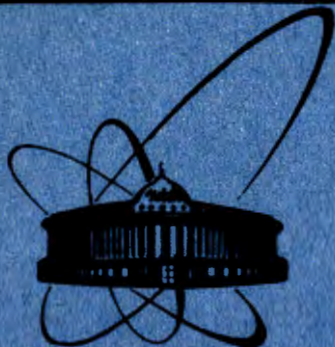


84-248



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

8-84-248

**В.Д.Бартенев, В.Я.Волков, В.И.Дацков,  
А.Г.Зельдович, Ю.А.Шишов**

**НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ  
АВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ  
ГЕЛИЕВЫХ КРИОСТАТОВ**

Направлено на 7 Национальную конференцию  
по технике низких температур "Криогеника-84",  
Братислава, ЧССР, 1984 г.

**1984**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Аварии гелиевых криостатов случаются не часто. Однако их возможность не исключена; и проектировщикам необходимо разрабатывать соответствующие предохранительные устройства. При этом возникает ряд вопросов: какие могут возникать аварийные ситуации, величина возможных теплопритоков, метод расчета предохранительных устройств и наилучшее конструктивное их решение. В настоящее время нет общепринятой методики расчета аварийных предохранительных устройств для криостатов. На практике используют упрощенные, экспериментально не проверенные модели процессов. Настоящая работа выполнена в связи с разработкой сверхпроводящего ускорителя СПИН <sup>1/1</sup>. Выработанные при этом решения могут быть полезны и для криостатов другого назначения.

Очевидно, что аварийные ситуации возникают при появлении больших теплопритоков к жидкому гелию. Обычно при обсуждении вопросов безопасности криостатов, содержащих сверхпроводящие магниты, основное внимание уделяют процессам нагрева гелия, вызванного переходом обмоток в нормальное состояние. Некоторые меры по защите криостатов в подобном случае описаны в <sup>1/2</sup>. Однако если запасенная в магните энергия невелика, то главную опасность представляет порча изоляционного вакуума.

### Особенности криостата установки СПИН

Это криостат трубчатого типа с относительно малой емкостью и большой протяженностью /см. таблицу/. Соответственно "растянуто" вдоль сосуда зеркало уровня жидкого гелия. Проходы над зеркалом жидкого гелия малы, порядка 25 мм. Гелиевый сосуд имеет примерно в 4 раза большую поверхность и протяженность сварных швов, чем транспортный сосуд такой же емкости. Конструкция криостата весьма сложна, содержит компенсаторы, патрубки откачки ионопровода и др. Криостат должен часто подвергаться разборке и у него повышенная вероятность появления гелиевых течей. Аварийная защита криостата должна обеспечить безопасность персонала, предотвратить серьезные поломки оборудования, обеспечить, по возможности, сохранность гелия.



## Основные параметры криостата установки СПИН

Таблица

Длина гелиевого криостата /м/	54
Диаметр гелиевого сосуда /мм/	285
Толщина стенки гелиевого сосуда /мм/	2
Диаметр вакуумного кожуха криостата /мм/	405
Толщина стенки вакуумного кожуха /мм/	3
Материал стенки вакуумного кожуха	Ст. 3
Высота газообразного гелия в криостате /мм/	25
Объем жидкого гелия в криостате /дм <sup>3</sup> /	≈ 1700
Объем газообразного гелия в криостате /дм /	130
Рабочее давление в криостате /10 <sup>5</sup> Па/	≤ 1,3
Максимальное давление в криостате /10 <sup>5</sup> Па/	1,7
Диаметр трубы аварийного сброса /мм/	50
Количество труб аварийного сброса	4
Количество слоев изоляции металлизированного лавсана на гелиевом криостате	50
Азотный экран	нет
Номинальный рабочий ток в магнитах /А/	2030
Запасенная в магнитах энергия /кДж/	155

## 2. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНЫХ ПРИЧИН АВАРИЙ

### Переход сверхпроводящих магнитов в нормальное состояние

Такие переходы случаются достаточно часто, но в случае криостата СПИНа не представляют большой опасности, так как запасенная магнитами энергия относительно мала, и в системе предусмотрена автоматическая эвакуация энергии на внешнюю нагрузку.

