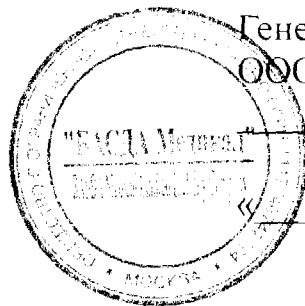
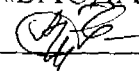


ОКП 94 4280

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
ООО «БАСДА Медикал»



 Павлов А.В.

» _____ 2012 г.

Руководство по эксплуатации

Томографы магнитно-резонансные BASDA с принадлежностями

Соответствует требованиям национальных стандартов:

ГОСТ Р 50444-92, ГОСТ Р 50267.0-92,
ГОСТ 50267.33-99, ГОСТ Р 50267.0.4-99,
ГОСТ Р МЭК 60601-1-1-20017

и технической документации изготовителя

2012



Техническое руководство

BTI-030

BTI-035

BTI-040

BTI-050

Системы магнитно-резонансной томографии

Содержание

Предисловие	5
Глава А. Общие сведения о продукте	11
А.1. Принципы работы системы.....	11
А.2. Использование системы.....	12
А.3. Показания и противопоказания	12
А.4. Наименование, модель системы	12
А.5. Классификация системы.....	13
А.6. Составные части	13
А.7. Базовые компоненты и функционирование.....	14
А.8. Рабочие условия и продолжительность работы	16
А.9. Управление системой.....	17
А. 9-1. Режим управления системой обычный (предписанный).....	17
А. 9-2. Системная быстрота изменения магнитного поля во времени (dB/dt).....	17
А. 9-3. Стандартный уровень поглощения (SAR)	18
А.10. Спецификация комплекта поставки	19
Глава Б. Безопасность работы	25
Б.1. Влияние магнитного резонанса на здоровье человека.....	25
Б.2. Влияние на водители сердечного ритма и металлические импланты в организме..	27
Б.3. Шум градиентного возмущения магнитного поля	28
Б.4. Психопатологические реакции организма	29
Б.5. Влияние на беременных женщин	30
Б.6. Ферромагнитный излучатель.....	31
Б.7. Радиочастотная интерференция	31
Б.8. Радиочастотные опасности	33
Б.8-1. Нагрев тканей	33
Б.8-2. Нагрев гентри магнита.....	34
Б.8-3. Нагрев контактных поверхностей	34
Б.8-4. Нагрев металлических объектов.....	34
Б.8-5. Нагрев кабелей и проводников	34
Б.9. Рабочая зона магнита системы	35
Глава В. Технологический указатель и требования к рабочему пространству и	

окружающей среде	36
В.1. Главный технологический указатель.....	37
В.2. Требования к рабочему пространству и окружающей среде	39
В.3. Упаковка, транспортировка и хранение	40
Глава Г. Принципы работы системы	41
Г.1. Обзор основных компонентов системы.....	41
Г.2. Магнит	42
Г.2-1. Функция	42
Г.2-2. Структура магнита	42
Г.2-3. Спецификация	43
Г.2-4. Ежедневное обслуживание магнита	43
Г.3. Спектрометр	43
Г.3-1. Промышленный компьютер.....	44
Г.3-2. Блок управления	44
Г.3-3. Предусилитель.....	45
Г.3-4. Собственно спектрометр	45
Г.3-5. Радиочастотный усилитель	54
Г.4. Градиентный усилитель и градиентная катушка.....	55
Г.4-1. Градиентный усилитель	55
Г.4-2. Градиентная катушка.....	64
Г.5. Передающая и приемные системы.....	64
Г.5-1. Передающая катушка.....	64
Г.5-2. Приемные катушки	65
Г.5-3. Устройство предварительной обработки данных	66
Г.5-4. Устройство контроля физиологических параметров пациента	66
Г.6-1. Принципиальное устройство	66
Г.6-2. Параметры температуры магнита.....	67
Г.7. Консоль	67
Г.7-1. Монитор, клавиатура и мышь.....	67
Г.7-2. Устройство двухсторонней громкой связи с пациентом.....	68
Г.8. Стол пациента	68
Г.8-1. Стол пациента.....	68
Г.8-2. Система лазерного позиционирования	69
Г.8-3. Матрац пациента	70
Г.9. Клетка Фарадея (РЧ-кабина).....	70

