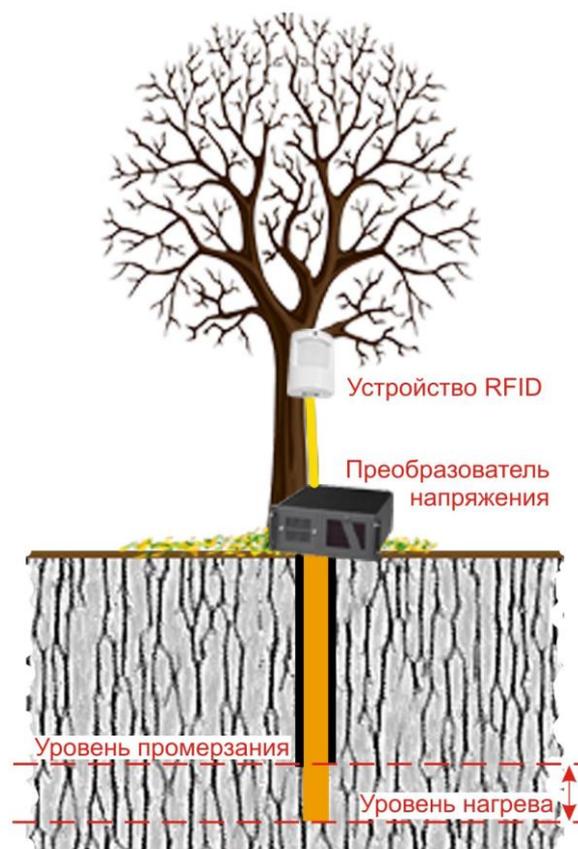


Рис. 1. Эскиз конструкции устройства генерации альтернативной электроэнергии

Изоляция стержня сохраняется на протяжении уровня промерзания почвы зимой, не более 3-х метров, а дальше необходимо обеспечить непосредственный контакт стержня с почвой для обеспечения передачи теплоэнергии от земли в стержень. Исходя из табл. 2 теплопроводности металлов и сплавов, можно сделать вывод о том, что наиболее подходящим в данной ситуации материалом являются медь и серебро, но последнее имеет высокую себестоимость. Поэтому для промышленного производства необходимо использовать красную (электротехническую) медь (с минимальным количеством примесей).

Таблица 2

Теплопроводность металлов и сплавов [6]

Металл, сплав	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град)
Алюминий	209,3
Железо	74,4
Золото	312,8
Латунь	85,5
Медь	389,6
Ртуть	29,1
Серебро	418,7
Сталь	45,4
Чугун	62,0

В таком случае с летнее время, когда температура окружающей среды в среднем выше  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , одна из поверхностей будет нагреваться от окружающей среды, а медный стержень будет охлаждать другую поверхность, создавая необходимую для работы элемента Зеебека разность температур. В зимнее же время стержень, находящийся под землей, будет наоборот нагревать поверхность, в то время как окружающая среда будет охлаждать другую поверхность элемента.

Для зарядки литиевого аккумулятора необходим преобразователь термо-ЭДС от элемента Зеебека до стабильного напряжения питания электронного устройства мониторинга лесного массива  $3,3\text{ В}$  или  $5\text{ В}$ . На рис. 2. представлена структурная схема.



Рис. 2. Структурная схема электропитания устройства мониторинга лесного массива

Итоговым конструктивным решением проблемы автономного питания устройств дистанционного мониторинга леса является дополнительный модуль, состоящий из элементов Зеебека, преобразователей напряжения для формирования выходного напряжения питания устройств и изолированного медного стержня, находящегося под землей на глубине трех метров.

### *Список источников*

1. Санников С. П., Побединский В. В., Мехренцев А. В. Мониторинг леса электронными средствами : учебное пособие. Екатеринбург : УГЛТУ, 2017. 140 с.

2. Седлер М., Шостаковский П. Удаленная диспетчеризация теплосетей в умном городе // Умный город : [сайт]. URL: <https://controleng.ru/wp-content/uploads/7938.pdf?ysclid=lnkqzft2xv874112917> (дата обращения: 11.10.2023).

3. Шостаковский П. Термоэлектрические источники альтернативного электропитания // Новые технологии : [сайт]. URL: <https://7ink.ru/MdBiW> (дата обращения: 12.10.2023).

4. Физическая география – климат России // Арзамасский филиал Университета Лобачевского : [сайт]. URL: <https://arz.unn.ru/2016-05-16-10-34-33/1168-2016-05-19-06-16-58> (дата обращения: 15.10.2023).

5. Русу А., Ильченко К. Таблица характеристик элемента Зеебека SP1848-27145. Как мы превращали тепло в электричество (особенности применения термогенераторов) // Радио Лоцман : [сайт]. URL: <https://7ink.ru/KouZc> (дата обращения: 14.10.2023).

6. Кошкин Н. И., Ширкевич М. Г. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : справочник / под ред. А. В. Романкова. М. : Наука, 1982. 246 с.