### Порча изоляционного вакуума

Высоковакуумная изоляция криостатов может быть испорчена при проникновении в изоляционное пространство воздуха или гелия. Поломка вакуумного кожуха обычно считается более опасной, чем гелиевого сосуда, так как принимается условие свободного, неограниченного доступа газа в изоляционное пространство. Удельный теплоприток при конденсации на гелиевой поверхности воздуха гораздо больше, чем через газообразный гелий. Попутно отметим, что имеется предложение открывать предохранительный клапан при давлении  $2,3 \cdot 10^5$  Па, тогда кипение прекращается и в криостате возникает однофазная жидкость, теплоперенос в которой осуществляется конвективным путем.

### Порча изоляционного вакуума в криостате СПИНа.

В случае проникновения воздуха основной теплоприток получается за счет его конденсации и вымерзания. Давление в изоляционном пространстве даже при значительных натеканиях может существенно не измениться, и теплоприток остаточными газами возрастает мало.

При проникновении гелия даже через малое отверстие изоляционный вакуум ухудшается и увеличивается теплоприток к жидкому гелию за счет теплопроводности и конвекции газа в изоляционном пространстве. Как правило, не спасает положение даже весьма мощная вакуумная система. Усиленное испарение гелия приведет к повышению давления в гелиевом сосуде и открытию предохранительных клапанов. В результате резко увеличится расход газа, текущего вдоль поверхности жидкого гелия к выходам, и перепад давлений между выходом и наиболее удаленной от него точкой сосуда. Под действием этой разницы давлений уровень гелия отклонится от горизонтального и жидкий гелий начнет загораживать часть сечения выходящего потока газа. Затем, при некотором критическом теплопритоке, начнется унос жидкости в теплый обратный поток и интенсивное ее испарение. Необходимость проталкивать через трубопровод большое количество газа может привести к чрезмерному повышению давления в сосуде. Давление и скорость его нарастания существенно нелинейным образом зависят от площади отверстия, через которое в изоляционное пространство натекает воздух или гелий.

Максимальное давление в криостате СПИНа при аварийной ситуации принято равным  $\sim 1,7 \cdot 10^5$  Па, чтобы криостат не считался сосудом, работающим под давлением.

## 3. ПРЕДАВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Скорость порчи вакуума при появлении гелиевой течи зависит от размера возникшего отверстия, и время до аварийного вскипания гелия иногда может быть достаточным для профилактической эвакуации жидкого гелия из криостата СПИНа. Это мероприятие позволяет избежать аварийной ситуации с большими тепловыми нагрузками /до нескольких Вт·см<sup>-2</sup>/.

Для обнаружения гелиевой течи необходимо установить постоянно работающий гелиевый течеискатель и вывести его сигнал на пульт управления. Желательно также измерять скорость падения вакуума, что позволит принимать решение по профилактическим мерам. Для замедления скорости натекания гелия полезно подключать к изоляционному пространству высоковакуумный насос для откачки гелия.

Удаление жидкого гелия может быть проведено двумя способами.

1. Передавливание в транспортные емкости. Этот путь требует дополнительных капиталовложений и непрерывных расходов холодильной мощности для поддержания емкостей в холодном состоянии.



2. Выпаривание гелия за счет увеличившегося при порче вакуума теплопритока. В установке СПИН газ через предварительно открытые предохранительные клапаны с  $d_y = 50$  мм и теплый трубопровод обратного гелия поступает в компрессоры. Скорость закачки ограничивается необходимостью нагрева гелия до комнатной температуры и, если нагрев обеспечен, производительностью компрессоров. При наличии газгольдеров скорость выпаривания может быть увеличена во много раз.