Г.9-1. Комната сканирования.....	70
Г.9-2. Воздушные кондиционеры.....	71
Г.9-3. Панель передачи сигналов	71
Г.9-4. Освещение комнаты сканирования	71
Глава Д. Программное обеспечение.....	72
Д.1. Краткое введение.....	72
Д.2. Блок-схема программного обеспечения.....	76
Д.3. Файловая структура программного обеспечения.....	76
Д.4. Установка программного обеспечения	77
Д.4-1. Установка драйвера карты D/A.....	78
Д.4-2. Установка RINMR версии 4.5 или выше. Настройка подключения к сети	78
Д.4-3. Установка главного ПО системы MPT BASDA	80
Д.4-4. Установка программы улучшения изображений.....	80
Д.4-5. Установка программы печати DICOM	81
Д.4-6. Подключение к системе PACS	81
Глава Е. Установка и пуско-наладка.....	83
Е.1. План размещения системы MPT	83
План размещения системы MPT.....	83
Е.2. Установка системы MPT.....	83
Установка системы MPT	83
Е.2-1. Установка клетки Фарадея.....	84
Е.2-2. Установка магнита	84
Е.2-3. Установка градиентных катушек	85
Е.2-4. Установка передающих катушек.....	86
Е.2-5. Установка спектрометра и усилителя градиента	86
Е.2-6. Установка системы контроля постоянства температуры.....	86
Е.2-7. Установка консоли оператора.....	87
Е.2-8. Обеспечение энергоснабжения.....	88
Е.2-9. Соединение системы.....	88
Е.2-10. Другие принадлежности для монтажа системы MPT.....	89
Е.3. Пуско-наладка	90
Е.3-1. Корректировка системы контроля постоянства температуры.....	91
Е.3-2. Шиммирование.....	92
Е.3-3. Подбор параметров последовательностей.....	92

Е.3-4. Корректировка системы лазерного позиционирования	92
Е.3-5. Настройка устройства двухсторонней связи	93
Глава Ж. Опции и подсистемы	94

Предисловие

Данное руководство применимо к системам магнитно-резонансной томографии ВТІ-030 -035 -040 -050.

Пользователи данных систем должны вначале ознакомиться с местными нормами и законами, регулирующими использование подобных медицинских диагностических аппаратов у себя в стране.

Пользователи должны внимательно прочесть данное руководство, овладеть его данными и информацией, и знать особенности управления и функционирования данных систем (томографов).

Системы магнитно-резонансной томографии ВТІ-030 -035 -040 -050 должны управляться обученным и квалифицированным персоналом в строгом соответствии с данным руководством. Любые возникающие проблемы должны сообщаться официальному представительству компании-производителя, его сервисным инженерам. В противном случае компания-производитель не несет ответственности за возможные нарушения.

Вследствие постоянного совершенствования технологии, некоторые детали данного руководства могут отличаться от реальных возможностей поставляемых систем магнитно-резонансной томографии. Пожалуйста, следите за нашими регулярными обновлениями руководств.

Все права сохранены: 2007В Компанией Шеньжень БАСДА Медикал Аппаратус Ко., Лтд.

Наименование продукта: система магнитно-резонансной томографии

Модели: ВТІ-030, -035, -040, -050

Производитель: Shenzhen BASDA Medical Apparatus Co., Ltd. (Шеньжень БАСДА Медикал Аппаратус Ко., Лтд.)

Послепродажное обслуживание: ООО "БАСДА Медикал" - эксклюзивный представитель производителя на территории России и Беларуси.

