

*Дунаев М.Ю.,*

*Студент*

*3 курс, энергетический факультет*

*Ростовский государственный университет путей сообщения*

*Россия, г. Ростов-на-Дону*

*Антипин Н.М.,*

*Студент*

*3 курс, энергетический факультет*

*Ростовский государственный университет путей сообщения*

*Россия, г. Ростов-на-Дону*

*Кабанова А.Д.,*

*Студентка*

*3 курс, энергетический факультет*

*Ростовский государственный университет путей сообщения*

*Россия, г. Ростов-на-Дону*

## **ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ О СВЕРХПРОВОДНИКАХ**

***Аннотация:** в данной статье даются общие сведения о сверхпроводниках, рассматриваются свойства сверхпроводников, принцип работы сверхпроводников.*

***Ключевые слова:** сверхпроводник, сверхпроводники первого рода, сверхпроводники второго рода, критическая температура.*

***Summary:** This article provides general information about superconductors, discusses the properties of superconductors, the principle of operation of superconductors.*

***Keywords:** superconductor, type I superconductors, type II superconductors, critical temperature.*

В настоящее время, в условиях замедления темпов технологического прогресса, существует необходимость его ускорения посредством открытия. Одним из таких открытий может быть сверхпроводник, проводящий при комнатной температуре.

Сверхпроводники – материалы, которые при понижении температуры до определенной проявляют сверхпроводящие свойства, что означает отсутствие электрического сопротивления. Вещество переходит в сверхпроводящее состояние в очень маленьком температурном интервале, и поэтому считается, что переход осуществляется при определенной температуре, которая называется критической температурой перехода вещества в сверхпроводящее состояние. Критическая температура для разных материалов различна, примеры температур представлены в таблице 1.

| Материал | $T_c$ , К | Материал           | $T_c$ , К |
|----------|-----------|--------------------|-----------|
| ниобий   | 9,22      | рений              | 1,7       |
| свинец   | 7,22      | рутений            | 0,5       |
| бериллий | 0,026     | таллий             | 4,39      |
| висмут   | 6,00      | вольфрам           | 0,012     |
| ртуть    | 4,15      | цинк               | 0,9       |
| олово    | 3,73      | Nb <sub>3</sub> Ge | 23,4      |

**Таблица 1** – Критические температуры сверхпроводимости для разных материалов.

Так же сверхпроводники проявляют эффект Мейснера, заключающийся в том, что магнитное поле выталкивается из объема сверхпроводника.

В зависимости от характеристик их делят на сверхпроводники первого и второго рода. Сверхпроводниками первого рода являются чистые металлы,

которых насчитывают более 20. Металлы, имеющие хорошую проводимость при нормальных условиях не являются сверхпроводниками (золото, медь, серебро), наоборот, металлы имеющие плохую проводимость при нормальных условиях относятся к сверхпроводникам первого рода (свинец, ртуть, титан). Максимальной критической температурой для сверхпроводников первого рода является  $11,2^{\circ}\text{K}$ . К сверхпроводникам второго рода относятся химические соединения и сплавы металлов. Число сверхпроводников второго рода уже насчитывает более сотни и постоянно увеличивается, так как соединения могут быть не только металлов, относящихся к сверхпроводникам первого рода. Максимальной критической температурой для сверхпроводников второго рода является  $18^{\circ}\text{K}$ .

Широкое применение сверхпроводники нашли в области создания сильных магнитных полей. Современная промышленность делает из сверхпроводников второго рода кабели и провода, используемые для обмоток сверхпроводящих магнитов. С их помощью получают более сильные поля, чем при использовании железных магнитов.

Магниты с использованием сверхпроводников более экономичны. Это обусловлено тем, что для охлаждения магнита требуется меньшее количество ресурсов, чем для охлаждения аналогичного железного магнита. Так же преимущество этих магнитов в том, что они могут работать в короткозамкнутом режиме это обеспечивает не зависящую от времени стабильность поля.