#### 4. СОХРАНЕНИЕ ГАЗООБРАЗНОГО ГЕЛИЯ

Для аварийного сбора газообразного гелия необходимы газгольдеры большой суммарной емкости - 1200 м<sup>3</sup> при количестве жидкого гелия в криостате ~1700 л. Полезно было бы уменьшить эти величины, например, с помощью вытеснителей жидкого гелия, что снизит потери при его аварийном выбросе в атмосферу и облегчит операции по транспортировке, хранению и ожигению гелия.

Существует два вида газгольдеров: мягкий и жесткий. Рассмотрим их преимущества и недостатки.

Стоимость мягких газгольдеров во много раз меньше, чем жестких. Давление при наполнении мягкого газгольдера не возрастает, что позволяет избежать соответствующего повышения давления в криостате.

С другой стороны, поиск течей в мягких газгольдерах затруднен. Из-за низкой хладостойкости эти газгольдеры необходимо располагать в отапливаемом помещении, где место обычно весьма ограничено, и, возможно, потребуются нагревать направляемый в них при аварии холодный гелий. В результате большой газопроницаемости стенок диффундирующий сквозь них воздух сильно загрязняет гелий.

Достоинствами жестких газгольдеров являются простота их эксплуатации и высокая надежность. К недостаткам относятся высокая стоимость газгольдеров и значительные затраты на строительство фундаментов и перевозку.

Таким образом, аварийный сбор гелия требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, и вопрос о его целесообразности должен быть решен с учетом ряда факторов. В частности, если приняты меры по уменьшению количества гелия в криостате и по профилактическому удалению гелия из криостата, значительно понижается вероятность наиболее опасных аварийных ситуаций. Следует также учесть, что большая часть неполадок выявляется в период охлаждения криостата, когда в нем нет или мало жидкого гелия.

#### 5. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для исследования процесса аварийного вскипания гелия создан сосуд с вертикальным криостатом.

При изоляции этого криостата с помощью азотного экрана и резкой порче изоляционного вакуума холодным гелием удельное весовое количество испаряющегося гелия равно  $\sim 0,14$  кг·с<sup>-1</sup>·м<sup>-2\*</sup>. В варианте с суперизоляцией /азотный экран отсутствует/ соответствующая величина составляет  $1,84$  кг·с<sup>-1</sup>·м<sup>-2</sup>. Если допустить, что температура кипения гелия в опытном криостате остается постоянной и равной  $\sim 4,2$  К в течение всего процесса кипения, то можно принять величину теплоты испарения равной  $20,9$  кДж кг<sup>-1</sup>·с<sup>1/5</sup>. Тогда удельные теплопритоки составят в первом варианте  $\sim 0,3$  Вт·см<sup>-2</sup> и во втором  $3,9$  Вт·см<sup>-2</sup>.

Кипение гелия в опытном криостате, особенно при больших тепловых нагрузках, происходит очень бурно, причем уровень парожидкостной смеси увеличивается иногда в  $\sim 1,3$  раза. Измеренная температура жидкости при таком кипении оказалась близка к температуре насыщения при соответствующих давлениях в криостате.

#### 6. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ГЕЛИЯ В КРИОСТАТЕ СПИНА ПРИ УХУДШЕНИИ ИЗОЛЯЦИОННОГО ВАКУУМА

Важными особенностями криостата установки СПИН, с точки зрения конструирования газовой предохранительной системы, являются большая протяженность уровня гелия и малая допустимая разница уровней в различных точках периметра криостата. Поток испаряющегося гелия, идущий вдоль уровня, создает разницу давлений, которая, в свою очередь, вызывает изменение профиля уровня. Для расчета на ЭВМ этого профиля при нормальной работе криостата в НИКО ЛВЗ разработана программа<sup>1/4/</sup>. Предложено использовать эту программу и для анализа аварийных ситуаций. Результаты расчетов показывают, что допустимая тепловая нагрузка весьма ограничена. Например, при 4 предохранительных клапанах, находящихся на расстоянии друг от друга  $\sim 15$  м, и исходном уровне гелия 260 мм допустимая нагрузка равна  $\sim 0,015$  Вт·см<sup>-2</sup>. Это означает, что при большей нагрузке обнажатся магниты или произойдет выброс жидкости в клапан. Аварийные тепловые нагрузки во много раз превосходят названную выше. Следовательно, значительное изменение уровня произойдет уже в первой стадии аварийной порчи вакуума.

