

для спектрометра AVANCE NEO

- Общие правила техники безопасности

Руководство пользователя

Version 001



Авторское право © Bruker Corporation

Все права защищены. Данную публикацию целиком или полностью запрещается воспроизводить, хранить в системе поиска информации, а также передавать, в любой форме и любыми средствами без предварительного согласия издателя. Использованные названия изделий являются торговыми марками или зарегистрированными торговыми марками, принадлежащими соответствующим владельцам.

© декабря 05, 2019 Bruker Corporation

Номер чертежа: 10000063301

Номер детали: H171764RU

Содержание

1	Введение	5
1.1	Предусмотренное применение	5
1.2	Политика компании	6
1.3	Цель руководства	6
1.4	Безопасность в отношении магнитных полей	6
1.4.1	Меры предосторожности во внутренней зоне	7
1.4.2	Меры предосторожности во внешней зоне	7
1.5	Безопасность при работе с криогенными жидкостями	8
1.6	Электробезопасность	8
1.7	Химическая безопасность	8
1.8	Сертификат CE	8
1.9	Условия эксплуатации	9
1.10	Знаки и этикетки	9
1.11	Коэффициенты пересчета из единиц СИ в единицы США	11
2	Безопасность при обращении с электроникой прибора	13
2.1	Общие инструкции по технике безопасности	13
2.2	Заземление и уравнивание потенциалов спектрометра Avance	13
2.3	Техника безопасности при работе с консолью	15
2.3.1	Обычное отключение	15
2.3.2	Аварийное отключение	16
2.4	AVANCE NEO AQS	17
2.4.1	Аварийное отключение	17
2.4.2	Техника безопасности персонала	17
2.5	BSMS/2	18
2.5.1	Аварийное отключение	18
2.5.2	Техника безопасности персонала	19
2.6	Безопасность при работе с усилителями мощности	20
2.6.1	Безопасность при работе с усилителями мощности	20
2.6.1.1	Таблички безопасности	20
2.6.2	Аварийное отключение	20
3	Безопасность в отношении магнитных полей	21
3.1	Магнитное поле	22
3.1.1	Экранирование	22
3.1.2	Электронные, электрические и механические медицинские имплантаты	22
3.1.3	Хирургические имплантаты и протезы	23
3.1.4	Работа оборудования	23
3.1.5	Перед зарядкой сверхпроводящего магнита током	23
3.1.6	После зарядки тока в магнит	24
3.1.7	Общие меры предосторожности	24
3.2	Зона ограниченного доступа	24
3.3	Безопасное обращение с криогенными веществами	25
3.3.1	Типы веществ	25

3.3.2	Общие правила безопасности	26
3.3.3	Сосуды Дьюара для транспортировки криогенных веществ	26
3.3.4	Опасность для здоровья	26
3.3.5	Первая помощь	27
3.3.6	Защитная одежда.....	27
3.3.7	Другие правила безопасности.....	27
3.3.8	Курение	28
3.4	Заправка магнита жидким азотом.....	28
3.4.1	Конденсация кислорода	28
3.4.2	Система отведения азота.....	28
3.4.3	Другие общие правила	29
3.5	Заправка магнита жидким гелием	29
3.5.1	Емкость для гелия.....	29
3.5.2	Инструкции по заправке гелия	30
3.5.3	Быстрая заправка магнита гелием	30
3.6	Вентиляция.....	30
3.6.1	Вентиляция при работе в штатном режиме.....	31
3.6.2	Аварийная вентиляция во время установки магнита или при потере его сверхпроводимости.....	31
3.6.3	Аварийная вытяжная вентиляция.....	31
3.6.4	Мониторинг и датчики уровня кислорода.....	32
4	Правила техники безопасности в отношении датчиков ЯМР.....	33
4.1	Правила техники безопасности для персонала	33
4.1.1	Первая помощь	34
5	Безопасность при работе с криодатчиками CryoProbe.....	35
5.1	Аварийное отключение	35
5.2	Правила техники безопасности для персонала	36
5.2.1	Первая помощь	36
5.3	Питание сжатым гелием	37
5.4	Электробезопасность	37
5.5	Безопасность оборудования	38
6	Безопасность при работе с системой CryoProbe Prodigy.....	39
6.1	Правила техники безопасности для персонала	39
6.1.1	Первая помощь	40
	Контактная информация	41
	Список рисунков.....	43
	Список таблиц	45
	Предметный указатель.....	47

1 Введение

Цель этого руководства — обобщение сведений по технике безопасности, которые относятся к спектрометру. Оно не заменяет отдельные руководства, а предназначено для быстрого и удобного поиска информации, касающейся безопасности. Один экземпляр всегда должен находиться на столе оператора. Убедитесь о том, чтобы каждый оператор спектрометра понимал важность этого руководства. Кроме того, рекомендуем всем операторам прочитать руководство, чтобы знать обо всех угрозах безопасности, которые могут возникнуть при использовании спектрометра.

Рисунки, приведенные в этом руководстве, носят общий и информативный характер и могут не соответствовать определенной модели используемого оборудования, компоненту, а также версии программного обеспечения или микропрограммы Брукер. На каждом рисунке может быть показано либо не показано дополнительное оборудование и принадлежности.

Внимательно прочитайте все соответствующие главы перед началом работы с устройством!

1.1 Предусмотренное применение

Спектрометры ЯМР Брукер AVANCE необходимо использовать только по их прямому назначению, как описано в соответствующих руководствах и изложено в этом разделе.

Использование устройства в любых непредусмотренных целях допускается только на собственный риск пользователя и аннулирует все гарантии производителя. Обслуживать и ремонтировать консоли должны только квалифицированные специалисты. Устройство могут использовать только операторы, прошедшие курс обучения работе на спектрометрах Брукер.

Спектрометры Брукер AVANCE — это высокоточные спектрометры для анализа химической структуры и молекулярных свойств. Небольшое количество жидкого или твердого образца помещается в чрезвычайно сильное магнитное поле. Образец облучается короткими высокочастотными импульсами, а затем отслеживаются результирующие слабые радиосигналы, испускаемые после этого магнитноактивными ядрами (выбранных химических элементов) образцов. Этот метод называется спектроскопией ядерного магнитного резонанса (ЯМР).

Спектрометры AVANCE поставляются с магнитами с вертикальным отверстием с напряженностью магнитного поля от 7 Тл до 20 Тл с размером теплового отверстия 54–155 мм. Типичная масса образцов варьируется от нескольких наногرامмов до граммов.

Метод позволяет идентифицировать либо подтвердить структуру химических соединений и смесей, включая сведения о молекулярной подвижности и взаимодействиях, а также структуру сложных биомолекул, таких как белки.

Метод также используется для получения информации о распределении магнитноактивных ядер в образце (ЯМР-томография, ЯМР-микроскопия).

Спектрометры ЯМР применяются во всех типах научных и промышленных исследований, а также для контроля качества в материаловедении, органической и неорганической химии, а также для анализа биологических образцов.

Любой спектрометр AVANCE можно оснастить разнообразным дополнительным оборудованием, среди которого:

- система задания температуры образца;
- пневматический модуль MAS для вращения ротора с образцом;
- система импульсных градиентов магнитного поля;
- система сопряжения с ВЭЖХ и проточные датчики;
- роботы для смены образцов;
- устройства для автоматической подготовки образцов;
- специальные криодатчики (CryoProbe, Cryoprobe Prodigy и их принадлежности).

Спектрометры AVANCE не предназначены для:

- исследований ферромагнитных материалов.

Спектрометры AVANCE не утверждены для диагностики в медицине, например для диагностики *in vitro*, в соответствии с юридическими требованиями.

1.2 Политика компании

Политика компании Брукер заключается в улучшении продукции по мере появления новых технологий и компонентов. Компания Брукер оставляет за собой право изменять технические характеристики в любое время.

Мы приложили все усилия, чтобы избежать ошибок в тексте и на рисунках в этом документе. Чтобы составить полезные и соответствующие документы, мы рассмотрим ваши комментарии к этой публикации. Выездным сервис-инженерам мы рекомендуем регулярно запрашивать у компании Брукер актуальную информацию.

Компания Брукер стремится предоставлять клиентам инновационную, качественную и экологически безопасную продукцию и услуги.

1.3 Цель руководства

Цель этого руководства — обобщение сведений по технике безопасности, которые относятся к спектрометру AVANCE. Оно не заменяет отдельные руководства, а предназначено для быстрого и удобного поиска информации, касающейся безопасности. Один экземпляр всегда должен находиться на столе оператора. Убедитесь о том, чтобы каждый оператор спектрометра понимал важность этого руководства. Кроме того, рекомендуем всем операторам прочитать руководство, чтобы знать обо всех угрозах и рисках, которые могут возникнуть при использовании спектрометра AVANCE.

1.4 Безопасность в отношении магнитных полей

С точки зрения безопасности ЯМР-спектрометры от большинства другого лабораторного оборудования отличает использование относительно сильного магнита. При проектировании лабораторий ядерного магнитного резонанса или подготовке персонала, который будет работать в лаборатории или рядом с ней, все другие особенности менее значимы. При соблюдении соответствующих процедур работа вблизи сверхпроводящих магнитов абсолютно безопасна и не имеет известных вредных медицинских побочных эффектов. Однако их несоблюдение может привести к серьезным несчастным случаям. Важно, чтобы сотрудники, работающие рядом с магнитом, полностью понимали возможные угрозы.

Крайне важно, чтобы люди, с вживленными кардиостимуляторами или металлическими имплантатами никогда не находились рядом с магнитом.

Магнитные поля окружают магнит со всех сторон. Это поле (известное как поле рассеяния) невидимо, поэтому в соответствующих местах необходимо размещать предупреждающие знаки. Предметы, изготовленные из ферромагнитных материалов, например железа, стали и т. д. будут притягиваться к магниту. Если такой предмет поднести слишком близко, магнит может неожиданно притянуть его с большим усилием. Это может повредить магнит или нанести травму человеку, находящемуся на пути!

Поскольку напряженность поля рассеяния значительно падает при удалении от магнита, полезно рассматривать безопасность для двух широко определенных областей: внутренней и внешней зоны. Деление на внутреннюю и внешнюю зону особенно полезно для организации лаборатории, а также составления рекомендаций по работе.