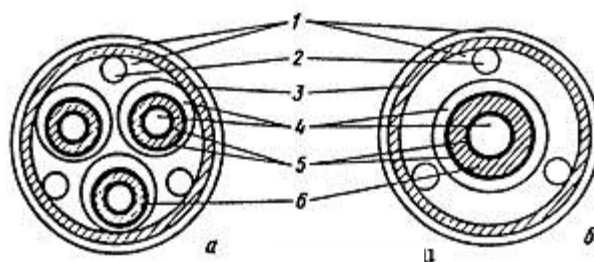
Еще одно применение сверхпроводников – создание подшипников и опор без трения. Если над металлическим кольцом с током поместить сверхпроводящую сферу, то на ее поверхности из-за эффекта Мейснера индуцируется сверхпроводящий ток, что приводит к появлению сил отталкивания между кольцом и сферой, и сфера может повиснуть над кольцом. Подобный же эффект может наблюдаться, если над сверхпроводящим кольцом поместить постоянный магнит. На этом может быть основано создание, например, новых видов транспорта. Речь идет о создании поезда на магнитной подушке, в котором будут полностью отсутствовать потери на трение о колею

дороги. Модель такой сверхпроводящей дороги длиной 400 м была построена в Японии еще в 1970-х годах. Расчеты показывают, что поезд на магнитной подушке сможет развивать скорость до 500 км/ч. Такой поезд будет «зависать» над рельсами на расстоянии 2–3 см, что и даст ему возможность разогнаться до указанных скоростей.

Невозможно решить проблемы термоядерной энергетики без использования мощных сверхпроводящих магнитов. Для осуществления управляемого термоядерного синтеза ядер гелия из ядер дейтерия и трития необходимо удерживать в реакционном пространстве горячую тритий-дейтериевую плазму, нагретую до  $10^8 - 10^9$ °С. Только сверхпроводящие магниты способны создать поля такой мощности.

В будущем передачу энергии большой мощности можно будет осуществлять с помощью подземных сверхпроводящих кабельных линий. Исследования показали, что по сверхпроводящему кабелю толщиной в руку можно пропускать всю пиковую мощность, вырабатываемую электростанциями США. Из технико-экономического анализа следует, что при передаче энергии большой мощности (порядка 3 – 4 ГВ\*А) благодаря малой удельной материалоемкости и меньшей ширине трассы сверхпроводящий кабель будет в 2 – 3 дешевле обычного. При этом он характеризуется большей пропускной способностью и меньшими потерями.

Принципиально конструкции сверхпроводящих кабелей постоянного и переменного тока не отличаются друг от друга (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Схема сечения сверхпроводящих кабелей трехфазного тока с коаксиальными парами проводников постоянного тока с концентрически расположенными проводниками: 1 – вакуумированное пространство; 2 – каналы для жидкого азота; 3 - термостатирующая изоляция; 4 – каналы для жидкого гелия; 5 – сверхпроводники; 6 – электрическая изоляция

Таким образом, сверхпроводники, работающие при температуре выше критической, становятся все реальнее, а значит, продвижение технического прогресса все ближе и ближе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тинкхам М. Введение в сверхпроводимость: Пер с англ – М.: Атомиздат, 1980 – Пер издат.: США , 1975
2. Курин В.В. «Физика сверхпроводников. Вводный курс.» Учебное пособие для студентов. г, Нижний Новгород, 2004.
3. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. 2-е издание, М.: МЦНМО, 2000
4. Электронный источник – статья «Перспективы использования сверхпроводящих материалов». URL: <http://uas.su/books/newmaterial/323/razdel323.php> 17.03.2019
5. Электронный источник – статья «Сверхпроводники». URL: <https://clck.ru/FQgxH> 17.03.2019

6. Электронный источник – статья «Применение сверхпроводников». URL:  
<https://clck.ru/FQgvp> 18.03.2019