Тел/факс.: +7 495 766 89 33

Эл.почта: info@basda.ru

Интернет: www.basda.ru

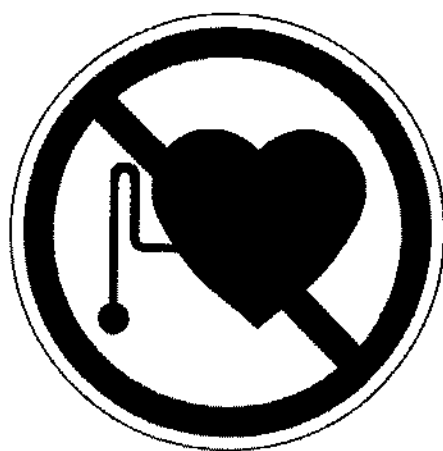
Предупреждающие и запрещающие знаки, используемые в МРТ-кабинетах:



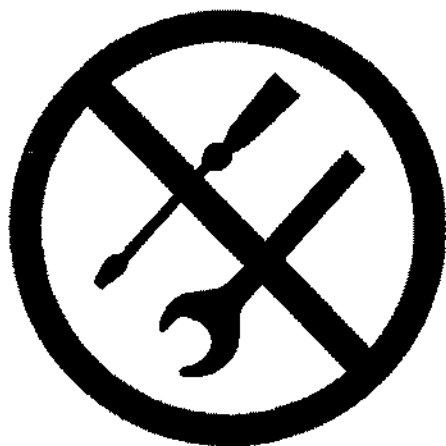
Опасность - сильное магнитное поле



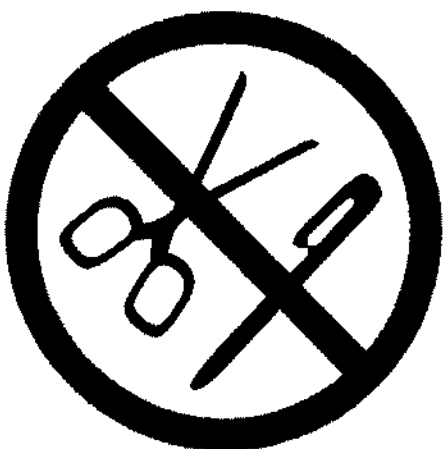
Опасность - высокочастотное электро-
магнитное поле



Активные импланты (такие как водители ритма, пейсмейкеры) и металлические импланты запрещены



Ферромагнитные (металлические) инструменты запрещены



Запрещается использование ферромагнитных (металлических) предметов



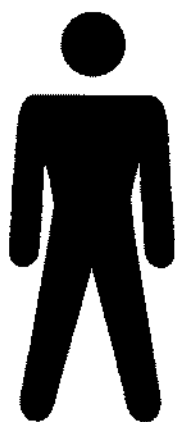
Запрещается использование ферромагнитных (металлических) тележек, каталок и т.д.



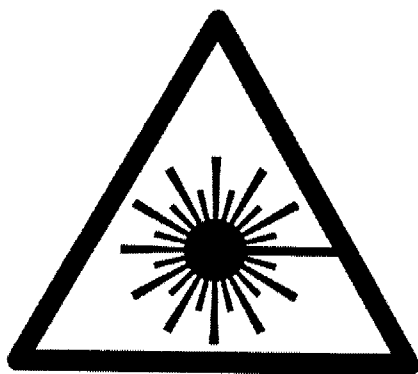
Запрещается использование (хранение)
ферромагнитных (металлических) огне-
тушителей



Внимание! - сверьтесь с сопроводитель-
ной документацией



Медицинское оборудование, I класс, Б
тип



Наличие лазера

В этой главе:

- ❖ Принципы работы системы
- ❖ Использование системы
- ❖ Показания и противопоказания
- ❖ Наименование, модель системы
- ❖ Классификация системы
- ❖ Составные части
- ❖ Базовые компоненты и функционирование
- ❖ Рабочие условия и продолжительность работы
- ❖ Управление системой

