

## УПРАВЛЯЕМЫЙ МАГНИТНЫЙ ПРИЖИМ

© 2012 г. В. С. Эдельман

*Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН*

*Россия, 117321, Москва, ул. Косыгина, 2*

*E-mail: edelman@kapitza.ras.ru*

Поступила в редакцию 04.05.2012 г.

Описан прижим для создания теплового контакта в вакууме между деталями криостата при его предварительном охлаждении. Контакт устанавливается при поджатии друг к другу теплопроводов посредством постоянного магнита и разрывается (устанавливается) при подаче на обмотку вокруг железного магнитопровода импульса тока соответствующей полярности. В разомкнутом состоянии устройство удерживается пружиной. В диапазоне температур 80–4 К поток тепла через поджатые контакты изменяется от 2 Вт до нескольких милливатт.

Охлаждение в вакууме узлов криогенных приборов, которые должны быть хорошо теплоизолированы при работе, на стадии запуска требует приведения их в контакт с холодными частями. Иначе начальное охлаждение может быть недопустимо долгим. Естественно, после предварительного охлаждения контакт надо разрушить. Для осуществления такой операции подходят электромагнитные прижимы. Подобные прижимы были использованы, например, в конструкции микрокриостатов растворения [1, 2]. Однако поджим теплопровода от охлаждаемой детали к холодному месту (основе) требует в них постоянного пропуска по их обмотке тока. Это приводит к нагреву самого прижима, если обмотка находится в нормальном состоянии, т.е. их можно включать только тогда, когда их температура близка к гелиевой и материал обмотки становится сверхпроводящим.

Устранить описанный недостаток можно, если использовать в конструкции постоянный магнит, прижимающий теплопровод к основе, и разме-

стить на магнитопроводе обмотку, создающую в момент переключения встречное поле. Тогда при подаче на обмотку импульса тока соответствующей полярности можно нарушить контакт и с помощью пружины удержать устройство в таком положении. Восстановить контакт можно, очевидно, подачей импульса тока противоположной полярности.

Схема управляемого магнитного прижима приведена на рис. 1. Магнитная система из железа (Ст.3) состоит из подвижного 4 и неподвижного 8 сердечников и магнитопровода 7. На неподвижном сердечнике медным проводом  $\varnothing 0.2$  мм намотана внавал обмотка 6, содержащая примерно 400 витков. В подвижном сердечнике размещен кольцевой постоянный магнит 5 из NdFeB. Внешний и внутренний диаметры кольца 10 и 5 мм, высота 3 мм. Подвижный сердечник установлен на резьбе на медном подвижном теплопроводе 1. Для удержания прижима в разомкнутом положении служит плоская бронзовая пружина 3, поджатая гайкой 2. Теплопровод 9 (можно

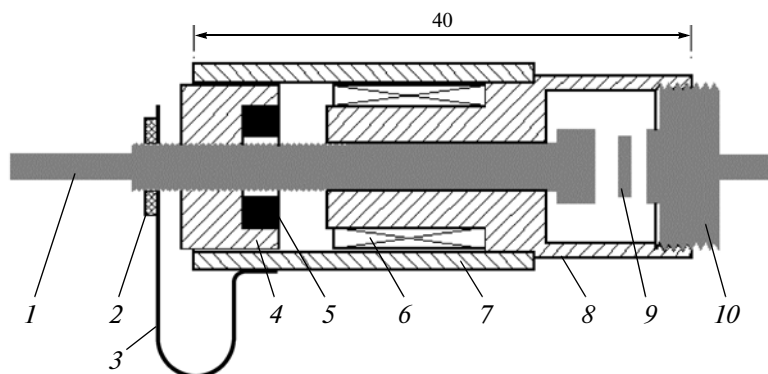
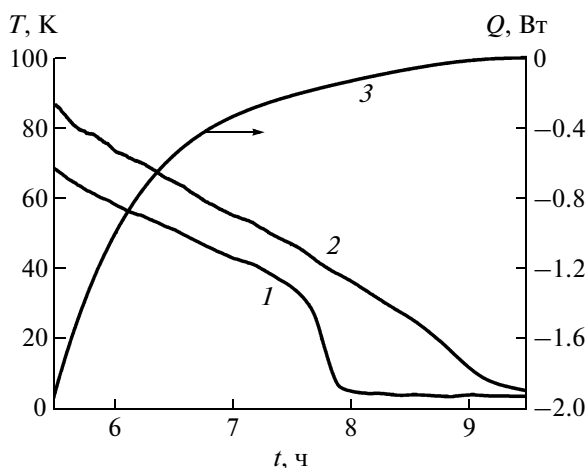


Рис. 1. Схема магнитного прижима.



**Рис. 2.** Зависимость от времени, отсчитываемого от пуска импульсной трубы, температуры непосредственно охлаждаемого блока (1) и ванны  $^3\text{He}$  (2); 3 – мощность теплопровода от ванны  $^3\text{He}$ .

с зазорами установить последовательно 2–3 теплопровода от разных узлов) от охлаждаемого блока расположен между подвижным теплопроводом и медной основой 10, установленной на резьбе в корпусе сердечника 8. В этом корпусе прорезаны окна, через которые проходит теплопровод 9 и через них можно видеть взаимное расположение деталей. Соприкасающиеся поверхности теплопроводов позолочены. Резьбовые соединения позволяют настраивать зазоры между теплопроводами в разомкнутом состоянии и зазор между подвижным и неподвижным сердечниками в замкнутом состоянии. Здесь небольшой зазор 0.3–0.5 мм не-

обходим, чтобы гарантировать сжатие теплопроводов. При этом усилие прижима составляет 1–2 кГ.

Включение и выключение прижима осуществляется разрядом через обмотку конденсатора 5 мФ, заряженного до напряжения 20 В.

Прижим установлен в создаваемом криостате растворения на базе импульсной трубы CRYOMEX (USA). Он предназначен для охлаждения ванны  $^3\text{He}$  и связанного с ней экрана вокруг образцов и миксера с держателями образцов. От этих узлов к прижиму идут два взаимно теплоизолированных медных теплопровода. Общая масса охлаждаемых деталей ~500 г. Тепло снимается на блок, охлаждаемый от второй ступени импульсной трубы. Медный теплопровод от основы подпаян к этому блоку. Подвижный теплопровод связан с холодным блоком отоженным гибким медным антенным канатиком.

На рис. 2 представлены зависимости от времени температур холодного блока и ванны  $^3\text{He}$  и рассчитанного по теплоемкости меди и скорости изменения температуры ванны  $^3\text{He}$  потока тепла от нее при замкнутом прижиме. Без магнитного прижима за это же время ванна  $^3\text{He}$  в аналогичной конструкции криостата растворения [1] остывает от уровня 90 К всего на несколько градусов.

Автор признателен А.Ф. Андрееву за интерес к работе. Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 11-02-12145 ОФИ-м).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эдельман В.С. // ПТЭ. 2009. № 2. С. 159.
2. Эдельман В.С. // ПТЭ. 2012. № 1. С. 154.