Физическая протяженность этих двух зон зависит от размера магнита. Чем больше магнит, тем сильнее магнитные поля рассеяния и, следовательно, тем больше протяженность двух зон. Подробные сведения о полях рассеяния для различных магнитов приведены в Руководстве по планированию лаборатории ЯМР, поставляемом на BASH DVD.

1.4.1 Меры предосторожности во внутренней зоне

Внутренняя зона простирается от центра магнита до линии 1 мТл (10 Гс). Внутри этой области предметы могут неожиданно притягиваться к центру магнита. Сила притяжения магнита может изменяться от едва заметной до неконтролируемой на очень коротком расстоянии. Ни при каких обстоятельствах не располагайте и не перемещайте тяжелые предметы, содержащие ферромагнитные материалы (чугун, сталь, магнитные сплавы) в этой зоне.

Все лестницы, используемые при работе с магнитом, должны быть изготовлены из немагнитного материала, например алюминия. Сосуды Дьюара с гелием и азотом, которые используются для пополнения уровня жидкости внутри магнита, должны быть изготовлены из немагнитного материала.

Не допускайте, чтобы маленькие железные и стальные предметы (инструмент, элементы крепежа и т. д.), оказывались на полу рядом с магнитом. Это может привести к серьезным повреждениям при втягивании в отверстие магнита, особенно если в магнит не вставлен датчик.

При нахождении во внутренней зоне возможно повреждение механических часов. Электронные часы можно носить без вреда для них. Очевидно, что меры предосторожности для внешней зоны, приведенные, также необходимо соблюдать во внутренней зоне.

1.4.2 Меры предосторожности во внешней зоне

Внешняя зона простирается от линии 1 мТл (10 Гс) до линии 0,3 мТл (3 Гс). Поле рассеяния магнита проходит сквозь стены, полы и потолки, а внешняя зона может охватывать соседние помещения. Это поле может стереть информацию, хранящуюся на магнитных лентах или дисках. Банковские карты, пропуска или любые устройства с магнитной полосой могут быть повреждены. Компакт-диски и DVD-диски не повреждаются, однако их приводы могут содержать магнитные детали. При использовании газовых баллонов, изготовленных из стали, их необходимо располагать далеко за пределами внешней зоны (предпочтительно за пределами помещения с магнитом), а также всегда надежно прикреплять к стене. За пределами внешней зоны не требуется предпринимать особые меры предосторожности, связанные с магнитным полем рассеяния.

1.5 Безопасность при работе с криогенными жидкостями

Магнит содержит относительно большое количество жидкого гелия и азота. Эти жидкости, называемые криогенными, поддерживают очень низкую температуру катушки магнита.

При работе с криогенными жидкостями, имеющими очень низкую температуру, всегда нужно надевать перчатки, одежду с длинными рукавами или лабораторный халат и защитные очки. Прямой контакт с этими жидкостями может привести к обморожению. Оператор спектрометра ЯМР должен регулярно проверять и следить за тем, чтобы испаряющиеся газы свободно выходили из магнита, то есть выпускные клапаны не должны быть заблокированы. Не пытайтесь заполнить магнит гелием или азотом, если вы не прошли подготовку по соответствующей процедуре.

Гелий и азот — нетоксичные газы. Однако из-за возможной потери сверхпроводимости магнита помещение может мгновенно заполниться парами газов, поэтому необходимо обеспечить надлежащую вентиляцию.

1.6 Электробезопасность

Спектрометр не представляет опасности большей, чем типичное электронное или пневматическое оборудование, с ним необходимо обращаться соответствующим образом. Не снимайте защитные панели или средства заземления с различных блоков. Они обеспечивают вашу защиту и их может открывать только квалифицированный обслуживающий персонал. Чтобы снять главную панель на задней стороне консоли, необходимо открыть два поворотных ключа, но это также должен выполнять подготовленный персонал. Обратите внимание: если вентиляторы на задней панели не отключены, они будут работать даже со снятой панелью.

Перед техническим обслуживанием, ремонтом или транспортировкой спектрометр и/или его компоненты нужно полностью выключить, отключить от сети или других устройства и извлечь из стойки. Подробнее см. в руководствах определенных компонентов.

1.7 Химическая безопасность

Пользователи должны знать обо всех угрозах, которые могут представлять используемые ими образцы. Органические соединения могут быть легковоспламеняющимися, коррозионными, канцерогенными, ядовитыми и т.д.

1.8 Сертификат CE

Все основные блоки оборудования, размещенные в консолях AVANCE, а также периферийные устройства, например магнит, HPPR, прокладки, датчики и устройства для охлаждения образца, отвечают требованиям Декларации соответствия нормам ЕС. Они охватывают уровень возможного побочного электромагнитного излучения, а также обычные угрозы, связанные с поражением электрическим током. Обратите внимание, что для минимизации утечки электромагнитного излучения должны быть закрыты дверцы консоли и установлена задняя панель.

1.9 Условия эксплуатации

Допустимая температура воздуха	От 5 до 35 °С
Допустимая высота	До 2000 метров над уровнем моря
Относительная влажность	Максимум 80% при температуре до 31 °С с линейным уменьшением до 65% при 35 °С
Допустимая температура хранения	От 5 до 40 °С
Степень защиты от проникновения пыли и воды	IP20

Таблица 1.1: Условия эксплуатации спектрометра

Требования к электропитанию различных спектрометров зависят от конфигурации системы. Дополнительную информацию о требованиях к электропитанию см. в соответствующем Руководстве по планированию объектов.

1.10 Знаки и этикетки

Знаки и этикетки всегда относятся к элементам, расположенным в их непосредственной близости. На спектрометре или рядом с ним используются приведенные ниже знаки и этикетки.

	<p>Запрещающий знак: Не допускать лиц с кардиостимуляторами!</p> <ul style="list-style-type: none"> В обозначенной области существуют угрозы для людей с кардиостимуляторами, они не должны входить в эту зону!
	<p>Запрещающий знак: Не допускать лиц с имплантатами!</p> <ul style="list-style-type: none"> В обозначенной области существуют угрозы для людей с металлическими имплантатами, они не должны входить в эту зону!
	<p>Запрещающий знак: Не допускать беременных.</p> <ul style="list-style-type: none"> Беременные могут подвергаться опасности в обозначенной области, им не разрешено входить в эту зону!
	<p>Запрещающий знак: Запрещено использовать часы и электронные устройства!</p> <ul style="list-style-type: none"> В обозначенной области возможно повреждение часов и электронных устройств!

	<p>Запрещающий знак: Запрещено использовать кредитные карты и магнитную память!</p> <ul style="list-style-type: none"> • В обозначенной области возможно повреждение кредитных карт и магнитной памяти!
	<p>Запрещающий знак: Не касаться!</p> <ul style="list-style-type: none"> • Не касайтесь руками указанной области!
	<p>Предостерегающий знак: Осторожно!</p> <ul style="list-style-type: none"> • Несоблюдение этого может привести к травме!
	<p>Примечания: Рекомендации по эксплуатации.</p>
	<p>Предостерегающий знак: Сильное магнитное поле!</p> <ul style="list-style-type: none"> • Не использовать магнитную память. • Не носить ювелирные украшения. • Не приближать металлические предметы.
	<p>Предостерегающий знак: Угроза для жизни и здоровья людей, связанная с высоким напряжением и поражением электрическим током!</p> <ul style="list-style-type: none"> • Угроза для жизни и здоровья людей, связанная с возможным контактом с электропроводами и поврежденной изоляцией!
 <p>или</p> 	<p>Устройство, чувствительное к электростатическому разряду</p> <ul style="list-style-type: none"> • Соблюдайте меры предосторожности при обращении.
	<p>Подключение защитного заземления</p> <ul style="list-style-type: none"> • Используется для обозначения контактов, которые подключены к внешнему защитному проводнику или защите от поражения электрическим током в случае неисправности.

Таблица 1.2: Знаки и этикетки

1.11 Коэффициенты пересчета из единиц СИ в единицы США

Приведенные ниже коэффициенты пересчета можно использовать для преобразования единиц измерения, используемых в этом руководстве.

Единица измерения	Единицы СИ	Стандартные единицы США	Коэффициент пересчета (округляется до сотых)
Линейные размеры	метр (м)	фут	1 м = 3,28 фута
	сантиметр (см)	дюйм	1 м = 39,37 дюйма 1 см = 0,39 дюйма
Площадь	квадратный метр (м ²)	квадратный фут (фут ²)	1 м ² = 10,76 фута ²
Объем	кубический метр (м ³)	кубический фут (фут ³)	1 м ³ = 35,32 фута ³
	литр (л)	кварта	1 л = 1,06 кварты (жидкость)
Вес	килограмм (кг)	фунты	1 кг. = 2,21 фунта
Давление	бар	фунты/квадратный дюйм (фунт/кв. дюйм)	1 бар = 14,51 фунтов/кв. дюйм
		атмосфера (атм)	1 бар = 0,99 атм (стандартный)
Температура	°C	°F	$F = C \times 1,8 + 32$
	°F	°C	$C = (F - 32) / 1,8$
Напряженность магнитного поля	Тесла (Тл)	Гаусс (Гс)	1 Тл = 10 ⁴ Гс

Таблица 1.3: Коэффициенты пересчета из единиц СИ в единицы США

2 Безопасность при обращении с электроникой прибора

2.1 Общие инструкции по технике безопасности

Пользователь спектрометра должен регулярно проверять оборудование на наличие повреждений или износа и немедленно сообщать в сервисную службу обо всех неисправностях.

Не используйте оборудование и сообщите обслуживающему персоналу, если возникли сомнения относительно исправности любого компонента!

В приведенных ниже маловероятных случаях выключите оборудование, отключите электропитание, сообщите об этом обслуживающему персоналу и запросите инструкции.

- Шнур, вилка или блок питания имеют трещины, изломы или повреждения.
- Появились признаки перегрева.
- Есть признаки или подозрение, что жидкость проникла в любой модуль.
- Шнур или источник питания были в контакте с любой жидкостью.
- Блок или компоненты упали или были повреждены любым способом.

2.2 Заземление и уравнивание потенциалов спектрометра Avance

Чтобы обеспечить безопасную работу со спектрометром в любых условиях, спектрометр AVANCE необходимо подключить к общей системе уравнивания потенциалов на объекте пользователя.

