

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ НИЖЕГОРОДСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И. ЛОБАЧЕВСКОГО»

АРЗАМАССКИЙ ФИЛИАЛ

ОТДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

(АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ ИМ. В.А.  
НОВИКОВА)

# ПРЕЗЕНТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОУД.08 ФИЗИКА

## ТЕМА: ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Выполнил:

студент гр. 8717ОП –ЗЭЛ

Пронин Данил

специальность: 32.02.08

Электрификация и автоматизация

сельского хозяйства

Проверил:

преподаватель физики

Резоватова С.Н.

Оценка: \_\_\_\_\_

г. Арзамас

2017

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЬ ЯВЛЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОЗНИКНОВЕНИИ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ

3. ПОНЯТИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА

4. ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

# ВВЕДЕНИЕ

ВОЗМОЖНО, НАС ЖДУТ НОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ И УГЛЯ И ТАКИХ МАЛО РАЗВЕДАННЫХ РАЙОНАХ, КАК АВСТРАЛИЯ, САХАРА ИЛИ АНТАРКТИКА. КРОМЕ ТОГО, ИНТЕНСИВНО РАЗРАБАТЫВАЮТСЯ И ОСВАИВАЮТСЯ НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ УГЛЯ ИЗ ТОНКИХ И ГЛУБОКИХ ПЛАСТОВ, А ТАКЖЕ НЕФТИ ИЗ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. НЕТ СОМНЕНИЯ В ТОМ, ЧТО БУДУТ РАЗРАБОТАНЫ ПРИНЦИПИАЛЬНО НОВЫЕ, БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКОПАЕМЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА. ТРАДИЦИОННЫЙ МНОГОСТУПЕНЧАТЫЙ ПРОЦЕСС, КОГДА ТОПЛИВО СЖИГАЮТ, ЧТОБЫ ПОЛУЧИТЬ ВОДЯНОЙ ПАР, КОТОРЫЙ НАПРАВЛЯЕТСЯ НА ВРАЩЕНИЕ ТУРБИНЫ ГЕНЕРАТОРА, ВЫРАБАТЫВАЮЩЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, СОПРЯЖЕН С ОГРОМНЫМИ ПОТЕРЯМИ ЭНЕРГИИ. БОЛЬШЕЙ ЧАСТИ ЭТИХ ПОТЕРЬ МОЖНО ИЗБЕЖАТЬ, ЕСЛИ НАУЧИТЬСЯ ПРЕВРАЩАТЬ ТЕПЛО НЕПОСРЕДСТВЕННО В ЭЛЕКТРИЧЕСТВО. ПЕРВЫМ ВОЗМОЖНОСТЬ ТАКОГО ПРОЦЕССА ОБНАРУЖИЛ НЕМЕЦКИЙ ФИЗИК Т. ЗЕЕБЕК В ДАЛЕКОМ 1823 ГОДУ. ПЛОТНО СОЕДИНИВ ПРОВОДА ДВУХ РАЗНЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗАМКНУТООУ ЦЕПЬ И НАГРЕВ МЕСТО СТЫКА, ОН ЗАМЕТИЛ, КАК ДРОГНУЛА СТРЕЛКА, НАХОДИВШЕГОСЯ РЯДОМ КОМПАСА. ЭТО ОЗНАЧАЛО, ЧТО ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЕПЛА В ЦЕПИ ВОЗНИКАЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК (ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВО). ОДНАКО САМ АВТОР НЕВЕРНО ИСТОЛКОВАЛ РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ОПЫТА, И О ЕГО ОТКРЫТИИ НАДОЛГО ЗАБЫЛИ.

ОДНАКО С ПОЯВЛЕНИЕМ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ЗАБЫТЫЙ ЭФФЕКТ ЗЕЕБЕКА С НОВА ПРИВЛЕК ВНИМАНИЕ УЧЕНЫХ. И В РЕЗУЛЬТАТЕ БЫЛИ РАЗРАБОТАНЫ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ. ПРИ НАГРЕВАНИИ ОДНОГО КОНЦА ПОЛУПРОВОДНИКА В НЕМ ПОЯВЛЯЕТСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ: В ПОЛУПРОВОДНИКЕ P-ТИПА НА ХОЛОДНОМ КОНЦЕ ВОЗНИКАЕТ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД, А В n-ЭЛЕКТРОДЕ - ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ. ЕСЛИ ДВА ЭТИХ ЭЛЕКТРОДА СОЕДИНИТЬ В ФОРМЕ U-ОБРАЗНОЙ КОНСТРУКЦИИ С n-p-ПЕРЕХОДОМ В НИЖНЕЙ ЧАСТИ, ТО НАГРЕВАНИЕ ЭТОГО СТЫКА ПРИВЕДЕТ К ТОМУ, ЧТО НА ВЕРХНЕМ КОНЦЕ P-ЭЛЕКТРОДА БУДЕТ НАКАПЛИВАТЬСЯ ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЗАРЯД, А НА ВЕРХНЕМ КОНЦЕ n-ЭЛЕКТРОДА - ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ.