А.1

Принципы работы системы

Технология получения магнитно-резонансных изображений использует феномен магнитного резонанса, заключающийся в наложении внешнего магнитного поля на собственное магнитное поле пациента, в связи с чем протоны атомов водорода молекул воды тела пациента выстраиваются вдоль линий внешнего магнитного поля системы. Помимо этого выстраивания (ауторотации), протонный магнитный момент также осуществляет прецессию (колебания) Лармора вокруг внешнего магнитного поля. Взаимосоотношение между угловой частотой вращения ω и интенсивностью внешнего магнитного поля B_0 связано с константой Лармора (γ) как $\omega = \gamma B_0$. Затем электромагнитная волна (возмущение) передается через поляризующую катушку на вертикальное магнитное поле. Когда частоты передаваемой электромагнитной волны и протонов молекул воды пациента совпадут (войдут в резонанс), протоны абсорбируют эту волну, и главный вектор намагничивания перевернется. Когда затем передача электромагнитного возмущения (волны) остановится, этот вектор возвратится в первоначальное положение и передаст радиочастотный сигнал по принципу частотного насоса. Таким образом электромагнитный импульс может быть получен приемной катушкой.

В магнитном поле возмущающий его градиент накладывается в трех плоскостях - X, Y, Z, - и осуществляет частотное и фазовое кодирование на всем пространстве постоянного магнитного поля. В этом случае получаемый электромагнитный импульс имеет характеристики 3-х мерности. Этот импульс может быть усилен специальными электронными средствами и преобразован в цифровой сигнал. Последний в свою очередь, обрабатывается компьютером системы для реконструкции изображений срезов человеческого тела в удобном виде для чтения и анализа специалистами и постановки диагноза.

A.2

Использование системы

Системы магнитного резонанса ВТИ-030, -035, -040, -050 (здесь и далее сокращенно именуемые системами или МРТ-системами) предназначены для получения трехмерных изображений тела пациента под произвольными углами для целей клинической диагностики и медицинских исследований в лечебно-профилактических учреждениях. Главными объектами исследований являются: нервная система (центральная и периферическая), грудная клетка и органы брюшной полости, опорно-двигательный аппарат и др.

A.3

Показания и противопоказания

Показаниями к применению систем служат патологические процессы или подозрения на них в следующих локализациях: голова, грудная клетка, почки, печень, органы малого таза, позвоночник, кости скелета, суставы, любые органические новообразования, цисты, инфаркты, геморрагии, морфологические изменения органов, протрузии и т.д.

Основными противопоказаниями к применению систем являются:

1. Наличие носимых электронных водителей ритма сердца;
2. Наличие встроенных инсулиновых насосов;
3. Наличие ферромагнитных (металлических) гемостатических клипс в организме;
4. Наличие металлических магнитных скоб и крепок кровеносных сосудов;
5. Несложные состояния, не поддающиеся МРТ-исследованиям;
6. Наличие первого триместра беременности.



Пациенты, имеющие вышеперечисленные противопоказания (1-6) категорически не допускаются к проведению МР-обследований; в противном случае не исключаются угрозы здоровью и жизни этих пациентов.

A.4

Наименование, модель системы

ВТИ - XXX

Система магнитно-резонансной томографии

↑ ↑

Модель (**BTI** - код предприятия; **XXX** - серийный номер, показывающий численное значение силы магнитного поля в Теслах, т.е. 0,3 Т, - 0,35 Т, - 0,4 Т, - 0,5 Т;

Название продукта

Например, **BTI-035 Система магнитно-резонансной томографии** означает, что данная система имеет силу постоянного магнитного поля 0,35 Т.

Имеются следующие варианты: BTI-030, BTI-035, BTI-040, BTI-050.

A.5 Классификация системы

- ❖ Согласно классу защиты от ударов электрическим током, это оборудование относится к Классу I.
- ❖ Согласно степени защиты от удара электрическим током, это - тип B для стационарно установленного оборудования.
- ❖ По степени водонепроницаемости, это – водонепроницаемое (обычное) оборудование, т.е. без защиты от проникновения воды.
- ❖ Согласно методу(ам) стерилизации и дезинфекции, это – стерилизуемое оборудование.
- ❖ По степени безопасности применения в присутствии ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ АНЕСТЕЗИОЛОГИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ С КИСЛОРОДОМ ИЛИ ЗАКИСЬЮ АЗОТА, это оборудование **не предназначено** для использования в присутствии этих смесей.
- ❖ Согласно режиму использования, это оборудование относится к постоянно функционирующему.
- ❖ Согласно “Классификационным правилам для медицинского оборудования” и “Китайскому перечню категорий медицинского оборудования”, эти системы относятся к III классу активного медицинского оборудования, классификационный номер 6828 – Медицинское магнитно-резонансное оборудование.