Для полного уравнивания потенциалов спектрометра ЯМР он поставляется с заземляющими проводами, которые строго необходимо подсоединить к консоли, предусилителю HPPR и магниту следующим образом:

- необходимо соединить проводом главную точку заземления, расположенную на нижней задней стороне консоли с системой заземления здания.
- Если используется внешний блок предусилителя (HPPR/2), необходимо соединить проводом главную точку заземления спектрометра и точку заземления на основании внешнего предусилителя (см. второй рисунок ниже).
- Необходимо соединить проводом точку заземления магнита и точку заземления спектрометра (см. первый рисунок ниже), а если используется внешний предусилитель, с точкой заземления внешнего предусилителя (см. второй рисунок ниже).

Обратите внимание: провода заземления необходимо установить и плотно затянуть на соответствующих точках заземления перед подачей питания на консоль AVANCE или подключения ее к сетевому разъему. Провода заземления можно отсоединять только после отключения питания всей системы.

Сервисный инженер обязан рекомендовать клиенту ознакомиться с информацией по безопасности, приведенной в этом руководстве. Подтверждение того, что им было рекомендовано это, вносится в акт приемки.

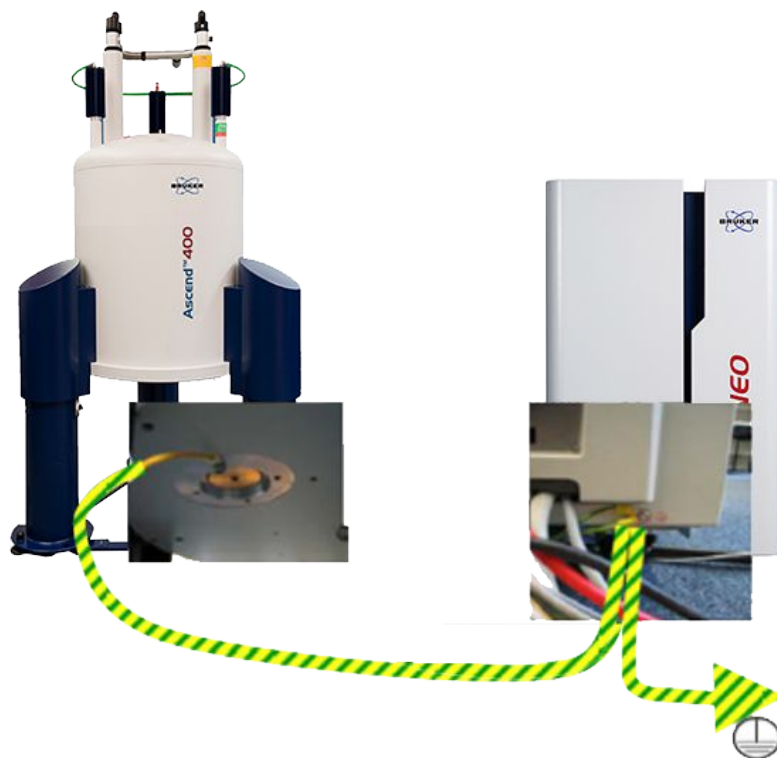


Рисунок 2.1: Спектрометр AVANCE с внутренним предусилителем



Рисунок 2.2: Спектрометр AVANCE с внешним предусилителем (HPPR/2)

2.3 Техника безопасности при работе с консолью

ОСТОРОЖНО! Чтобы свести к минимуму опасность поражения электрическим током, консоль спектрометра должна быть подключена к заземлению, как указано в разделе выше.

Консоль с электроникой оснащена трехпроводным кабелем питания переменного тока. Используйте только силовые кабели, утвержденные компанией Брукер или соответствующие стандартам безопасности Международной электротехнической комиссии (МЭК).

С учетом веса консоли ее должен перемещать только уполномоченный персонал в соответствующей защитной обуви. Консоли должны перемещать только два сотрудника.

2.3.1 Обычное отключение

Блок управления электропитанием (Power Distribution Unit, PDU), расположенный на задней стороне консоли, используется для управляемого включения спектрометра.

Питание спектрометра AVANCE можно включать и отключать с помощью команды из ПО TopSpin.

Блок PDU обеспечивает включение и отключение питания модулей спектрометра в правильной последовательности, а также включение мощных устройств с необходимыми временными задержками, чтобы ограничить пусковой ток системы.



Рисунок 2.3: Блок управления электропитанием

Порядок отключения или перезапуска

- Запустите программу `pdudisp` одним из приведенных ниже способов:
 - из строки состояния;
 - из командной строки;
 - выбрав пункты меню **Manage | Spectrometer**.

- Выберите **Shutdown** (или **Reboot**) на экране блока PDU.

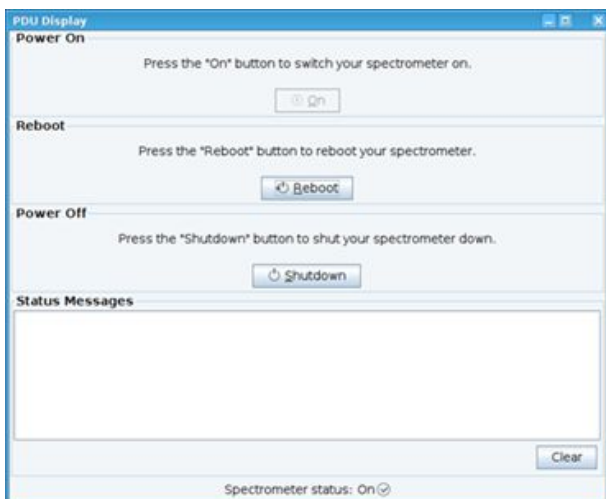


Рисунок 2.4: Экран блока управления электропитанием (PDU)



Примечание: Блок PDU остается включенным даже после завершения процедуры отключения консоли. Блок PDU необходимо отключить с помощью сетевого выключателя, описанного в следующем разделе.

2.3.2 Аварийное отключение

Сетевой выключатель обесточивает консоль целиком, включая блок PDU, после управляемого отключения. Сетевой выключатель консоли AVANCE также используется в качестве аварийного, например если невозможно выполнить управляемое выключение с помощью блока PDU.

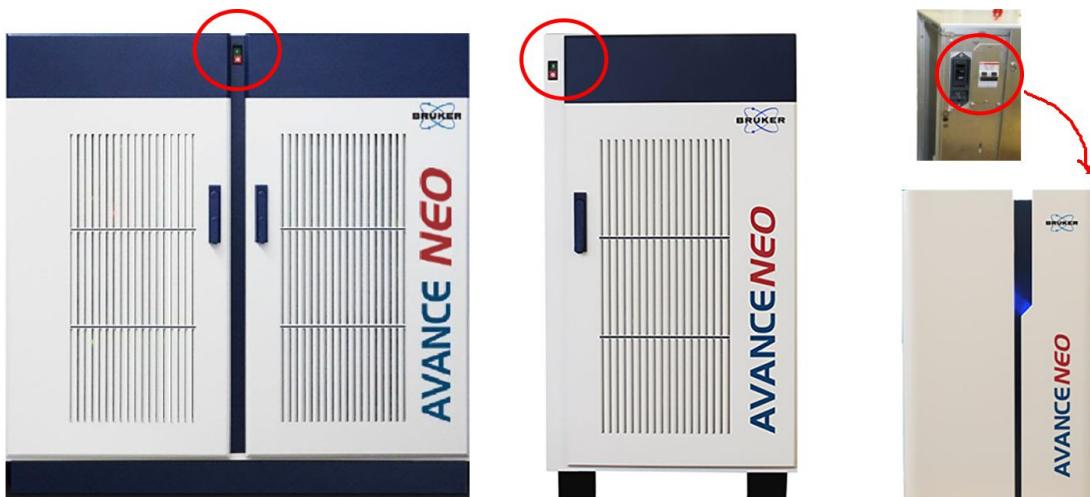


Рисунок 2.5: Расположение аварийного выключателя на устройствах серии AVANCE NEO

2.4 AVANCE NEO AQS

Новая система AQS AVANCE NEO — это последующая разработка на основе хорошо зарекомендовавшей себя системы AVANCE III HD. Архитектура спектрометра AVANCE NEO построена таким образом, что каждый радиочастотный (РЧ) канал поддерживает и передачу, и прием. Таким образом, каждый РЧ канал — это независимый спектрометр с набором цепей для синтеза и передачи РЧ импульсов и приема радиочастотного сигнала ЯМР от образца. Эта архитектура обеспечивает самую высокую гибкость с точки зрения конфигурации прибора и многоканальной работы.

Приведенные ниже общие меры предосторожности необходимо соблюдать на всех этапах эксплуатации и обслуживания системы AQS. Несоблюдение этих мер предосторожности или определенных предупреждений, приведенных в других разделах этого руководства, нарушает стандарты безопасности при проектировании, изготовлении и предусмотренном применении системы AQS.

Компания Брукер не несет ответственности за несоблюдение клиентом этих требований и, следовательно, не несет ответственности за любые травмы или повреждения оборудования, которые возникли в результате несогласованных действий с системой AQS.

2.4.1 Аварийное отключение

В случае аварийного отключения используйте сетевой выключатель, описанный в разделе [Аварийное отключение \[▶ 16\]](#) консоли, чтобы обесточить всю консоль. AQS в спектрометрах AVANCE NEO можно отключить только через PDU. Выборочно отключать AQS не рекомендуется. Отключать консоль необходимо полностью. Только в случае особых указаний сотрудников компании Брукер под их руководством можно отключить модуль AQS выборочно.

2.4.2 Техника безопасности персонала

Заземление

ОСТОРОЖНО! Чтобы свести к минимуму опасность поражения электрическим током, AQS должна быть заземлена.

Консоль с электроникой оснащена трехпроводным кабелем питания переменного тока. Используйте только силовые кабели, утвержденные компанией Брукер или соответствующие стандартам безопасности Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Только для квалифицированного технического персонала

ОСТОРОЖНО! Установку и обслуживание оборудования должны выполнять только квалифицированные специалисты компании Брукер. Прежде чем приступить к обслуживанию, отключите кабели питания. В определенных условиях опасное напряжение может оставаться даже при отключенных кабелях питания. Во избежание травм всегда отключайте питание и снимайте остаточную разницу потенциалов электрических цепей кратковременным заземлением, прежде чем прикасаться к ним.