В ИТОГЕ МЕЖДУ НИМИ ПОТЕЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК, ПРИЧЕМ ЭТОТ ПРОЦЕСС БУДЕТ ПРОДОЛЖАТЬСЯ ДО ТЕХ ПОР, ПОКА ПОДДЕРЖИВАЕТСЯ РАЗНОСТЬ ТЕМПЕРАТУР. (И НАОБОРОТ, ПРОПУСКАНИЕ ЧЕРЕЗ ТЕРМОЭЛЕМЕНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ВЫЗЫВАЕТ ПОГЛОЩЕНИЕ ТЕПЛА И ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПОЭТОМУ ЕГО МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ В КАЧЕСТВЕ ХОЛОДИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА.)

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ - ОЧЕНЬ КОМПАКТНЫЙ, НЕ ТРЕБУЮЩИЙ НИ ДОРОГОСТОЯЩЕГО ГЕНЕРАТОРА. НИ ГРОМОЗДКОГО ПАРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ - МОЖНО ЛЕГКО УСТАНОВИТЬ ПРАКТИЧЕСКИ В ЛЮБОМ

# 1. ПЕРВООТКРЫВАТЕЛЬ ЯВЛЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА

ЗЕЕБЕК (СЕЕВЕК) ТОМАС ИОГАНН (9. IV.1770 - 10. XII.1831) - НЕМЕЦКИЙ ФИЗИК, ЧЛЕН БЕРЛИНСКОЙ АН (1814) Р. В РЕВЕЛЕ (ТЕПЕРЬ ТАЛЛИН). УЧИЛСЯ В БЕРЛИНСКОМ И ГЁТТИНГЕНСКОМ УНТАХ, В ПОСЛЕДНЕМ ПОЛУЧИЛ В 1802 СТЕПЕНЬ ДОКТОРА. РАБОТАЛ В ЙЕНЕ, В 20-Х ГОДАХ В БЕРЛИНЕ.

РАБОТЫ ПОСВЯЩЕНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ, МАГНЕТИЗМУ, ОПТИКЕ. ОТКРЫЛ В 1821 ЯВЛЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВА (В ПАРЕ "МЕДЬ - ВИСМУТ"), ПОСТРОИЛ ТЕРМОПАРУ И ИСПОЛЬЗОВАЛ ЕЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ. ПЕРВЫЙ ПРИМЕНИЛ ЖЕЛЕЗНЫЕ ОПИЛКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМЫ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ. ИЗУЧАЛ МАГНИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ ТОКА, ХРОМАТИЧЕСКУЮ ПОЛЯРИЗАЦИЮ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛА В ПРИЗМАТИЧЕСКОМ СПЕКТРЕ. ОБНАРУЖИЛ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТУРМАЛИНА (1813). ПЕРЕОТКРЫЛ ИНФРАКРАСНЫЕ ЛУЧИ, КРУГОВУЮ ПОЛЯРИЗАЦИЮ, НАМАГНИЧИВАНИЕ ЖЕЛЕЗА И СТАЛИ ВБЛИЗИ ПРОВОДНИКА С ТОКОМ.

В 1821 ГОДУ БЕРЛИНСКИЙ УЧЁНЫЙ ЧЛЕН БЕРЛИНСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЗЕЕБЕК (1770-1831) РЕШИЛ ВОСПРОИЗВЕСТИ ОПЫТ ЭРСТЕДА ПО ВОЗДЕЙСТВИЮ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА МАГНИТНУЮ СТРЕЛКУ. НО ИСТОЧНИКОМ ТОКА БЫЛА НЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ БАТАРЕЯ, А СУХОЙ БЕЗ КАКОГО-ЛИБО ЭЛЕКТРОЛИТА КОНТАКТ ДВУХ МЕТАЛЛОВ. ЗЕЕБЕК УСТАНОВИЛ, ЧТО МАГНИТНАЯ СТРЕЛКА РЕАГИРОВАЛА ТОЛЬКО В ТОТ МОМЕНТ, КОГДА ЭКСПЕРИМЕНТАТОР ПРИКАСАЛСЯ К МЕСТУ КОНТАКТА РУКАМИ. ПРИЧЁМ НЕ ИГРАЛО НИКАКОЙ РОЛИ, БЫЛИ ЛИ РУКИ СУХИМИ ИЛИ ВЛАЖНЫМИ. ЭФФЕКТ ОТСУТСТВОВАЛ ДАЖЕ В ТОМ СЛУЧАЕ, КОГДА КОНТАКТ СЖИМАЛСЯ РУКАМИ ЧЕРЕЗ ВЛАЖНУЮ БУМАГУ. НО ПРИ СЖАТИИ ЧЕРЕЗ СТЕКЛО ИЛИ МЕТАЛЛ СТРЕЛКА ОТКЛОНЯЛАСЬ. ПРОВЕДЯ МНОГОЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ЗЕЕБЕК УБЕДИЛСЯ, ЧТО СУТЬ ЯВЛЕНИЯ В ТЕПЛЕ РУК, КОТОРЫМИ СТОИТ КОНТАКТ СЖИМАЮСЯ, ПОСТОНУ СТОИТ