A.6 Составные части

Система состоит из: постоянного магнита (0,3 - 0,35 - 0,4 - 0,5 Т), спектрометра (**DRX2**), радиочастотного усилителя (**AN8111**), градиентного усилителя (**231HC**), промышленного компьютера (**MRPR-002**), монитора изображений (**2007Fph**), передающих и приемных катушек (**RFT**), градиентной катушки (**MRGR-006**), диагностического стола

пациента (BTI-030/ -035/ -040/ -050- Bed), матраца для стола пациента (BSD-PILLOW16), системы поддержания постоянной температуры магнита (MRTP), системы лазерного позиционирования (XG-MR-001), 2-х стороннего переговорного устройства (MRAU), 3-х фазного изолирующего трансформатора (MRPO-001) и программного обеспечения (BASDA MRI).

С пациентом в непосредственном соприкосновении находятся сам магнит, приемные катушки, стол и матрац пациента, лазерная система позиционирования.

A.7 Базовые компоненты и функционирование

1. Магнит

- (1) открытый тип, постоянный Nd-Fe-B магнит (сплав Неоима-Железа-Бора)
- (2) встроенная система контроля постоянства температуры магнита

2. Катушки

Плоская передающая катушка, многоканальная фазированная катушка для туловища (большая и малая), многоканальная фазированная катушка для головы, шеи, и т.д.

3. Градиентная система

Максимальная сила градиентов: > 25 мТ/м

4. Спектрометр

- (1) цифровой спектрометр
- (2) радиочастотное передающее устройство, радиочастотное приемное устройство
- (3) генератор градиентного возмущения

5. Радиочастотный усилитель

Выходная мощность: > 5 кВт

6. Компьютерная система

- (1) ЦПУ $> 2,4$ ГГц
- (2) Оперативная память > 512 МБ
- (3) Жесткий диск $80 > ГБ$
- (4) Оптический дисковод (перезаписываемый, RW)
- (5) SVGA видеокарта с разрешением $> 1024 \times 768$ dpi
- (6) Монитор высокого разрешения > 19 дюймов

7. Сохранение изображений

- (1) Жесткий диск большой емкости
- (2) Лазерная камера для печати твердых копий

8. Сканирование

- (1) Настраиваемый диапазон времени повторения (TR) от 20 до 5000 мс
- (2) Настраиваемый диапазон времени эхо (TE) от 10 мс до 300 мс

9. Встроенная система контроля постоянства температуры магнита

Точность поддержания температуры магнита: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$

10. Позиционирование

Лазерное позиционирование (изоцентра приемной катушки)

11. Переговорное устройство с пациентом

Окно обозрения, 2-х стороннее переговорное устройство громкой связи с пациентом, фоновое музыкальное сопровождение

12. Технологические показатели

- (1) Сила постоянного магнитного поля составляет (в зависимости от модели): 0,3T / 0,35 T / 0,4 T / 0,5 T $\pm 10\%$
- (2) Однородность магнитного поля: в пределах 300 миллиметровой сферы вокруг изоцентра магнита магнитное поле имеет однородность не более, чем 30 ppm (V_{pp}).
- (3) Стабильность магнитного поля должна не превышать 10 ppm/час
- (4) Рассивание магнитной индукции:
 - а) По горизонтали на 2,5 м от изоцентра магнита, – не более чем 0,5 мТ;
 - б) По вертикали на 2,5 м от изоцентра магнита, – не более чем 0,5 мТ;
- (5) Технические параметры сканирования изображений:
 - а) Геометрическое искажение изображения – не более 5%;
 - б) Однородность изображения – не менее 80% для головной катушки, не менее 75% – для катушки туловища;
 - в) Толщина среза от 1 мм до 100 мм, типичная толщина среза: 10 или 5 мм;
 - г) Ошибка толщины среза: когда толщина среза начинается от 5 мм, ошибка не превышает ± 1 мм;
 - д) Локализация и междусрезовое пространство: погрешность в локализации срезов не превышает ± 3 мм; погрешность междусрезового пространства не должна превышать ± 1 мм или быть меньше 20%, наибольшая погрешность выбирается между этими двумя показателями;
 - е) Высококонтрастное разрешение: для головы - не более чем 2 мм, для туловища - не более 2 мм.
- (6) Соотношение "сигнал-шум" для приемных катушек:
 - а) катушка для головы: ≥ 80
 - б) катушка для тела: ≥ 60
- (7) Артефакты изображений ("призраки"): сигнал не должен превышать более чем на 5% свое реальное значение.