ПРИМЕЧАНИЕ. Обслуживающему персоналу запрещено снимать панели системы, кроме случаев, описанных в этом руководстве. Не заменяйте блоки в консоли, пока включены AQS или другие системы в консоли. Выключите компоненты консоли с помощью блока PDU (см. [Обычное отключение \[▶ 15\]](#)). Для понимания пользовательского интерфейса, системных сообщений и руководств необходим определенный уровень владения английским языком.

Электробезопасность

Степень защиты систем AQS от поражения электрическим током соответствует стандарту МЭК 61010-1, т. е. все электрические части защищены от прикосновения.

ОСТОРОЖНО! Используйте только электрические разъемы, поставляемые компанией Брукер. Заменять их другими разъемами запрещено.

Подъем системы AQS

ОСТОРОЖНО! Для установки системы AQS в корпус спектрометра и извлечения из него требуется как минимум два человека. Полностью укомплектованная система AQS может весить более 50 кг.

ПРИМЕЧАНИЕ. Перед перемещением извлеките из AQS все модули (или часть из них), чтобы уменьшить вес.

Очистка

ОСТОРОЖНО! Перед очисткой всегда выключайте питание и отсоединяйте кабель питания. Запрещается включать питание, пока все поверхности полностью не высохнут.

Очистите внешнюю поверхность системы и модулей AQS мягкой безворсовой тканью, смоченной в воде. Не используйте моющие средства или другие растворители для химической очистки.

2.5 BSMS/2

Система BSMS/2 содержит набор плат с высокой степенью интеграции (ELCB и SCB20), которые обеспечивают оптимальную производительность, высокое разрешение и повышенную стабильность. BSMS/2 выполнена в виде блока в корпусе спектрометра ЯМР. Подробнее об условиях эксплуатации см. в руководстве по планированию лаборатории спектрометра ЯМР.

Приведенные ниже общие меры предосторожности необходимо соблюдать на всех этапах эксплуатации и обслуживания системы BSMS/2. Несоблюдение этих мер предосторожности или определенных предупреждений, приведенных в других разделах этого руководства, нарушает стандарты безопасности при проектировании, изготовлении и предусмотренном применении системы BSMS/2.

Компания Брукер не несет ответственности за несоблюдение клиентом этих требований и, следовательно, не несет ответственности за любые травмы или повреждения оборудования, которые возникли в результате неутвержденных действий с системой BSMS/2.

2.5.1 Аварийное отключение

В случае аварийного отключения используйте сетевой выключатель, описанный в разделе [Аварийное отключение \[▶ 16\]](#) консоли, чтобы обесточить всю консоль. BSMS в спектрометрах AVANCE NEO можно отключить только через блок PDU. Не рекомендуем выборочно отключать BSMS. Отключать консоль необходимо полностью. Только в случае особых указаний сотрудников компании Брукер под их руководством можно выборочно отключить BSMS.

2.5.2 Техника безопасности персонала

Заземление

ОСТОРОЖНО! Чтобы свести к минимуму опасность поражения электрическим током, необходимо заземлить корпус BSMS/2.

Консоль с электроникой оснащена трехпроводным кабелем питания переменного тока. Используйте только силовые кабели, утвержденные компанией Брукер или соответствующие стандартам безопасности Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Только для квалифицированного технического персонала

ОСТОРОЖНО! Установку и обслуживание оборудования должны выполнять только квалифицированные специалисты компании Брукер. Прежде чем приступить к обслуживанию, отключите кабели питания. В определенных условиях опасное напряжение может оставаться даже при отключенных кабелях питания. Во избежание травм всегда отключайте питание и снимайте остаточную разницу потенциалов электрических цепей кратковременным заземлением, прежде чем прикасаться к ним.

ПРИМЕЧАНИЕ. Обслуживающему персоналу запрещено снимать панели системы, кроме случаев, описанных в этом руководстве. Не заменяйте модули BSMS/2 при включенном сетевом выключателе. Для понимания пользовательского интерфейса, системных сообщений и руководств необходим определенный уровень владения английским языком.

Электробезопасность

Степень защиты систем BSMS/2 от поражения электрическим током соответствует стандарту МЭК 61010-1, т. е. обеспечена защита при прикосновении ко всем токоведущим частям.

ОСТОРОЖНО! Используйте только электрические разъемы, поставляемые компанией Брукер. Заменять их другими разъемами запрещено.

Подъем системы BSMS/2

ОСТОРОЖНО! Для установки системы BSMS/2 в корпус спектрометра и извлечения из него требуется как минимум два человека. Полностью укомплектованная система BSMS/2 может весить более 50 кг.

ПРИМЕЧАНИЕ. Перед перемещением извлеките все модули BSMS/2 (или часть из них), чтобы уменьшить вес.

Очистка

ОСТОРОЖНО! Перед очисткой всегда выключайте питание и отсоединяйте кабель питания. Запрещается включать питание, пока все поверхности полностью не высохнут.

Очистите внешнюю поверхность рамы и модулей BSMS/2 мягкой безворсовой тканью, смоченной в воде. Не используйте моющие средства или другие растворители для химической очистки.

2.6 Безопасность при работе с усилителями мощности

Возбуждение ядер вещества для эксперимента ЯМР часто требует подачи РЧ-импульсов относительно большой амплитуды, для чего используются усилители мощности. Усилители могут быть внутренними (встроенными в стойку AQS) или внешними (в виде отдельных автономных устройств). Кабели, идущие непосредственно от выходов усилителя к предусилителю HPPR, передают РЧ-импульс к образцу.

Амплитуда РЧ-импульса на выходе усилителя может составлять порядка нескольких сотен вольт, вследствие чего запрещено подключать к ним осциллограф или измеритель мощности без аттенюатора.

2.6.1 Безопасность при работе с усилителями мощности

Усилители Брукер соответствуют требованиям по безопасности электрического оборудования, приведенным в стандарте МЭК 61010-1.

2.6.1.1 Таблички безопасности

Усилители оснащены табличками, предупреждающими эксплуатирующий и обслуживающий персонал об условиях, которые могут привести к травмам и повреждению оборудования в результате его непредусмотренного или ненадлежащего использования. Пользователи обязаны ознакомиться с содержанием табличек и понять его.

Перед тем как отсоединять выходные РЧ-кабели, оператор должен проверить, не проводится ли в данный момент эксперимент. Чтобы удостовериться, что РЧ-импульсы не генерируются, введите команду **stop** в командной строке TopSpin или щелкните значок **STOP** в строке меню TopSpin. В случае сомнения выключите усилитель.

Перед открытием модуля отсоедините кабель питания, чтобы избежать риска поражения электрическим током.

2.6.2 Аварийное отключение

В случае аварийного отключения используйте сетевой выключатель, описанный в разделе [Аварийное отключение \[▶ 16\]](#) консоли, чтобы обесточить всю консоль. Усилители в спектрометрах AVANCE NEO можно отключить только через блок PDU. Не рекомендуем выборочно отключать усилители. Отключать консоль необходимо полностью. Только в случае особых указаний сотрудников компании Брукер под их руководством можно отключить усилитель выборочно.

3 Безопасность в отношении магнитных полей

Сверхпроводящий магнит спектрометра ЯМР прост и безопасен в эксплуатации при условии соблюдения надлежащих процедур и необходимых мер предосторожности.

С этими инструкциями необходимо ознакомиться всем лицам, использующим спектрометр ЯМР со сверхпроводящим магнитом. Они не предназначены исключительно для информирования руководящего или специализированного персонала.

Для эффективного ознакомления с этими требованиями всех лиц, имеющих отношение к такому оборудованию, следует провести соответствующие обучающие мероприятия.

Поскольку магнитное поле спектрометра ЯМР распространяется по всем направлениям, инструкции касаются как этажа помещения, на котором расположен магнит, так и этажей ниже и выше него.

Осторожно! Чтобы свести к минимуму опасность поражения электрическим током, магнит и его опоры должны быть подключены к заземлению консоли!

Зоны, на которые распространяется предупреждение

Установка и эксплуатация спектрометра ЯМР со сверхпроводящим магнитом представляет ряд рисков, о которых должен знать весь персонал. **Необходимые меры:**

- Зоны установки и эксплуатации магнитов спектрометров ЯМР и сам процесс установки планируются с соблюдением всех мер безопасности.
- Эксплуатация таких помещений и процесс установки магнита проводятся с соблюдением правил техники безопасности и в соответствии с надлежащими процедурами.
- Персоналу предоставляется возможность соответствующего обучения.
- Необходимо установить и поддерживать в надлежащем состоянии предупреждающие знаки, которые четко информируют людей о вхождении в опасную зону.
- Соблюдаются все требования по охране труда и технике безопасности.

В этих инструкциях описаны особо важные аспекты эксплуатации и установки. Однако в приведенных рекомендациях не представляется возможным учесть все потенциальные ситуации. Если при работе системы возникают сомнения, настоятельно рекомендуем пользователю связаться с поставщиком. В задачи клиентов компании Брукер входит эффективная передача своим клиентам и пользователям оборудования информации, приведенной в этом руководстве, в отношении правил техники безопасности и потенциальных рисков, связанных с магнитами ЯМР.

3.1 Магнитное поле

Сверхпроводящие магниты ЯМР обуславливают ряд рисков, связанных с силами, вызванными мощными магнитными полями. Чтобы избежать опасности вследствие воздействия магнитного поля на материалы, обладающие магнитными свойствами, или хирургические имплантаты, следует соблюдать меры предосторожности. Такие риски включают, помимо прочего:

На оборудование, расположенное вблизи магнита ЯМР, могут действовать большие силы притяжения. Сила может быть достаточно большой, чтобы бесконтрольно перемещать оборудование в направлении магнита. В связи с этим элементы оборудования могут превратиться в неуправляемые летящие предметы.

Габаритное оборудование (например, газовые баллоны, источники питания) может нанести увечье, зажать все тело или конечность между самим оборудованием и магнитом.

Чем ближе предмет, содержащий ферромагнитные материалы (чугун, сталь, магнитные сплавы и др.) находится к магниту, тем больше сила притяжения. Кроме того, сила притяжения возрастает с увеличением массы оборудования.