ХИМИИ И ДРУГИХ НАУКАХ, НО ИЗВЕСТНОСТЬ УЧЁНОМУ ПРИНЕС ВЫШЕОПИСАННЫЙ ЭФФЕКТ, НОСЯЩИЙ ЕГО ИМЯ.

ЭФФЕКТ ЗЕЕБЕКА - ПЕРЕХОД ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВУЮ И ОБРАТНО - НАШЁЛ ШИРОКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНИКЕ. НА ЕГО ОСНОВЕ РАБОТАЮТ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ - ТЕРМОПАРЫ.

БОЛЬШАЯ ЧАСТЬ ВСЕХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИХОДИТСЯ НА ДОЛЮ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, КОТОРЫХ ОСНОВАН НА ЯВЛЕНИИ ЗЕЕБЕКА.

В 1821 ГОДУ НЕМЕЦКИЙ УЧЕНЫЙ, УРОЖЕНЕЦ Г. РЕВЕЛЯ (НЫНЕ ТАЛЛИН), Т.И. ЗЕЕБЕК (1770-1831) ОБНАРУЖИЛ, ЧТО ЕСЛИ СПАИ ДВУХ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ, ОБРАЗУЮЩИХ ЗАМКНУТУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЦЕПЬ, ИМЕЮТ НЕОДИНАКОВУЮ ТЕМПЕРАТУРУ, ТО В ЦЕПИ ПРОТЕКАЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. ИЗМЕНЕНИЕ ЗНАКА У РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР СПАЕВ СОПРОВОЖДАЕТСЯ ИЗМЕНЕНИЕМ НАПРАВЛЕНИЯ ТОКА.

ЭТОТ ФАКТ ПОСЛУЖИЛ ОСНОВОЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ УСТРОЙСТВА, ЧУВСТВИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ КОТОРОГО ЯВЛЯЕТСЯ ТЕРМОПАРА - ДВА ПРОВОДНИКА ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОЕДИНЕННЫХ МЕЖДУ СОБОЙ НА ОДНОМ (РАБОЧЕМ) КОНЦЕ, ДРУГИЕ ДВА (СВОБОДНЫЕ) КОНЦА ПРОВОДНИКОВ ПОДКЛЮЧАЮТСЯ В ИЗМЕРИТЕЛЬНУЮ ЦЕПЬ ИЛИ НЕПОСРЕДСТВЕННО К ИЗМЕРИТЕЛЬНОМУ ПРИБОРУ, ПРИЧЕМ ТЕМПЕРАТУРА СВОБОДНЫХ КОНЦОВ ЗАРАНЕЕ ИЗВЕСТНА. ТЕРМОПАРА ОБРАЗУЕТ УСТРОЙСТВО (ИЛИ ЕГО ЧАСТЬ), ИСПОЛЬЗУЮЩЕЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ. ПОД ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ ПОНИМАЕТСЯ ГЕНЕРИРОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ (ТЕРМОЭДС), ВОЗНИКАЮЩЕЙ ИЗ-ЗА РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР МЕЖДУ ДВУМЯ СОЕДИНЕНИЯМИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ (РИС.1), ОБРАЗУЮЩИХ ЧАСТЬ ОДНОЙ И ТОЙ ЖЕ

## 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОЗНИКНОВЕНИИ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ

В МЕТАЛЛАХ ПОЛУПРОВОДНИКАХ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДОВ (ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК) И ЭНЕРГИИ ВЗАИМОСВЯЗАНЫ, ТАК КАК ОСУЩЕСТВЛЯЮТСЯ ПОСРЕДСТВОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ТОКА - ЭЛЕКТРОНОВ ПРОВОДИМОСТИ И ДЫРОК. ЭТА ВЗАИМОСВЯЗЬ ОБУСЛАВЛИВАЕТ РЯД ЯВЛЕНИЙ (ЗЕЕБЕКА, ПЕЛЬТЬЕ, И ТОМСОНА), КОТОРЫЕ НАЗЫВАЮТ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ.