#### 7. ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЕ КЛАПАНЫ И ЗАГЛУШКИ

К клапанам, устанавливаемым на гелиевых криостатах, кроме обычных требований /см. с. 12<sup>1/6/</sup> /, предъявляется ряд специфических. Рассмотрим требования герметичности и полноподъемности.

\* Измерена скорость падения уровня гелия и принято, что давление в криостате не растет, а температура жидкости остается равной  $4,2$  К, тогда плотность жидкости равна  $125$  кг·м<sup>-3</sup>.



Герметичность затвора обычно обеспечивают твердыми или мягкими прокладками. Оба варианта обладают недостатками. Для уплотнения твердых прокладок необходимы высокая точность изготовления или большие усилия, которые могут быть обеспечены лишь вспомогательными управляющими устройствами<sup>77</sup>. Однако такие устройства сложны, не вполне надежны, а иногда снижают быстродействие клапана. Мягкие, например резиновые, прокладки при кратковременном срабатывании клапана охлаждаются, вследствие этого твердеют и в дальнейшем, после закрытия клапана, не уплотняются, так как проток холодного гелия удерживает их в замороженном состоянии. Приходится ставить последовательно с клапаном вентиль, что противоречит правилам Госгортехнадзора.

Долгоподъемность в клапанах достигается различными способами. Часто используют кинетическую энергию газа. Однако в нашем случае перепады давлений и скорости газа в клапане сравнительно невелики и недостаточны для эффективного воздействия на золотник с диском. В криогенных устройствах наиболее распространены клапаны с подачей среды под золотник. В этом случае трудно обеспечить гарантированную долгоподъемность с помощью поршня или сильфона, установленного за золотником, где давление может оказаться недостаточным.

Таким образом, известные клапаны не в полной мере отвечают всем перечисленным требованиям. Нами разработан и испытан клапан с  $d_y = 50$  мм /рис.1/, который предполагается использовать в предаварийных ситуациях на установке СПИ. Клапан отличается тем, что среда подается на золотник 3, который удерживается в закрытом состоянии подачей давления во внутреннюю полость сильфона 2. Эффективная площадь сильфона значительно больше площади золотника. Поэтому клапан открывается, когда возникшее под действием давления в криостате усилие, обусловленное этой разницей площадей, превышает усилие от удерживающего давления. Клапан является долгоподъемным, так как после подъема золотника над седлом 4 исчезает сила, прижимающая золотник к седлу.

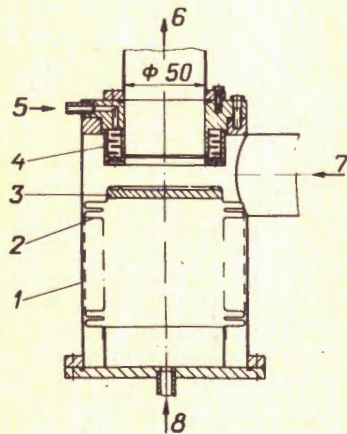


Рис.1. Предохранительный клапан. 1 - корпус, 2 - сильфон, 3 - золотник, 4 - седло с резиновой прокладкой и радиатором, 5 - обогрев седла, 6 - обратный поток, 7 - патрубок криостата, 8 - удерживающее давление.