3.1.1 Экранирование

Большинство новых магнитов ЯМР оснащены системами активного экранирования магнитного поля. При установке таких экранированных магнитов или работе с ними необходимо учитывать следующее:

- Активное экранирование сверхпроводящей катушки уменьшает магнитное поле рассеяния и, следовательно, его влияние.
- Несмотря на это, градиент магнитного поля в данном случае намного сильнее по сравнению с неэкранированными магнитами, поэтому интервалы между изолиниями поля рассеяния (например, расстояние между 0,5 мТл (5 Гс) и 5 мТл (50 Гс) намного меньше. Следовательно, необходимо также соблюдать осторожность и избегать сближения предметов из ферромагнитных материалов с магнитом.
- Несмотря на активное экранирование, магнитное поле рассеяния непосредственно над и под магнитом очень большое, а действие притяжения на такие предметы очень сильное.

3.1.2 Электронные, электрические и механические медицинские имплантаты

В отношении воздействия магнитного поля на электронные, электрические и механические медицинские имплантаты и устройства необходимо знать следующее:

- В статическом или переменном магнитном поле могут наблюдаться сбои в работе или полная остановка электронных, электрических или механических медицинских имплантатов, таких как кардиостимуляторы, биостимуляторы и нейростимуляторы.
- При воздействии полей с напряженностью выше 5 Гс не все кардиостимуляторы реагируют одинаково или при одной и той же напряженности поля.

3.1.3 Хирургические имплантаты и протезы

В отношении воздействия магнитного поля на хирургические имплантаты и протезы необходимо знать следующее:

- Помимо электронных, электрических и механических медицинских имплантатов, другие медицинские хирургические имплантаты, например зажимы для аневризмы, хирургические зажимы или протезы, могут содержать материалы, обладающие магнитными свойствами. Вследствие этого они подвержены сильному притяжению вблизи магнита спектрометра ЯМР. Это может привести к травмам или летальному исходу.
- Кроме того, вблизи быстро меняющихся полей (например, импульсных градиентов магнитного поля) в имплантате могут индуцироваться вихревые токи, что приводит к выделению тепла и может создать угрозу для жизни.

3.1.4 Работа оборудования

Присутствие сильного магнитного поля может напрямую влиять на работу оборудования.

- При воздействии магнитных полей с напряженностью свыше 1 мТл (10 Гс) определенные устройства, например часы, магнитофоны, а также фото- и видеокамеры, могут намагничиваться. Повреждения, нанесенные подобным образом, не подлежат ремонту.
- Информация, записанная на магнитные полосы кредитных карт и магнитные ленты, может быть утрачена без возможности восстановления.
- В полях с напряженностью выше 5 мТл (50 Гс) электрические трансформаторы могут намагнититься до насыщения их сердечников. Кроме того, могут изменяться характеристики безопасности оборудования.

3.1.5 Перед зарядкой сверхпроводящего магнита током

Перед началом зарядки магнита необходимо выполнить следующие действия:

- Убедиться, что все незакрепленные предметы, содержащие ферромагнитные материалы, находятся вне зоны поля с напряженностью 5 Гс.
- Установить предупреждающие знаки о магнитном поле во всех точках доступа к помещению, в котором установлен магнит.
- Установить предупреждающие знаки о возможном наличии магнитных полей и потенциальной опасности во всех зонах, где величина напряженности поля может превышать 5 Гс.

3.1.6 После зарядки тока в магнит

После зарядки магнита до номинального значения магнитного поля необходимо выполнить следующие действия:

- Исключить попадание предметов, содержащих ферромагнитные материалы, в помещение.
- Для хранения и транспортировки сжатого газа или криогенных жидкостей использовать только баллоны и сосуды Дьюара, изготовленные из немагнитных материалов.
- Для транспортировки баллонов и сосудов Дьюара использовать только оборудование, изготовленное из немагнитных материалов.



Обратите внимание: заряженный магнит невозможно «выключить», чтобы сильное магнитное поле исчезло. Отключение сетевого питания не повлияет на магнит, и сильное магнитное поле останется.

3.1.7 Общие меры предосторожности

Чтобы предотвратить возникновение описанных выше ситуаций, в качестве инструкций приведены следующие меры предосторожности. Их следует рассматривать как минимальные требования.

- Каждую зону расположения магнита следует оценивать отдельно, чтобы определить необходимые меры предосторожности в отношении соответствующих рисков.
- Поскольку магнитное поле спектрометра ЯМР распространяется по всем направлениям, инструкции касаются как этажа помещения, на котором расположен сверхпроводящий магнит, так и этажей ниже и выше него.

3.2 Зона ограниченного доступа

Для оборудования, которое генерирует магнитное поле рассеяния, с напряженностью выше 0,5 мТл (5 Гс) за пределами постоянного кожуха, и/или уровень электромагнитных помех которого не соответствует стандарту МЭК 60601-1-2, необходимо определить зону ограниченного доступа и установить ее постоянные границы при следующих условиях для поля за ее пределами.

- Напряженность магнитного поля на границе этой зоны не должна превышать 0,5 мТл (5 Гс).
- Уровень электромагнитных помех соответствует стандарту МЭК 60601-1-2:2001.

Диаграммы поля рассеяния для различных магнитов можно найти в соответствующих руководствах к магнитам. На них показано положение границы с напряженностью поля 0,5 мТл (5 Гс).

Зона ограниченного доступа должна быть четко очерчена, например с помощью напольной разметки, ограждений и/или других средств, позволяющих ответственному персоналу надлежащим образом контролировать доступ посторонних лиц в эту зону.

Зону ограниченного доступа необходимо обозначить на всех входах соответствующими предупреждающими знаками, включая указание наличия магнитных полей и их силы притяжения или крутящего момента на ферромагнитных материалах.

На следующем рисунке показан рекомендуемый макет предупреждающего знака.



3.3 Безопасное обращение с криогенными веществами

В сверхпроводящем магните используется два типа криогенных веществ — жидкий гелий и жидкий азот. Криогенные жидкости просты и безопасны в обращении при соблюдении определенных мер предосторожности.

Рекомендации в этом разделе не являются исчерпывающими. В сомнительных ситуациях пользователю следует проконсультироваться с поставщиком.

3.3.1 Типы веществ

Вещества, описываемые в этих рекомендациях — азот, гелий и кислород. Паспорта безопасности для этих веществ можно запросить у поставщика криогенных жидкостей.

Гелий

Это природный инертный газ, который переходит в жидкое состояние при температуре около 4 К. Он бесцветный, не имеет запаха, не горюч и нетоксичен. Чтобы сохранить сверхпроводящие свойства катушки магнита, ее помещают в емкость с жидким гелием.

Азот

Это природный газ, который переходит в жидкое состояние при температуре около 77 К. Этот газ также бесцветный, негорючий и нетоксичный. Он используется для охлаждения тепловых экранов, которые окружают резервуар с жидким гелием.

Сосуд Дьюара для транспортировки криогенных веществ

При работе в штатном режиме жидкие криогенные вещества испаряются и их необходимо регулярно пополнять. Криогенные вещества доставляются на место в сосуде Дьюара для транспортировки. Сосуды Дьюара для транспортировки криогенных веществ должны быть изготовлены из немагнитных материалов.

Физические свойства

Безопасное обращение с криогенными жидкостями требует определенных знаний о физических свойствах этих жидкостей, здравого смысла и достаточного понимания, чтобы спрогнозировать реакции этих жидкостей в определенных физических условиях.

3.3.2 Общие правила безопасности

Общие правила безопасности при обращении с криогенными веществами включают, помимо прочего:

- Криогенные жидкости находятся при постоянной температуре в соответствии с точками кипения и будут постепенно испаряться, даже если они хранятся в изолированных емкостях (сосудах Дьюара).
- Криогенные жидкости необходимо использовать и хранить в хорошо проветриваемых помещениях.
- Перевозку криогенных веществ в лифте необходимо выполнять строго без сопровождения людей. Существует риск удушья.
- Резкое увеличение объема, сопровождающее испарение жидкости с образованием газа и последующий процесс нагревания, составляет приблизительно 740 : 1 для гелия и 680 : 1 для азота.

3.3.3 Сосуды Дьюара для транспортировки криогенных веществ

Правила относительно сосудов Дьюара для транспортировки криогенных жидкостей включают, помимо прочего:

- Любые сосуды Дьюара для транспортировки криогенных жидкостей нельзя закрывать полностью, поскольку это приведет к значительному повышению давления. Такая ситуация является взрывоопасной и может привести к большим потерям вещества!
- Все сосуды Дьюара для транспортировки криогенных веществ должны быть изготовлены из немагнитных материалов.

3.3.4 Опасность для здоровья

Основные правила касательно предотвращения опасности для здоровья включают, помимо прочего:

- В случае существенного разлива жидкости необходимо эвакуировать людей из этой зоны.
- Обеспечьте надлежащую вентиляцию помещения, чтобы не допустить уменьшения содержания кислорода. Гелий может вытеснять кислород под потолком помещения, холодный азот — в нижней зоне помещения. Подробнее см. в разделе «Вентиляция».
- Избегайте непосредственного контакта открытых участков тела с криогенными веществами в виде жидкости или газа низкой температуры, поскольку они будут вызывать обморожения на коже, напоминающие ожоги.
- Не допускайте соприкосновения недостаточно защищенных частей тела с холодными металлическими частями, поскольку есть риск примерзания к ним. При попытке освободить пораженную часть тела может произойти отрыв примерзшего участка тканей.

3.3.5 Первая помощь

Правила первой помощи включают, помимо прочего:

- Если криогенная жидкость попала в глаза или на кожу, немедленно промойте пораженный участок большим количеством холодной или прохладной воды, а затем приложите холодный компресс.
- Запрещается использовать горячую воду или фен.
- Немедленно обратитесь за медицинской помощью!

3.3.6 Защитная одежда

Правила использования защитной одежды включают, помимо прочего, следующее:

- Защитную одежду следует носить преимущественно во избежание обморожений. В связи с этим при перемещении или использовании криогенных жидкостей необходимо надевать сухие кожаные перчатки или специальные перчатки, защищающие от холода.
- Перчатки не должны сидеть слишком плотно, чтобы их можно было быстро и легко снять в случае пролива жидкости на них.
- Для защиты глаз необходимо носить защитные очки.
- На тех частях тела, которые могут контактировать с криогенной жидкостью, не следует носить металлические предметы (например, украшения).