ЭФФЕКТ ЗЕЕБЕКА СОСТОИТ В ТОМ, ЧТО В ЗАМКНУТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ВОЗНИКАЕТ ТЕРМО Э. Д. С. ЕСЛИ МЕСТА КОНТАКТОВ ПОДДЕРЖИВАЮТСЯ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРА - ТУРАХ. ЭТА ЭДС ЗАВИСИТ ТОЛЬКО ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ОТ ПРИРОДЫ МАТЕРИАЛОВ, СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕРМОЭЛЕМЕНТ. ТЕРМО Э. Д. С. ДЛЯ ПАР МЕТАЛЛОВ МОЖЕТ ДОСТИГАТЬ 50 МКВ/ГРАДУС; В СЛУЧАЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ВЕЛИЧИНА ТЕРМО Э Д С ВЫШЕ (10 ВО 2-ОЙ + 10 В 3-ЕЙ МКВ/ГРАДУС).

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ, ЗАКЛЮЧАЮЩИЙСЯ В ТОМ, ЧТО КОНТРОЛИРУЕМУЮ ЗОНУ НАГРЕВАЮТ, ПРОПУСКАЯ ЧЕРЕЗ НЕЕ В ТЕЧЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕННОГО ВРЕМЕНИ ПОСТОЯННЫЙ ПО ВЕЛИЧИНЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК, ИЗМЕРЯЮТ ПРИ ПОМОЩИ ТЕРМОПАРЫ-ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ЕЕ НАГРЕВА И СУДЯТ О НАЛИЧИИ ДЕФЕКТА ПО ОТКЛОНЕНИЮ ЭТОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА БЕЗДЕФЕКТНОЙ ЗОНЫ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ ТЕМ, ЧТО С ЦЕЛЬЮ КОНТРОЛЯ ЗОНЫ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ДВУХ РАЗНЫХ МЕТАЛЛОВ, НАПРИМЕР, КОНТАКТНЫХ УЗЛОВ РАДИОДЕТАЛЕЙ, В КАЧЕСТВЕ ТЕРМОПАРЫ-ДАТЧИКА ИСПОЛЬЗУЮТ ТЕРМОПАРУ, ОБРАЗОВАННУЮ СОЕДИНЕННЫМИ МЕТАЛЛАМИ.

ДЛЯ ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА СВАРНОГО ШВА СНИМАЮТ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОПЕРЕК ШВА. ПИКИ И ВПАДИНЫ НА КРИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОВОРЯТ О НЕОДНОРОДНОСТИ ШВА, А ИХ ВЕЛИЧИНА - О СТЕПЕНИ НЕОДНОРОДНОСТИ. БЫСТРО И НАГЛЯДНО.

ЕСЛИ В РАЗРЫВ ОДНОЙ ИЗ ВЕТВЕЙ ТЕРМОЭЛЕМЕНТА ВКЛЮЧИТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ЛЮБОЕ ЧИСЛО ПРОВОДНИКОВ ЛЮБОГО СОСТАВА, ВСЕ СПАИ (КОНТАКТЫ) КОТОРЫХ ПОДДЕРЖИВАЮТСЯ ПРИ ОДНОЙ И ТОЙ ЖЕ ТЕМПЕРАТУРЕ, ТО ТЕРМО Э. Д. С. В ТАКОЙ СИСТЕМЕ БУДЕТ РАВНА ТЕРМОЭДС ИСХОДНОГО ЭЛЕМЕНТА.

ТЕРМОПАРА, СОДЕРЖАЩАЯ ЗАЩИТНЫЙ ЧЕХОЛ, ТЕРМОЭЛЕКТРОДЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ, РАБОЧИЕ КОНЦЫ, КОТОРЫХ СНАБЖЕНЫ, СНАБЖЕНЫ ТОКОПРОВОДЯЩЕЙ ПЕРЕМЫЧКОЙ, ОБРАЗУЮЩЕЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СПАЙ, ОТЛИЧАЮЩИЙСЯ ТЕМ, ЧТО С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ТЕРМОПАРЫ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВИБРАЦИИ И БОЛЬШИХ СКОРОСТЕЙ НАГРЕВА, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СПАЙ ТЕРМОПАРЫ ВЫПОЛНЕН В ВИДЕ СЛОЯ ПОРОШКООБРАЗНОГО МЕТАЛЛА, РАСПОЛОЖЕННОГО НА ДНЕ ЗАЩИТНОГО ЧЕХЛА.

ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВ, УЧАСТВУЮЩИХ В КОНТАКТЕ ИЗМЕНЯЕТСЯ И ВЕЛИЧИНА ТЕРМО Э. Д. С.

СПОСОБ РАСПОЗНАВАНИЯ СИСТЕМ С ОГРАНИЧЕННОЙ И НЕОГРАНИЧЕННОЙ  
ВЗАИМНОЙ РАСТВОРИМОСТЬЮ КОМПОНЕНТОВ ПО ТЕМПЕРАТУРНОЙ  
ЗАВИСИМОСТИ ТЕРМО Э. Д. С., ОТЛИЧАЮЩЕЙСЯ ТЕМ, ЧТО С ЦЕЛЬЮ  
ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗМЕРЯЮТ ТЕРМО Э. Д. С. КОН  
- ТАКТА ДВУХ ИССЛЕДУЕМЫХ ОБРАЗЦОВ МЕЖДУ МЕТАЛЛОМ, СЖАТЫМ  
ВСЕСТОРОННЕМ ДАВЛЕНИЕМ, И ТЕМ ЖЕ МЕТАЛЛОМ, НАХОДЯЩЕМСЯ ПРИ  
НОРМАЛЬНОМ ДАВЛЕНИИ ТОЖЕ ВОЗНИКАЕТ ТЕРМО Э. Д. С.