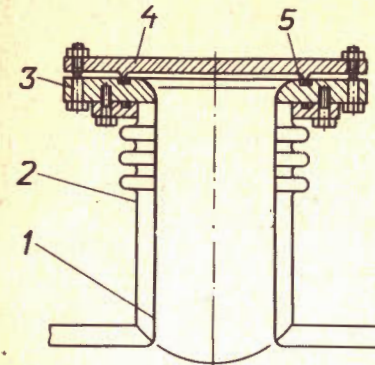


Рис.2. Предохранительная заглушка. 1 - труба аварийного сброса, 2 - вакуумный кожух, 3 - разрывной болт, 4 - заглушка, 5 - резиновая прокладка.

случайного сброса удерживающего давления. При этом холодный газ из гелиевого сосуда устремится через клапан в обратный поток, и резиновое уплотнение замерзнет. Для отогрева прокладки подает гелий из линии сжатого гелия через отверстие 5. Для ускорения этого процесса в седле 4 имеются теплообменник и специальное отверстие в корпусе седла, через которое обеспечивается достаточный проток теплого гелия. Опытный образец клапана успешно испытан на стенде с продувкой жидким азотом.

Для варианта многослойной изоляции криостата СПИ на аварийный сброс гелия должен происходить через дополнительные трубы. Выходы из труб могут быть закрыты предохранительными клапанами, мембранами или заглушками 4 /рис.2/. Последняя открывается при разрыве болтов 3 в месте проточки.

Конструкция узла заглушки существенно проще, чем клапана или мембраны. Гидравлическое сопротивление узла заглушки меньше. Клапан может быть случайно открыт, например, при сбросе удерживающего давления. Мембрана может сломаться или изменить свою характеристику в результате многократных прогибов. Заглушка представляется более надежным устройством.

## 8. ПРОХОДНЫЕ СЕЧЕНИЯ И ПЕРЕПАДЫ ДАВЛЕНИЯ ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В КРИОСТАТЕ СПИ

### Исходные положения

Расчеты проведены для наиболее тяжелого случая аварийной порчи изоляционного вакуума - мгновенного наполнения изоляционного пространства гелием. Отвод пара, образующегося в криостате СПИ в результате аварийной ситуации, весьма затруднен. В результате образующегося по длине криостата перепада давлений профиль уровня жидкого гелия изменяется, и даже при умеренных теплопритоках жидкость устремляется в клапан. Кроме того, из опытов в вертикальном криостате известно, что при бурном кипении уровень жидкого гелия значительно повышается. Таким образом, газовое пространство в гелиевом сосуде /25 мм над уровнем/ будет заполнено парожидкостной смесью. Поскольку определить паросодержание смеси весьма сложно, то для дальнейших расчетов принята следующая упрощенная модель истечения.



Все пространство гелиевого сосуда заполнено жидким гелием. В наиболее удаленной от предохранительной заглушки точке генерируется пар в количестве, обусловленном теплопритоком ко всему участку между этой точкой и заглушкой, и этот газовый поршень выдавливает жидкость. Для предотвращения чрезмерного роста давления в газовом пространстве объем выдавливаемой жидкости должен быть равен объему генерируемого пара.

#### Вариант изоляции с помощью азотного экрана

На гелиевом сосуде СПИНа установлен клапан-заглушка, к которому жидкий гелий идет по двум ветвям сосуда с такой же скоростью, с какой шел бы испарившийся газ. Весовое испарение равно  $6,5 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$ , расход жидкости составляет  $\sim 25 \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1}$  поскольку при давлении  $\sim 1,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$  и температуре  $4,5 \text{ К}$  плотность жидкости больше плотности газа примерно в 6 раз.

Расчетные перепады давления равны в гелиевом сосуде  $4800 \text{ Па}$ , в стояке и клапане-заглушке -  $2300 \text{ Па}$ , то есть незначительны. Но при поступлении жидкости в теплый трубопровод, ведущий к газгольдерам, ситуация меняется. В трубопроводе диаметром  $0,6 \text{ м}$  и длиной  $100 \text{ м}$  /с плавными поворотами/ потеря давления равна  $6,1 \cdot 10^4 \text{ Па}$ . Суммарный перепад не превышает допустимой величины  $7 \cdot 10^4 \text{ Па}$ .