13. Требования к программному обеспечению (ПО)

- (1) ПО должно позволять выполнять автокоррекцию системы;
- (2) ПО должно обрабатывать первичный сигнал магнитного резонанса для получения поперечных (трансверзальных), продольных (сагиттальных) и корональных (фронтальных) проекций или проекций под любым произвольным углом;
- (3) ПО должно позволять сканировать множественные срезы, отображать и анализировать изображения любых косых проекций;
- (4) ПО должно сохранять, восстанавливать и удалять сырые данные и реконструированную информацию;
- (5) ПО должно задавать и выполнять импульсные последовательности, такие как спин-эхо (SE), быстрое спин-эхо (FSE), градиентное эхо (GRE), инверсия-восстановление (IR), магнитно-резонансная ангиография (MRA), диффузионно-взвешенные изображения (DWI), последовательности, синхронизированные по пульсу и дыханию, с разделением сигналов от жира и воды, с подавлением сигналов от свободного жира, инверсия-восстановление с подавлением сигнала свободной воды (FLAIR) и других;
- (6) ПО должно выполнять пост-обработку изображений.

A.8

Рабочие условия и продолжительность работы

1. Рабочие условия эксплуатации

- (1) окружающая температура воздуха: $5^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$
- (2) относительная влажность: 30-70%
- (3) атмосферное давление: 86,0 – 106,0 кПа

2. Электропитание

- (1) Электропитание для комнаты сканирования: однофазная сеть, 220 В ($\pm 1-10\%$), 50 Гц ($\pm 1-2\%$);
- (2) Электропитание для градиентного усилителя: трехфазная сеть, 380 В ($\pm 1-10\%$), 50 Гц ($\pm 1-2\%$);
- (3) Предел нагрузки: 10 кВт·А (не включая кондиционеры и освещение).

3. Рабочие условия помещений

- (1) Температура окружающего воздуха $22 \pm 4^{\circ}\text{C}$
- (2) Комната оператора и технический отсек: $22 \pm 4^{\circ}\text{C}$

4. Системное среднее время наработки на отказ - более 2400 часов

5. Ожидаемый срок службы системы МРТ - 10 лет.

6. Требования по защите окружающей среды

Когда система перестает использоваться после ожидаемого срока службы (10 лет), магнит системы может быть размагничен высокотемпературным нагреванием. После размагничивания утилизация самого железа, компьютера и других электронных и механических частей регулируется местным законодательством. Растворы, содержащиеся в фангомах, должны быть утилизированы как химические отходы, в противном случае возможно загрязнение окружающей среды.

A.9 Управление системой

A. 9-1 Режим управления системой обычный (предписанный).

Во время нормальной эксплуатации системы все операционные параметры заданы с ограничениями для исключения опасности для обследуемого во время процедур. Более того, выполняется регулярный мониторинг всех необходимых параметров во время обследования во избежание любого случайного риска для пациента.

Дополнительная информация (для сведения):

(1) А-уровень контроля работы системы

Во время этого режима работы системы МРТ, некоторые операционные параметры могут достичь таких значений, которые способны вызвать сверхнормальный физиологический стресс у пациентов.