3.3.7 Другие правила безопасности

Другие правила обращения с криогенными веществами включают, помимо прочего:

- В любой ситуации с криогенными жидкостями следует обращаться осторожно. При разливе в теплые емкости (например, сосуды Дьюара) жидкость всегда будет вскипать с последующим разбрызгиванием.
- Остерегайтесь разбрызгивания жидкости и интенсивного выброса криогенных веществ при погружении какого-либо оборудования при комнатной температуре в сосуд с криогенными жидкостями. Эту процедуру необходимо выполнять очень медленно.
- Вставляя трубы открытым концом в жидкость, нельзя допускать, чтобы другой конец был направлен на человека.
- Для переливания жидкого азота используйте только металлические или тефлоновые трубы, соединенные гибким металлическим или тефлоновым шлангом. Используйте только шланги из каучука или тефлона.
- Запрещается использовать шланги из материала Tygon® или из пластика. Они могут расколоться или разбиться при охлаждении перекачиваемой через них жидкостью и тем самым нанести травмы персоналу.

3.3.8 Курение

Соблюдайте следующие основные правила касательно курения:

- Не курите в помещениях, предназначенных для работы с криогенными жидкостями.
- Все помещения, предназначенные для работы с криогенными жидкостями, необходимо помечать соответствующими знаками как зоны, в которых курение запрещено.
- В то время как азот и гелий не поддерживают горение, сосуды Дьюара для их хранения имеют очень низкую температуру. Это может вызвать конденсацию кислорода из воздуха на поверхности сосуда Дьюара и локально увеличить его концентрацию.
- Существует особая опасность возгорания, если холодные поверхности покрыты горючими маслами или смазочными материалами. Может произойти самовозгорание!

3.4 Заправка магнита жидким азотом

Внимательно ознакомьтесь с инструкциями и распространите их содержание среди всех лиц, работающих со спектрометром.

- Экранированный сверхпроводящий магнит спектрометра ЯМР прост и безопасен в эксплуатации при условии соблюдения надлежащих процедур и необходимых мер предосторожности.
- В рекомендациях, приведенных в этом разделе, не представляется возможным учесть все возможные ситуации. Если при работе системы возникают какие-либо сомнения, настоятельно рекомендуем пользователю связаться с поставщиком.

3.4.1 Конденсация кислорода

Ограничьте контакт жидкого азота с воздухом. Помните о следующих особенностях контакта жидкого азота с воздухом и соответствующих мерах предосторожности:

- Поскольку температура кипения азота ниже, чем у кислорода, последний будет конденсироваться и накапливаться в сосуде.
- Если это происходит в течение определенного времени, концентрация кислорода в жидком азоте может стать настолько высокой, что степень опасности приблизится к таковой при работе с жидким кислородом. Это касается в первую очередь сосудов Дьюара с широкой горловиной в связи с большей площадью поверхности.
- Контакт жидкого азота с воздухом следует свести к минимуму.

3.4.2 Система отведения азота

В магните емкость с азотом снабжена клапаном сброса давления, предохраняющим как минимум задний патрубком от закупорки вследствие попадания воздуха или влаги.

Этот клапан должен быть установлен постоянно, даже при заправке магнита азотом!

3.4.3 Другие общие правила

Другие общие правила включают, помимо прочего:

- Не допускайте попадания жидкого азота на фланцы магнита и другое оборудования во время заправки.
- Во время заправки магнита азотом наденьте каучуковую или тефлоновую трубку на открытые патрубки.
- Немедленно прекратите заливать азот после заполнения емкости магнита! Несоблюдение приведенных выше рекомендаций может привести к замерзанию уплотнителей и последующей разгерметизации криостата магнита.

3.5 Заправка магнита жидким гелием

Внимательно ознакомьтесь с инструкциями в этом разделе и распространите их содержание среди всех лиц, работающих со сверхпроводящим магнитом.

Экранированный сверхпроводящий магнит спектрометра ЯМР прост и безопасен в эксплуатации при условии соблюдения надлежащих процедур и необходимых мер предосторожности.

В рекомендациях, приведенных в этом разделе, не представляется возможным учесть все возможные ситуации. Если при работе системы возникают какие-либо сомнения, настоятельно рекомендуем пользователю связаться с поставщиком.

Ознакомьтесь со следующими общими правилами. Они включают, помимо прочего:

- Жидкий гелий имеет самую низкую температуру из всех криогенных жидкостей.
- При контакте с жидким гелием любой газ (в том числе в составе воздуха) будет конденсироваться и переходить в твердое состояние.
- Жидкий гелий должен храниться в специально сконструированной емкости или сосудах Дьюара для транспортировки.
- Транспортировочный сосуд Дьюара для гелия должен быть постоянно оснащен обратным клапаном на горловине во избежание попадания воздуха в горловину и закупорки ее льдом.
- Для перекачивания жидкого гелия необходимо использовать только специальные линии с двойными стенками и вакуумной изоляцией между ними. Нарушение изоляции может привести к конденсации кислорода.

3.5.1 Емкость для гелия

Сверхпроводящие магниты для ЯМР оснащены внутренней емкостью с жидким гелием.

- Следует еженедельно проверять уровень гелия и скорость его испарения.
- Используйте расходомер или газовый счетчик для гелия!
- На патрубки емкости для гелия сверхпроводящего магнита должен быть установлен поставляемый с магнитом обратный клапан, предохраняющий их от закупорки вследствие попадания воздуха или влаги. Этот клапан должен быть установлен постоянно, кроме как во время процесса заправки гелия.

3.5.2 Инструкции по заправке гелия

Соблюдайте следующие инструкции в отношении пополнения запаса жидкого гелия в магнитах спектрометров ЯМР:

- Заправлять магнит гелием следует в пределах времени его удержания, не допуская уровня ниже минимально допустимого, указанного в руководстве к магниту.
- Важно! Перекачивание жидкого гелия отличается простотой и безопасностью при соблюдении следующих условий:
 - Надлежащее обращение с заправочной линией.
 - Линия для заправки магнита жидким гелием не была повреждена.
 - Давление в транспортировочном сосуде Дьюара во время заправки не превышает 0,14 бар (2 фунт/кв.дюйм, PSI).
- Запрещается вставлять линию для заправки гелием без предварительного ее охлаждения в магнит, поскольку теплый газообразный гелий может привести к потере сверхпроводимости магнита!
- Прежде чем вставлять линию для заливки гелия в заправочный патрубок, убедитесь, что из нее выходит жидкий гелий в виде небольшого языка белого «пламени». Прежде чем вставлять линию для заливки гелия в заправочный патрубок, убедитесь, что из нее выходит жидкий гелий в виде небольшого языка белого «пламени».

3.5.3 Быстрая заправка магнита гелием

Не отсоединяйте обратные клапаны емкости с азотом сверхпроводящего магнита во время заливки жидкого гелия!

При быстрой заливке жидкого гелия происходит переохлаждение жидкого азота. Это может привести к приведенным ниже последствиям:

- Снижение испарения азота и образование разрежения в емкости с азотом.
- Попадание влаги через патрубки, вследствие чего создается закупорка горловины льдом.

3.6 Вентиляция

Общие правила безопасности в отношении вентиляции включают, помимо прочего:

- Криогенные жидкости остаются при постоянной температуре в соответствии с точками кипения и будут постепенно испаряться, даже если они хранятся в изолированных сосудах Дьюара. Сосуды Дьюара должны обязательно вентилироваться, иначе произойдет опасное нарастание давления.
- Криогенные жидкости необходимо использовать и хранить в хорошо проветриваемых помещениях.
- Резкое увеличение объема, сопровождающее испарение жидкости с образованием газа и последующий процесс нагревания, составляет приблизительно 740 : 1 для гелия и 680 : 1 для азота.

3.6.1 Вентиляция при работе в штатном режиме

В сверхпроводящих магнитах в качестве хладагентов используются жидкий азот и жидкий гелий. При работе магнита в штатном режиме происходит испарение жидких азота и гелия, описанное ниже.

- Нормальная скорость испарения криожидкостей, содержащихся в магните, соответствует заданным производителем характеристикам.
- Испарение криожидкостей при регулярной заливке жидкого азота и жидкого гелия.

Выделяемые газы нетоксичны и абсолютно безвредны, если обеспечена достаточная вентиляция во избежание удушья. Правила в отношении вентиляции при работе в штатном режиме включают, помимо прочего:

- Магнит спектрометра ЯМР запрещено устанавливать в герметичном, непрветриваемом помещении. Магнит следует располагать так, чтобы из всех точек помещения был доступ к двери и вентиляционной системе.
- Планировка помещения, расстояние до потолка и высота магнита должны создавать условия для удобной заливки жидкого азота и жидкого гелия. Это значительно снизит риск несчастных случаев.

3.6.2 Аварийная вентиляция во время установки магнита или при потере его сверхпроводимости

Необходимо предусмотреть отдельную систему аварийной вентиляции, чтобы предотвратить дефицит кислорода в случае потери сверхпроводимости магнита или во время установки магнита.

В случае потери сверхпроводимости магнита в течение короткого времени образуется чрезвычайно большой объем газообразного гелия (т.е. от 43 до 595 м³ в зависимости от типа магнита).

Во время установки и захолаживания сверхпроводящих магнитов при определенных условиях может образоваться большое количество газообразных азота или гелия.

Хотя эти газы инертны, при выработке в достаточно больших количествах они могут создавать опасность, замещая собой кислород в помещении.

3.6.3 Аварийная вытяжная вентиляция

Существует несколько типов аварийных вытяжных устройств, которые устанавливаются, чтобы предотвратить уменьшение содержания кислорода в случае потери сверхпроводимости магнита или во время установки магнита. Среди них можно выделить следующие:

Активная вытяжная вентиляция

Это решение включает в себя вентилятор с электроприводом и вентиляционные каналы, не соединенные собственно с магнитом. Вытяжная вентиляция запускается как автоматически датчиком кислорода, так и вручную с помощью выключателя в помещении. Включение вручную необходимо во время установки магнита и при заправке жидкого азота и жидкого гелия. Это помогает предотвратить дефицит кислорода в помещении благодаря более интенсивной смене воздуха, чем смена, обеспечиваемая обычной системой вентиляции и кондиционирования.