НАПРИМЕР, ДЛЯ ЖЕЛЕЗА ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 100 ГРАДУСОВ С И ДАВЛЕНИИ 12  
КБАР, ТЕРМОЭДС РАВНА 12,8 МКВ. ПРИ НАСЫЩЕНИИ МЕТАЛЛА ИЛИ СПЛАВА В  
МАГНИТНОМ ПОЛЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ТОГО ЖЕ ВЕЩЕСТВА БЕЗ МАГНИТНОГО  
ПОЛЯ ВОЗНИКАЕТ ТЕРМОЭДС ПОРЯДКА 09МКВ/ГРАДУС.

### 3. ПОНЯТИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА

ПУСТЬ ТЕМПЕРАТУРА  $T_0$  ВО ВСЕХ ТОЧКАХ ОДНОРОДНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕРЖНЯ (РИС.2) ОДИНАКОВА; ЗНАЧИТ, ПОВСЮДУ ОДИНАКОВЫ КОНЦЕНТРАЦИИ, СРЕДНИЕ ЭНЕРГИИ И СКОРОСТИ СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ.

НАГРЕЕМ ОДИН КОНЕЦ СТЕРЖНЯ И БУДЕМ ЕГО ПОДДЕРЖИВАТЬ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ  $T > T_0$ . ПРОТИВОПОЛОЖНЫЙ ЖЕ КОНЕЦ БУДЕМ НЕПРЕРЫВНО ОХЛАЖДАТЬ ТАК, ЧТОБЫ ЕГО ТЕМПЕРАТУРА  $T_0$  ОСТАВАЛАСЬ НЕИЗМЕННОЙ. ТОГДА В СТЕРЖНЕ УСТАНОВИТСЯ ГРАДИЕНТ ТЕМПЕРАТУРЫ, И ЧЕРЕЗ НЕГО БУДЕТ ИДТИ ПОСТОЯННЫЙ ПОТОК ТЕПЛА. ПЕРЕНОС ТЕПЛА В МЕТАЛЛАХ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ В ОСНОВНОМ ДВИЖЕНИЕМ СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ. ПРИ ЭТОМ ЭЛЕКТРОНЫ, ПРОХОДЯЩИЕ ЧЕРЕЗ СЕЧЕНИЕ 1-1 ИЗ ОБЛАСТИ С БОЛЕЕ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ, ПЕРЕНОСЯТ С СОБОЙ БОЛЬШЕ ЭНЕРГИИ, ЧЕМ ЭЛЕКТРОНЫ, ПРОХОДЯЩИЕ ЧЕРЕЗ ТО ЖЕ СЕЧЕНИЕ В ПРОТИВОПОЛОЖНОМ НАПРАВЛЕНИИ. ВСЛЕДСТВИЕ РАЗЛИЧИЯ СКОРОСТЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ОБЛАСТЯХ С РАЗЛИЧНЫМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ, ОКАЖЕТСЯ РАЗЛИЧНЫМ И ЧИСЛО ЭЛЕКТРОНОВ, ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ СЕЧЕНИЕ 1 - 1 В ПРОТИВОПОЛОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ. ТАКИМ ОБРАЗОМ, В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ НАЛИЧИЕ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ В ДВОЙНОМ СТЕРЖНЕ СОЗДАЕТ ПОСТОЯННУЮ РАЗНОСТЬ

СПАЕВ НА  $1^\circ$  И ОБЫЧНО ВЕСЬМА МАЛА. ДЛЯ ПАР ЖЕЛЕЗО - МЕДЬ, ЖЕЛЕЗО - КОНСТАНТАН, ШИРОКО ПРИМЕНЯЕМЫХ В ТЕХНИКЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУР,  $E_{1,2}$  ИМЕЕТ ПОРЯДОК 50 МКВ/ГРАД. ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАРЫ ПЛАТИНА-ПЛАТИНОРОДИЕВЫЙ СПЛАВ ЭТОТ КОЭФФИЦИЕНТ ПРИМЕРНО В 10 РАЗ МЕНЬШЕ.