(2) В-уровень контроля работы системы

Во время этого режима работы системы МРТ, некоторые операционные параметры могут достичь таких значений, которые способны вызвать серьезные нарушения у пациентов.

A. 9-2 Системная быстрота изменения магнитного поля во времени (dB/dt)

Нормальный режим функционирования имеет следующие значения параметров магнитного поля (dB/dt):

$dB/dt < 20 \text{ Т/сек}$	$120 \text{ мсек} < \tau$
$dB/dt < 2400/\tau \text{ Т/сек}$	$2,5 \text{ мс} < \tau \leq 120 \text{ мсек}$
$dB/dt < 960 \text{ Т/сек}$	$\tau \leq 2,5 \text{ мсек}$

(1) А-уровень контроля быстроты изменения магнитного поля во времени

Пик этого параметра (dB/dt) в режиме А-уровня контроля выше, чем в нормальном режиме, однако не превышает следующих параметров:

$$dB/dt < 20 \text{ Т/сек}$$

$$3000 \text{ мсек} < \tau$$

$$dB/dt < 60000/\tau \text{ Т/сек}$$

$$45 \text{ мс} < \tau \leq 3000 \text{ мсек}$$

$$dB/dt < 1330 \text{ Т/сек}$$

$$\tau \leq 45 \text{ мсек}$$

- (2) В-уровень контроля быстроты изменения магнитного поля во времени
Этот режим контроля содержит значения параметров быстроты изменения магнитного поля во времени (dB/dt) выше, чем в режиме А-уровня контроля.

А. 9-3 Стандартный уровень поглощения (SAR)

Стандартные уровни поглощения применительно ко всему телу пациента существуют только в случае нормальных условий функционирования системы: температуре окружающего воздуха не более 24°C, относительной влажности не более 60%. Ограничения по уровням поглощения для всего тела пациента могут быть отклонены согласно п.51.103 разъяснений. При назначении нового уровня стандартной абсорбции (SAR), может измениться режим функционирования системы.

Примечание:

Относительно требований по радиочастотной мощности стандартного времени абсорбции (SAR), в дальнейшем предполагается, что среднее время абсорбции (SAR) в пределах любых 10-ти секунд работы не может превышать 5-ти кратного установленного значения мгновенного времени абсорбции.

а. Стандартный уровень абсорбции для всего тела (SAR)

Стандартный уровень абсорбции для всего тела пациента (SAR) является средним значением уровней стандартной абсорбции для всего тела.

Со стандартным уровнем абсорбции для всего тела (SAR) связаны 3 режима функционирования системы: нормальный режим, режим контроля А-уровня, режим контроля В-уровня.

- (1) В нормальном режиме функционирования среднее значение стандартного уровня поглощения для всего тела пациента не должно быть больше 1,5 Вт/кг в течение любого 15-ти минутного промежутка.
- (2) В режиме контроля А-уровня работы системы среднее значение стандартного уровня поглощения для всего тела пациента не должно быть больше 4,0 Вт/кг в течение любого 15-ти минутного промежутка.
- (3) В режиме контроля В-уровня работы системы среднее значение стандартного уровня поглощения для всего тела пациента не должно быть больше 4,0 Вт/кг в течение любого 15-ти минутного промежутка.

b. Стандартный уровень абсорбции для головы (SAR)

Стандартный уровень абсорбции для головы (SAR) является средним значением уровней стандартной абсорбции для головы.

Со стандартным уровнем абсорбции для головы (SAR) связаны 2 режима функционирования системы: нормальный режим, режим контроля В-уровня.

- (1) В нормальном режиме функционирования среднее значение стандартного уровня поглощения для головы пациента не должно быть больше 3,0 Вт/кг в течение любого 10-ти минутного промежутка.
- (2) В режиме контроля В-уровня работы системы среднее значение стандартного уровня поглощения для головы пациента не должно быть больше 3,0 Вт/кг в течение любого 10-ти минутного промежутка.

c. Когда установлена специальная передающая катушка, стандартный уровень частичной тканевой абсорбции (SAR) определяется как усредненное значение частичной тканевой абсорбции для любой (произвольной) ткани.