Пассивная вытяжная вентиляция

Основной элемент этой системы — жалюзийные вытяжные отверстия в потолке, которые открываются под давлением газа вследствие формирования избыточного давления газа гелия в случае потери сверхпроводимости магнита.

Система отвода гелия на случай потери сверхпроводимости магнита

Это решение включает в себя трубы, подсоединенные непосредственно к магниту и выведенные из здания наружу. Важно учитывать приведенные ниже условия:

- В идеальном случае отвод гелия из магнита в случае потери его сверхпроводимости должен осуществляться непосредственно из здания наружу.
- Вентиляционные каналы, идущие из здания наружу, должны быть достаточного диаметра, чтобы избежать чрезмерного повышения давления из-за сопротивления потоку в вентиляционном канале.
- Доступ к выходному отверстию вытяжного вентиляционного канала должен быть запрещен посторонним лицам и разрешен только обслуживающему персоналу. Кроме того, выходное отверстие необходимо защитить от попадания дождя, снега или мусора, который может заблокировать систему.
- Также важно исключить всасывание газа, выходящего из выходного канала, в воздухозаборники системы кондиционирования и вентиляции. Расположение выходного отверстия канала должно быть тщательно продумано, чтобы исключить подобные ситуации, независимо от атмосферных условий и направления ветра.
- Кроме того, необходима изоляция вентиляционных труб в целях предотвращения обморожений в случае потери сверхпроводимости магнита.

Система вытяжной вентиляции из приямка для магнита

При размещении магнитов в приянке (ниже уровня пола лаборатории) особое внимание следует уделить вентиляции, в частности, аварийной вытяжной вентиляции. Приямки для магнитов — замкнутые пространства с потенциально повышенным риском уменьшения содержания кислорода при отсутствии надлежащей системы вытяжной вентиляции.

- Азот тяжелее воздуха и начинает заполнять пространство снизу во время предварительного захлаживания магнита или при заливке жидкого азота.
- Важно, чтобы вход вытяжной вентиляции располагался внизу приямка — это поможет эффективно вывести газообразный азот и предотвратить уменьшение содержания кислорода.

3.6.4 Мониторинг и датчики уровня кислорода

В помещении, где расположен магнит, необходимо контролировать содержание кислорода. Для этого нужно установить измеритель уровня кислорода и датчики:

- Над магнитом: Один датчик уровня кислорода над магнитом для определения низких уровней кислорода вследствие вытеснения его гелием.
- Близко к уровню пола: Один датчик уровня кислорода на высоте 30 см от пола в помещении, где расположен магнит.
- Внизу приямка. Один дополнительный датчик уровня кислорода на высоте 30 см от пола приямка (если магнит расположен в нем).

4 Правила техники безопасности в отношении датчиков ЯМР

Датчики ЯМР Брукер предназначены для размещения образца, передачи радиочастотных импульсов, которые возбуждают ядра образца, и приема излучаемого сигнала ЯМР. Передача и получение сигналов осуществляется с использованием специально разработанных РЧ-катушек.

Датчик вставляется в магнит снизу и крепится к основанию шиммовой системы. По коаксиальным кабелям РЧ-импульсы передаются с усилителей консоли на датчик, а сигнал ЯМР передается обратно с образца на приемник спектрометра. Кабели проходят через ряд предусилителей (HPPR), которые расположены у основания магнита. Предусилители необходимы для увеличения амплитуды сигналов ЯМР, которые обычно очень слабые, во избежание потери в проводах.

4.1 Правила техники безопасности для персонала

Все лица, работающие на спектрометре ЯМР или в непосредственной близости от него, должны быть ознакомлены с правилами техники безопасности для этой системы и порядком действий в аварийных ситуациях.

В сомнительных ситуациях: Всегда надевайте защитные очки и защитные перчатки, особенно при работе с образцами!

Заложенная в систему безопасность

Спектрометр ЯМР, включая его компоненты, обеспечивает безопасность эксплуатации. В нем предусмотрены следующие меры защиты оператора, оборудования и окружающей среды: предохранительные клапаны, датчики и система устранения ошибок в аппаратном и программном обеспечении.

Только для квалифицированного технического персонала

К эксплуатации и обслуживанию спектрометра ЯМР допускаются только лица, обладающие базовыми техническими знаниями в области электротехники, систем со сжатым газом и криогенных веществ. Для понимания пользовательского интерфейса, системных сообщений и руководств необходим определенный уровень владения английским языком.

Внутри корпуса нет обслуживаемых пользователем деталей

В обычных датчиках и криодатчиках CryoProbe нет обслуживаемых пользователем деталей. Не открывайте эти устройства!

Магнитное поле рассеяния

При работе в магнитном поле рассеяния с напряженностью 0,5 мТл (5 Гс) необходимо избегать контакта с деталями и инструментами, изготовленными из магнитных материалов, или обращаться с ними крайне осторожно.

ВНИМАНИЕ! Механические часы и карты с магнитной полосой (например, кредитные карты) следует размещать за пределами поля магнита с напряженностью 0,5 мТл (5 Гс).

Общие правила техники безопасности

- В лабораторию ЯМР доступ посторонних лиц должен быть ограничен. Доступ разрешен только уполномоченному и квалифицированному персоналу.
- Сильное магнитное поле может представлять различные риски. Границы зоны опасности должны быть маркированы максимально точно с использованием ограждений, напольной разметки или средств визуального оповещения. Конкретную информацию о границах опасной зоны (граница поля с напряженностью 0,5 мТл / 5 Гс) см. в руководстве по технике безопасности.
- Строго соблюдайте запрет на курение во время процедур пополнения запаса газа.

4.1.1 Первая помощь

Если холодный газ гелия или азота попал в глаза или на кожу, немедленно промойте пораженный участок большим количеством холодной или прохладной воды.

5 Безопасность при работе с криодатчиками CryoProbe

Датчики CryoProbe™ производства компании Брукер обеспечивают резкое повышение отношения сигнал/шум за счет охлаждения РЧ-катушек и встроенного предусилителя до криогенных температур. Работа с ними при проведении экспериментов аналогична работе с традиционными датчиками. В то время как температура образца стабилизируется при заданном пользователем значении, близком к комнатной температуре, блок РЧ катушек, расположенный в нескольких миллиметрах от образца, охлаждается криогенным газообразным гелием. Автоматическая система охлаждения с замкнутым циклом контролирует все функции и обеспечивает высокую стабильность во время краткосрочных и долговременных экспериментов.

Система CryoProbe состоит из нескольких подмодулей:

- криодатчик CryoProbe;
- криоплатформа;
- совместимый с криодатчиками предусилитель HPPR;
- стальной баллон с гелием.

Под термином *криоплатформа* подразумеваются компоненты для работы криодатчиками CryoProbe. Они включают модуль CryoCooling Unit, гелиевый компрессор, крепления датчика на магните и т. д. Платформа совместима со всеми датчиками CryoProbe производства компании Брукер. На один спектрометр необходима одна платформа.

Подробнее о безопасности криодатчиков CryoProbe и сопутствующие данные см. в руководстве пользователя системы CryoProbe (кат. № Z31551). Данное руководство доступно на DVD-диске BASH или у представителей компании Брукер.

С учетом того, что система CryoProbe используется совместно с магнитом ЯМР, см. также главу [Безопасность в отношении магнитных полей \[▶ 21\]](#) данного руководства.

5.1 Аварийное отключение

Поворотный сетевой выключатель на передней панели модуля CryoCooling Unit используется при необходимости АВАРИЙНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ. Он отключает системы криогенного охлаждения, вакуумирования, датчиков и сжатия газообразного гелия. Все клапаны сбрасываются до положения, установленного по умолчанию. Однако при аварийном отключении предусилители CryoPreamp внутри датчика не отключаются, поскольку они управляются через внешний предусилитель HPPR. Если система выключена, она будет медленно растепляться за счет пассивной передачи тепла.



ПРИМЕЧАНИЕ. Поскольку при АВАРИЙНОМ ОТКЛЮЧЕНИИ также отключается электронное оборудование для мониторинга, этой функцией следует пользоваться только в исключительных обстоятельствах.

5.2 Правила техники безопасности для персонала

Все лица, работающие на спектрометре ЯМР или в непосредственной близости от него, должны быть ознакомлены с правилами техники безопасности для этой системы и порядком действий в аварийных ситуациях.

В сомнительных ситуациях: Всегда надевайте защитные очки и защитные перчатки, особенно при работе с образцами!

Заложенная в систему безопасность

Спектрометр ЯМР, включая его компоненты, обеспечивает безопасность эксплуатации. В нем предусмотрены следующие меры защиты оператора, оборудования и окружающей среды: предохранительные клапаны, датчики и система устранения ошибок в аппаратном и программном обеспечении.

Только для квалифицированного технического персонала

К эксплуатации и обслуживанию спектрометра ЯМР допускаются только лица, обладающие базовыми техническими знаниями в области электротехники, систем со сжатым газом и криогенных веществ. Для понимания пользовательского интерфейса, системных сообщений и руководств необходим определенный уровень владения английским языком.

Внутри корпуса нет обслуживаемых пользователем деталей

В обычных датчиках и криодатчиках CryoProbe нет обслуживаемых пользователем деталей. Не открывайте эти устройства!

Магнитное поле рассеяния

При работе в магнитном поле рассеяния с напряженностью 0,5 мТл (5 Гс) необходимо избегать контакта с деталями и инструментами, изготовленными из магнитных материалов, или обращаться с ними крайне осторожно.

ВНИМАНИЕ! Механические часы и карты с магнитной полосой (например, кредитные карты) следует размещать за пределами поля магнита с напряженностью 0,5 мТл (5 Гс).

Общие правила техники безопасности

- В лабораторию ЯМР доступ посторонних лиц должен быть ограничен. Доступ разрешен только уполномоченному и квалифицированному персоналу.
- Сильное магнитное поле может представлять различные риски. Границы зоны опасности должны быть маркированы максимально точно с использованием ограждений, напольной разметки или средств визуального оповещения. Конкретную информацию о границах опасной зоны (граница поля с напряженностью 0,5 мТл / 5 Гс) см. в руководстве по технике безопасности.
- Строго соблюдайте запрет на курение во время процедур пополнения запаса газа.