ИЗМЕРЯЯ ВЕЛИЧИНУ ТЕРМОЭДС, МОЖНО ОПРЕДЕЛИТЬ РАЗНОСТЬ ТЕМПЕРАТУР МЕЖДУ СПАЯМИ, ПОМЕЩЕННЫМИ В РАЗЛИЧНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ. ДЛЯ ТАКИХ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ ПОДБИРАЮТ ТЕРМОПАРЫ, У КОТОРЫХ КОЭФФИЦИЕНТ  $E_{1,2}$  В ШИРОКОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР ОСТАЕТСЯ ПРАКТИЧЕСКИ ПОСТОЯННЫМ. В ЭТОМ СЛУЧАЕ Э. Д. С. ПРЯМО ПРОПОРЦИОНАЛЬНА РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР ГОРЯЧЕГО И ХОЛОДНОГО СПАЕВ:

$E_{1,2} = \text{CONST} \cdot \Delta T$ .

НЕОБХОДИМО ПОДЧЕРКНУТЬ ПРИНЦИПИАЛЬНУЮ РАЗНИЦУ МЕЖДУ КОНТАКТНОЙ РАЗНОСТЬЮ ПОТЕНЦИАЛОВ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ЯВЛЕНИЯМИ. КОНТАКТНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ ИМЕЮТ СРАВНИТЕЛЬНО БОЛЬШУЮ ВЕЛИЧИНУ (ПОРЯДКА НЕСКОЛЬКИХ ВОЛЬТ) И ХАРАКТЕРИЗУЮТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ ВНЕ ПРОВОДНИКОВ МЕЖДУ НАРУЖНЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ ПОСЛЕДНИХ. КОНТАКТНАЯ РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ ЕСТЬ СТАТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ, НЕ ИСЧЕЗАЮЩИЙ И ПРИ АБСОЛЮТНОМ НУЛЕ ТЕМПЕРАТУРЫ. В ПРОТИВОПОЛОЖНОСТЬ ЭТОМУ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ ЧИСТО КИНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ, НАБЛЮДАЕМЫЕ ПРИ НАЛИЧИИ ПОТОКОВ ТЕПЛА ИЛИ ЗАРЯДА (Т.Е. ТОКА). ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ЭТОМ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ ПО АБСОЛЮТНОЙ ВЕЛИЧИНЕ МАЛЫ (ДОЛИ МИЛЛИВОЛЬТА). ПРИ АБСОЛЮТНОМ НУЛЕ КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕКТРОНОВ  $n$ , ОБУСЛОВЛИВАЮЩИХ ЭТИ ЭФФЕКТЫ, РАВНО НУЛЮ И ВСЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ИСЧЕЗАЮТ.

ПОСТОЯНСТВО  $E_{1,2}$  И ЛИНЕЙНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СОБЛЮДАЮТСЯ ДАЛЕКО НЕ ВСЕГДА И НЕ ВО ВСЕМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР. ДЛЯ РЯДА СИСТЕМ С ПОВЫШЕНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ ГОРЯЧЕГО СПАЯ ТЕРМОЭДС ИЗМЕНЯЕТСЯ НЕ МОНОТОННО, СНАЧАЛА ВОЗРАСТАЕТ, А ЗАТЕМ УБЫВАЕТ И ДАЖЕ ПЕРЕХОДИТ ЧЕРЕЗ НУЛЬ (ТОЧКА ИНВЕРСИИ). КРОМЕ ТОГО, ВЕЛИЧИНА ТЕРМОЭДС (И КОЭФФИЦИЕНТА ПЕЛЬТЬЕ) ЧУВСТВИТЕЛЬНА К ВНЕШНИМ МЕХАНИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ, ИСКАЖАЮЩИМ СТРУКТУРУ МЕТАЛЛА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УРОВНИ ЭЛЕКТРОНОВ. ПОЭТОМУ ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ТЕХНИКЕ И ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРМОПАРЫ ВСЕГДА НУЖДАЮТСЯ В ТЩАТЕЛЬНОЙ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ГРАДУИРОВКЕ.

С ДРУГОЙ СТОРОНЫ, ТЕРМОЭДС ИМЕЕТ ШИРОКОЕ ПОЛЕЗНОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ, КАК ПРОСТОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР. ПРИ ПОДОБНЫХ НАМЕРЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ТЕРМОПАР ИЛИ ТЕРМОЭЛЕМЕНТОВ ОДНИ ИЗ СПАЕВ ПОДДЕРЖИВАЕТСЯ ПРИ ВПОЛНЕ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ  $T_0$  (НАПРИМЕР, ПОМЕЩАЕТСЯ В ТАЮЩИЙ ЛЕД) И ИЗМЕРЯЕТСЯ ИДУЩИЙ В ЗАМКНУТОЙ ЦЕПИ

## 4. ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА ЗЕЕБЕКА

ЯВЛЕНИЕ ЗЕЕБЕКА НЕ ПРОТИВОРЕЧИТ ВТОРОМУ НАЧАЛУ ТЕРМОДИНАМИКИ, ТАК КАК В ДАННОМ СЛУЧАЕ ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ, ДЛЯ ЧЕГО ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДВА ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТЫ (ДВА КОНТАКТА). СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В РАССМАТРИВАЕМОЙ ЦЕПИ НЕОБХОДИМО ПОДДЕРЖИВАТЬ ПОСТОЯНСТВО РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР КОНТАКТОВ: К БОЛЕЕ НАГРЕТОМУ КОНТАКТУ НЕПРЕРЫВНО ПОДВОДИТЬ ТЕПЛОТУ, А ОТ ХОЛОДНОГО - НЕПРЕРЫВНО ЕЕ ОТВОДИТЬ.