#### Вариант с суперизоляцией криостата /азотный экран отсутствует/

С помощью предварительных расчетов выбраны количество труб аварийного сброса /4 шт./ и диаметр проходного сечения / $0,25 \text{ м}$ /. Трубы снабжены предохранительными заглушками, которые полностью открывают выход в атмосферу. Расчетные переходы давлений: в криостате -  $1,4 \cdot 10^4 \text{ Па}$ , в трубах -  $2,9 \cdot 10^4 \text{ Па}$ , что вполне допустимо. При необходимости сброса гелия в газгольдеры аварийный трубопровод пришлось бы выполнять в "холодном" варианте, поскольку теплый трубопровод имел бы слишком большой диаметр.

#### 9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА КРИОГЕННОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПИНа

В технологической схеме /рис.3/ предусмотрены два варианта изоляции криостата: суперизоляция и азотный экран. В первом варианте гелий сбрасывается в атмосферу через 4 предохранительные заглушки 3 при давлении в криостате  $1,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$  после того, как перестали справляться с эвакуацией гелия 4 предохранительных клапана / $d_y = 50 \text{ мм}$ / 2. Во втором варианте остается только одна труба аварийного сброса  $d_y = 250 \text{ мм}$ , на ней устанавливаются предохранительный клапан-заглушка 4, далее труба  $\phi 600 \text{ мм}$  и газгольдеры 5.

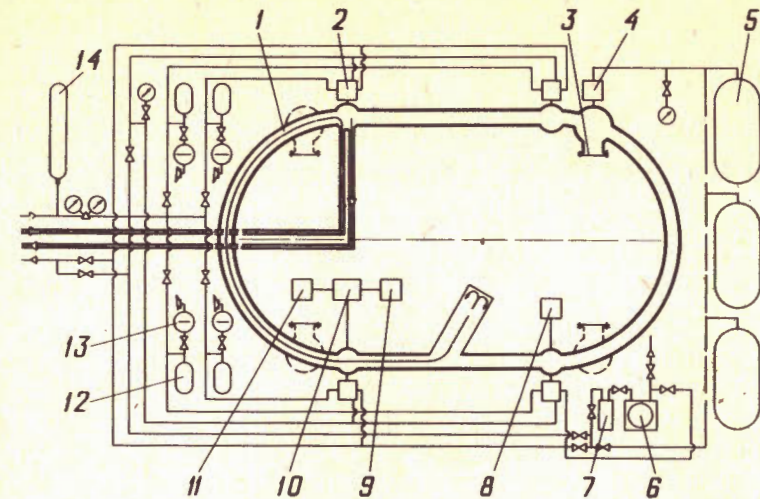


Рис.3. Технологическая схема предохранительной системы установки СПИНа. 1 - криостат, 2 - предохранительный клапан  $d_y = 50 \text{ мм}$ , 3 - предохранительная заглушка, 4 - предохранительный клапан-заглушка, 5 - газгольдеры, 6 - форвакуумный насос, 7 - азотная ловушка, 8 - самописец давления в криостате, 9, 11 - выносные блоки сигнализации на пультах КГУ и СПИНа, 10 - гелиевый течеискатель, 12 - бачок, 13 - манометр сигнализирующий, 14 - баллон сжатого гелия.

Непрерывное слежение за появлением гелиевых течей ведется с помощью течеискателя 10 и сигнализаторов 9, 11. Самописец 8 позволяет зафиксировать ход давления в криостате во время аварии.

В предаварийной ситуации жидкий гелий выдавливается через холодную трубу в цистерны, установленные рядом с рефрижератором КГУ. При этом выход холодного гелия из криостата должен быть перекрыт. Если в это время давление в криостате превысит  $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , то открываются клапаны 2, и часть гелия через трубу обратного потока идет на зачку компрессорами.