5.2.1 Первая помощь

Если холодный газ гелия или азота попал в глаза или на кожу, немедленно промойте пораженный участок большим количеством холодной или прохладной воды.

5.3 Питание сжатым гелием

Криоплатформа CryoPlatform работает с газообразным гелием (He), который находится под давлением до 25 бар и охлаждается в ней до криогенных температур около 20 К. Все находящиеся под давлением детали заключены в прочный корпус, который предназначен для защиты от струи газа или выбрасываемых частиц в случае разрыва. Воздействие холодного гелия на незащищенную кожу может привести к образованию тяжелых обморожений.

ОСТОРОЖНО! Перемещать, подсоединять стальной баллон с гелием и работать с ним следует с предельной осторожностью. Соблюдайте все меры предосторожности, относящиеся к баллонам, содержащим сжатый газ под высоким давлением, и предметам из магнитных материалов.

ОСТОРОЖНО! Стальной баллон с гелием и маршрут его перемещения по лаборатории всегда должны находиться за пределами поля магнита с магнитной напряженностью 0,5 мТл (5 Гс).

ОСТОРОЖНО! Надежно закрепите стальной баллон с гелием на стене. При установке систем сжатого газа необходимо соблюдать все местные правила техники безопасности.

Шланг подачи сжатого гелия, соединяющий стальной баллон с гелием и модуль CryoCooling Unit, оснащен стальным тросом, который крепится к последним. Если планировка помещения не позволяет избежать пересечения шланга подачи гелия и пешего маршрута персонала, шланг необходимо заключить в кожух или разместить под напольным покрытием. Во всех случаях шланг подачи гелия необходимо крепить к стене или к полу с интервалом в 1 м.

ОСТОРОЖНО! Если шланг подачи гелия не закреплен, он может взорваться в случае разрыва.

ОСТОРОЖНО! Если в течение короткого промежутка времени из стального баллона с гелием выйдет большое количество газообразного гелия, может возникнуть опасность удушья, особенно в небольших помещениях. Решением в данном случае станет надлежащая вентиляция и/или обеспечение доступа свежего воздуха.

Шум при сбросе избыточного давления

Формирование избыточного давления в системе контролируется программным обеспечением и механическими предохранительными клапанами. При формировании избыточного давления выпускные клапаны будут открываться, издавая очень громкий ЗВУК! Наличие звукоизоляционного корпуса криоплатформы поможет снизить уровень шума до безопасного, поэтому во время работы он должен быть закрыт.

ОСТОРОЖНО! Если производственная ситуация требует работы модуля CryoCooling Unit при открытом корпусе, необходимо надевать защитные наушники.

5.4 Электробезопасность

Степень защиты модуля CryoCooling Unit от поражения электрическим током соответствует стандарту МЭК IP20: все электрические части защищены от прикосновения.

ОСТОРОЖНО! Используйте только электрические разъемы, поставляемые компанией Брукер. Заменять их другими разъемами запрещено.

5.5 Безопасность оборудования

ВНИМАНИЕ!

- Запрещается прикладывать усилия на сгиб трубы криодатчика.
Запрещается брать криодатчик за трубу, переносить следует только за нижний корпус обеими руками.
- Запрещается открывать криодатчик.
Внутри корпуса нет обслуживаемых пользователем деталей. Без специального оборудования криодатчик невозможно загерметизировать и правильно собрать. Даже ослабление определенных винтов может привести к сбросу заводских настроек и в целом сделать датчик непригодным для использования.
- Запрещается применять усилие при установке CryoCoupler.
- Запрещается блокировать работу предохранительных клапанов на верхней и передней поверхностях корпуса датчика.
- Запрещается применять усилие при установке CryoCoupler.
- Запрещается перемещать криогенную установку.
- Не пытайтесь устранить утечку из охлажденных деталей, так как это может привести к растрескиванию замерзших уплотнительных колец, клапанов и т. д.
- Избыточная РЧ-мощность может привести к выходу криодатчика или предусилителя из строя. Соблюдайте ограничения, указанные в специальном документе «ОГРАНИЧЕНИЯ — ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ».

6 Безопасность при работе с системой CryoProbe Prodigy

Система Prodigy является принадлежностью для ЯМР-спектрометра. Она состоит из криодатчика CryoProbe Prodigy, вакуумированной линии для жидкого азота, сосуда Дьюара для жидкого азота с постоянно установленным адаптером и управляющего модуля Prodigy Unit.

Криодатчик CryoProbe Prodigy оснащен встроенными предусилителями. Блок РЧ-катушек и предусилители охлаждаются при помощи испарения жидкого азота (LN₂). Преимущество этого метода охлаждения заключается в достижении чрезвычайно эффективной работы катушек и значительном уменьшении теплового шума. Комбинация этих преимуществ приводит к значительному улучшению отношения сигнал/шум по сравнению с датчиками ЯМР, работающими при комнатной температуре.

Жидкий азот подается в датчик из сосуда Дьюара через вакуумированную линию из нержавеющей стали. CryoProbe является открытой системой. Это означает, что газообразный азот выбрасывается в атмосферу через отверстие в криодатчике. Во избежание скопления капель жидкого азота на его выходе используется подогрев. Термоизоляция криодатчика осуществляется с помощью вакуумирования. Вакуум создается насосами, расположенными в модуле Prodigy — форвакуумным насосом и турбонасосом.

Подробнее о безопасности системы Prodigy и сопутствующие данные см. в руководстве пользователя CryoProbe Prodigy (кат. № Z31986). Данное руководство доступно на DVD-диске BASH или у представителей компании Брукер.

С учетом того, что система CryoProbe Prodigy используется совместно с магнитом, см. также главу [Безопасность в отношении магнитных полей \[▶ 21\]](#) данного руководства.

6.1 Правила техники безопасности для персонала

Все лица, работающие на спектрометре ЯМР или в непосредственной близости от него, должны быть ознакомлены с правилами техники безопасности для этой системы и порядком действий в аварийных ситуациях.

В сомнительных ситуациях: Всегда надевайте защитные очки и защитные перчатки, особенно при работе с образцами!

Заложенная в систему безопасность

Спектрометр ЯМР, включая его компоненты, обеспечивает безопасность эксплуатации. В нем предусмотрены следующие меры защиты оператора, оборудования и окружающей среды: предохранительные клапаны, датчики и система устранения ошибок в аппаратном и программном обеспечении.

Только для квалифицированного технического персонала

К эксплуатации и обслуживанию спектрометра ЯМР допускаются только лица, обладающие базовыми техническими знаниями в области электротехники, систем со сжатым газом и криогенных веществ. Для понимания пользовательского интерфейса, системных сообщений и руководств необходим определенный уровень владения английским языком.

Внутри корпуса нет обслуживаемых пользователем деталей

В обычных датчиках и криодатчиках CryoProbe нет обслуживаемых пользователем деталей. Не открывайте эти устройства!

Магнитное поле рассеяния

При работе в магнитном поле рассеяния с напряженностью 0,5 мТл (5 Гс) необходимо избегать контакта с деталями и инструментами, изготовленными из магнитных материалов, или обращаться с ними крайне осторожно.

ВНИМАНИЕ! Механические часы и карты с магнитной полосой (например, кредитные карты) следует размещать за пределами поля магнита с напряженностью 0,5 мТл (5 Гс).

Общие правила техники безопасности

- В лабораторию ЯМР доступ посторонних лиц должен быть ограничен. Доступ разрешен только уполномоченному и квалифицированному персоналу.
- Сильное магнитное поле может представлять различные риски. Границы зоны опасности должны быть маркированы максимально точно с использованием ограждений, напольной разметки или средств визуального оповещения. Конкретную информацию о границах опасной зоны (граница поля с напряженностью 0,5 мТл / 5 Гс) см. в руководстве по технике безопасности.
- Строго соблюдайте запрет на курение во время процедур пополнения запаса газа.

6.1.1 Первая помощь

Если холодный газ гелия или азота попал в глаза или на кожу, немедленно промойте пораженный участок большим количеством холодной или прохладной воды.

Контактная информация

Производитель

Bruker BioSpin Group

Германия/Франция/Швейцария

Адреса и контактная информация:

<https://www.bruker.com/nc/about-us/offices/bruker-biospin/europe-map.html>

Электронная почта: nmr-support@bruker.com

Служба технической поддержки

Обращайтесь в сервисные центры компании Bruker BioSpin.

Специализированные горячие линии и сервисные центры компании Bruker BioSpin к вашим услугам — таким образом наши специалисты могут моментально реагировать на ваши заявки на сервисное обслуживание, отвечать на вопросы касательно приложений и программного обеспечения, а также решать технические вопросы.

Выберите подходящий сервисный центр или горячую линию из списка ниже и обращайтесь:

<https://www.bruker.com/service/information-communication/helpdesk.html>

Список рисунков

Рисунок 2.1:	Спектрометр AVANCE с внутренним предусилителем	14
Рисунок 2.2:	Спектрометр AVANCE с внешним предусилителем (HPPR/2).....	14
Рисунок 2.3:	Блок управления электропитанием.....	15
Рисунок 2.4:	Экран блока управления электропитанием (PDU).....	16
Рисунок 2.5:	Расположение аварийного выключателя на устройствах серии AVANCE NEO....	16

Список таблиц

Таблица 1.1:	Условия эксплуатации спектрометра	9
Таблица 1.2:	Знаки и этикетки	9
Таблица 1.3:	Коэффициенты пересчета из единиц СИ в единицы США	11

Предметный указатель

Символы

Безопасность. Меры предосторожности во внешней зоне	7
Безопасность. Работа с криогенными жидкостями	8
Безопасность. Химическая	8
Безопасность. Электробезопасность	8
гелиевый компрессор	35
Металлические имплантаты	7
Модуль CryoCooling Unit	35
платформа CryoPlatform	35
Поле рассеяния	7
Потеря сверхпроводимости магнита	8
Руководство по планированию лаборатории ЯМР	7
Система AQS	17

A

AVANCE NEO AQS	17
----------------------	----

C

CryoProbe	35
CryoProbe Prodigy	39

P

Prodigy Unit	39
--------------------	----





Bruker Corporation

info@bruker.com
www.bruker.com

Order No: H171764RU