ЯВЛЕНИЕ ЗЕЕБЕКА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ. ДЛЯ ЭТОГО ПРИМЕНЯЮТСЯ ТЕРМОЭЛЕМЕНТЫ, ИЛИ ТЕРМОПАРЫ - ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУР, СОСТОЯЩИЕ ИЗ ДВУХ СОЕДИНЕННЫХ МЕЖДУ НИМ С МЕЖДОУЗЕЛЬНЫМИ РАССТОЯНИЯМИ В РЕШЕТКЕ МЕТАЛЛА. ЧИСЛО ЭЛЕКТРОНОВ, УЧАСТВУЮЩИХ В ДИФфуЗИИ ЧЕРЕЗ КОНТАКТНЫЙ СЛОЙ, СОСТАВЛЯЕТ ПРИМЕРНО 2 % ОТ ОБЩЕГО ЧИСЛА ЭЛЕКТРОНОВ, НАХОДЯЩИХСЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА. СТОЛЬ НЕЗНАЧИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ В КОНТАКТНОМ СЛОЕ, С ОДНОЙ СТОРОНЫ, И МАЛАЯ ПО СРАВНЕНИЮ С ДЛИНОЙ СВОБОДНОГО ПРОБЕГА ЭЛЕКТРОНА ЕГО ТОЛЩИНА - С ДРУГОЙ, НЕ МОГУТ ПРИВЕСТИ К ЗАМЕТНОМУ ИЗМЕНЕНИЮ ПРОВОДИМОСТИ КОНТАКТНОГО СЛОЯ ПО СРАВНЕНИЮ С ОСТАЛЬНОЙ ЧАСТЬЮ МЕТАЛЛА. СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК ЧЕРЕЗ КОНТАКТ ДВУХ МЕТАЛЛОВ ПРОХОДИТ ТАК ЖЕ ЛЕГКО, КАК И ЧЕРЕЗ САМИ МЕТАЛЛЫ, Т.Е. КОНТАКТНЫЙ СЛОЙ ПРОВОДИТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ОБОИХ НАПРАВЛЕНИЯХ ( $1 \rightarrow 2$  И  $2 \rightarrow 1$ ) ОДИНАКОВО НЕ ДАЕТ ЭФФЕКТА ВЫПРЯМЛЕНИЯ, КОТОРЫЙ ВСЕГДА СВЯЗАН С ОДНОСТОРОННЕЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ.

С ПОМОЩЬЮ ЯВЛЕНИЯ ЗЕЕБЕКА, ПОМИМО ТЕМПЕРАТУРЫ, МОЖНО ОПРЕДЕЛЯТЬ И ДРУГИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ИЗМЕРЕНИЕ КОТОРЫХ МОЖЕТ БЫТЬ СВЕДЕНО К ИЗМЕРЕНИЮ ТЕМПЕРАТУР: СИЛЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, ПОТОКА ЛУЧИСТОЙ ЭНЕРГИИ, ДАВЛЕНИЯ ГАЗА И Т.Д.

ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМОЭЛЕМЕНТЫ СОЕДИНЯЮТ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО В ТЕРМОБАТАРЕИ. ПРИ ЭТОМ, ВСЕ ЧЕТНЫЕ СПАИ ПОДДЕРЖИВАЮТСЯ ПРИ ОДНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ, А ВСЕ НЕЧЕТНЫЕ - ПРИ ДРУГОЙ. ЭДС ТАКОЙ БАТАРЕИ РАВНА СУММЕ ТЕРМОЭДС ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.