#### 10. ВЫВОДЫ

1. На основе накопленного в ОИЯИ опыта эксплуатации гелиевых криостатов и транспортных сосудов принято допущение, что вероятность появления течей через большие отверстия /порядка десятков  $\text{мм}^2$ / в изоляционное пространство мала при соблюдении некоторых условий. В частности, все хрупкие детали /стеклянные вакуумные лампы и пр./ должны быть устранены или надежно защищены; в период



запуска, до появления в криостате большого количества жидкого гелия, необходимо вести тщательный контроль натеканий в вакуумную полость.

2. При неограниченном доступе в изоляционное пространство воздуха или гелия удельные теплопритоки к криостату в последнем случае меньше. Но в реальных аварийных ситуациях количество поступающего газа ограничено размером отверстия. Поэтому теплопритоки к жидкому гелию при натекании воздуха через малые отверстия сравнительно невелики из-за незначительной порчи вакуума вследствие конденсации воздуха. Полная порча вакуума гелием через любые отверстия при отсутствии средств откачки гелия происходит неотвратно, и суммарный теплоприток ко всей поверхности криостата весьма велик. Таким образом, вопреки распространенной точке зрения об опасности воздушной течи, можно считать, что наиболее тяжелая аварийная ситуация возникает при порче вакуума гелием.

3. Для исследования процесса аварийного вскипания гелия создан стенд. Экспериментальным путем доказано, что при порче вакуума гелием аварийный теплоприток к криостату с азотным экраном на порядок меньше, чем к криостату с многослойной изоляцией.

4. Аварийное кипение гелия в криостатах при полной порче изоляционного вакуума сопровождается значительным подъемом уровня, что может привести к выбросу жидкого гелия в теплый обратный поток. При проектировании криостатов необходимо предусмотреть достаточное пространство над уровнем для отделения пара от жидкости.

5. Разработан и испытан полноподъемный предохранительный клапан  $d_y = 50$  мм с отепляемым мягким уплотнением золотника.

6. Предложено использовать вместо мембран более надежные предохранительные заглушки с разрывными болтами; успешно испытан опытный образец.

7. Впервые в практике создания предохранительных систем выделены предаварийные /или переходные/ ситуации и предусмотрены меры по непрерывному контролю течей и быстрому удалению жидкого гелия из криостата установки СПИН.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шелаев И.А. и др. ОИЯИ, Р9-82-383, Дубна, 1982.
2. Беляков В.П. Криогенная техника и технология. Энергоиздат, М., 1982.
3. Turner L. R. et al. Safety analysis of the UTSI-CFFF Superconducting magnet. Advances in Cryogenic Engineering. 1980, vol. 25, p. 39-48.
4. Агапов Н.Н., Суханова А.К. ОИЯИ, 8-83-702, Дубна, 1983.
5. Справочник по физико-техническим основам криогеники. "Энергия", М., 1973.

6. Кондратьева Т.Ф. Предохранительные клапаны. "Машиностроение", Л., 1976.
7. Романенко Н.Т., Куликов Ю.Ф. Криогенная арматура. "Машиностроение", М., 1978, с. 35-38, рис. 28.

Рукопись поступила в издательский отдел  
19 июня 1984 года.



## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
Д3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
Д11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Бартенев В.Д. и др.

8-84-248

Некоторые вопросы аварийной защиты гелиевых криостатов

Рассмотрены процессы в гелиевых криостатах при аварийной порче изоляционного вакуума. Описаны предохранительные система протяженного гелиевого криостата, полноподъемный клапан и заглушка с отрывными болтами. Выработаны рекомендации по аварийной защите гелиевых криостатов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Bartenev V.D. et al.

8-84-248

Some Problems of Emergency Protection of Helium Cryostats

Some processes in helium cryostats at emergency spoiling of insulation vacuum are considered. Safety system of a long helium cryostat, totally opened valve and covering with breaking-away bolts are described. Recommendations as to protection of helium cryostats are developed.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984