МИНИАТЮРНЫЕ ТЕРМОБАТАРЕИ (ТАК НАЗЫВАЕМЫЕ ТЕРМОСТОЛБИКИ) С УСПЕХОМ ПРИМЕНЯЮТ

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ ЯВЛЯЮТСЯ ОДНОЙ ИЗ АКТУАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ЕЁ РЕШЕНИЕ, ВЕДУТСЯ КАК В УНИВЕРСИТЕТСКИХ ЛАБОРАТОРИЯХ, ТАК И В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЦЕНТРАХ ФИРМ ЗАНИМАЮЩИХСЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ЭЛЕКТРОНИКИ, АВТОМАТИКИ И ДРУГОЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ. РАБОТЫ ВЕДУТСЯ В РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ, НАЧИНАЯ ОТ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОСТРУКТУР И ЗАКАНЧИВАЯ СОЗДАНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ, КОТОРЫЕ НАХОДЯТ ВСЕ БОЛЕЕ ШИРОКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В БЫТУ, НА ТРАНСПОРТЕ, В ЭНЕРГЕТИКЕ. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ СВЯЗАНО С ГЕНЕРАЦИЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА, ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В ХОЛОДИЛЬНИКАХ, КОНДИЦИОНЕРАХ, РЕГУЛЯТОРАХ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОСУШИТЕЛЯХ И Т.П. В МИРЕ НАБЛЮДАЕТСЯ НЕПРЕРЫВНЫЙ РОСТ ИНТЕРЕСА К ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ УСТРОЙСТВАМ. ПОСТОЯННО НАРАЩИВАЮТСЯ ОБЪЕМЫ ВЫПУСКАЕМЫХ ТЕРМОЭЛЕМЕНТОВ И ПРИБОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ. ЭТО ОБУСЛОВЛЕНО ТЕМ, ЧТО СУЩЕСТВУЮТ НАПРАВЛЕНИЯ, В КОТОРЫХ ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ЯВЛЯЮТСЯ НЕОСПОРИМЫМИ. В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ - ЭТО ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ АВТОМАТОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАЛЬНЕГО КОСМОСА, АВТОНОМНЫЕ УСТРОЙСТВА СЕЙСМИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ, ОБУСТРОЙСТВО КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ НЕФТЕ - И ГАЗОПРОВОДОВ. НА МИРОВОМ РЫНКЕ ПОСТОЯННО РАСТЕТ СПРОС НА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ

В СВЯЗИ С ЭТИМ В ЛАБОРАТОРИИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ПРОВОДЯТСЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЛЕДУЮЩИХ НАПРАВЛЕНИЯХ:

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ВИСМУТА, СУРЬМЫ И ТЕЛЛУРА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА И ТИПА ЛЕГИРУЮЩЕЙ ПРИМЕСИ С ЦЕЛЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КРИСТАЛЛОВ С АНОМАЛИЯМИ В ВЕЛИЧИНЕ РЯДА ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ИНТЕНСИВНЫМ ЭЛЕКТРОН-ПЛАЗМОННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЕЛИЧИНЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭЛЕКТРО - И ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ЛЕГИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛАХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ.

СОЗДАНИЕ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ШИРОКОГО ДИАПАЗОНА ТЕМПЕРАТУР.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, НА ОСНОВЕ ПОЛУМЕТАЛЛОВ ВИСМУТА, СУРЬМЫ И ИХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ ЗОННОЙ ПЛАВКИ.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ И ИОННОЙ СИСТЕМЫ КРИСТАЛЛА НА ВЕЛИЧИНУ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАТЕРИАЛА.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ КРИСТАЛЛА, СПОСОБСТВУЮЩИХ КООРДИНАЦИИ ПОТОКОВ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОН-ПЛАЗМОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШИРОКОГО КЛАССА ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ, ТАКИХ, КАК СОЕДИНЕНИЯ  $A_3B_5$ ,  $A_2B_6$ ,  $B_12TE_3$  .

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ЭФФЕКТ ЗЕЕБЕКА, КАК И ДРУГИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ИМЕЕТ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ХАРАКТЕР.

ТАК КАК В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ И ПРИБОРАХ ВСЕГДА ИМЕЮТСЯ СПАИ И КОНТАКТЫ РАЗЛИЧНЫХ ПРОВОДНИКОВ, ТО ПРИ КОЛЕБАНИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ В МЕСТАХ КОНТАКТОВ ВОЗНИКАЮТ ТЕРМОЭДС, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ПРИ ТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ.

С ДРУГОЙ СТОРОНЫ, ТЕРМОЭДС НАХОДИТ ШИРОКОЕ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ. ЭФФЕКТ ЗЕЕБЕКА В МЕТАЛЛАХ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В ТЕРМОПАРАХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР. ЧТО КАСАЕТСЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ, В КОТОРЫХ ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ НЕПОСРЕДСТВЕННО ПРЕОБРАЗУЕТСЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ, ТО В НИХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТЕРМОЭЛЕМЕНТЫ, ОБЛАДАЮЩИЕ ГОРАЗДО БОЛЬШИМИ ТЕРМОЭДС.

# ЛИТЕРАТУРЫ

1.ЗИСМАН Г.А. КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ. - М.: НАУКА, 1972, 366 С., ИЛ.

2.ТРОФИМОВА Т.И. КУРС ФИЗИКИ. - М.: ВЫСШАЯ ШКОЛА, 1990. - 480С., ИЛ.

.И.В. САВЕЛЬЕВ КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ, Т. II. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ.  
ВОЛНЫ. ОПТИКА: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. - 2-Е ИЗДАНИЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ (М.,  
НАУКА, ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, 1982)  
С.233-235.