Со стандартным уровнем частичной тканевой абсорбции (SAR) связаны 2 режима функционирования системы: нормальный режим и режим контроля В-уровня.

- (1) В нормальном режиме функционирования среднее значение стандартной частичной тканевой абсорбции не должно превышать 8,0 Вт/кг (для тела или головы) или 12,0 Вт/кг (для конечностей) в течение любого 5-ти минутного промежутка.
- (2) В режиме контроля В-уровня работы системы среднее значение стандартной частичной тканевой абсорбции может превышать верхние пределы значений SAR для режима нормального функционирования.

A.10

Спецификация комплекта поставки

**I. Томограф магнитно-резонансный BASDA (BTI-030, BTI-035, BTI-040, BTI-050)
Magnetic Resonance Imaging: базовый комплект**

1. Гентри (Gantry):

- 1.1 Постоянный вертикальный магнит 0,3-0,35-0,4-0,5 Тесла
- 1.2 Модуль градиентного усилителя для оси X (Gradient Amplifier Module for X-axis)
- 1.3 Модуль градиентного усилителя для оси Y (Gradient Amplifier Module for Y-axis)
- 1.4 Модуль градиентного усилителя для оси Z (Gradient Amplifier Module for Z-axis)
- 1.5 Квадратурная плоская радиочастотная передающая катушка (QD Flat RF Transmitting

- Coil) – не более 2 шт.
- 1.6 Устройство контроля температуры магнита (Magnet Temperature Control Unit)
- 1.7 Устройство позиционирования пациента (Patient Positioning Unit)
- 1.8 Устройство контроля физиологических параметров (Physiological Gating Unit)
- 1.9 Устройство воздушного охлаждения (Air-Cooling Unit)
- 1.10 Стол пациента с матрацем: механический подкатной / электромеханический с приводами управления положением (Patient Table with Matress: Mechanical / Electromechanical with Control Drives)
- 1.11 Кожух/крышки гентри (Gantry Covers)
- 2. Силовой блок управления (Power Control Unit):**
 - 2.1 Устройство распределения питания (Power Distribution Unit)
 - 2.2 Усилитель мощности радиочастотного блока (RF Power Amplifier)
 - 2.3 Усилитель мощности градиента (Gradient Power Amplifier Module)
 - 2.4 Цифровой спектрометр (Digital Spectrometer Cabinet):
 - 2.4.1 - Модуль сетевого обмена (Network Communication Module, NCM)
 - 2.4.2 - Многоканальный модуль приема данных (Multi-Channel Data Acquisition Module, MC-DAM)
 - 2.4.3 - Модуль градиентного контроля (Gradient Control Module)
 - 2.4.4 - Модуль расчета градиентов (Gradient Calculation Module, GCM)
 - 2.4.5 - Модуль градиентного выхода (Gradient Output Module, GOM)
 - 2.4.6 - Модуль радиочастотного выхода (RF Output Module, ROM)
 - 2.4.7 - Модуль радиочастотного входа и настройки (Gain-Adjust RF Amplifier Module, GAAM)
 - 2.4.8 - Силовой модуль (Power Module)
 - 2.5 3-х фазный изолирующий трансформатор с принадлежностями в наборе (Three-phase Isolation Transformer with Accessories, set of):
 - 2.5.1 - 3-х фазный изолирующий трансформатор, 5кВА (Three-Phase Isolation Transformer, 5kVA, set)
 - 2.5.2 - Блок контроля температуры с термометром, температурным датчиком, фильтрами и кабелями (Temperature Control Box with Thermometer, Temperature Probe, Temperature Control Filters and Cables)
 - 2.5.3 - 3-х фазный регулятор напряжения в наборе (Three-Phase Voltage Regulator)
- 3. Блок панели управления (Control Console Unit):**

- 3.1 Главная рабочая станция оператора (Operator's Main Workstation);
- 3.2 Консоль оператора (Host);
- 3.3 Стол оператора (Operator Table)
- 3.4 Жидкокристаллический монитор (LCD/TFT Monitor);
- 3.5 Клавиатура/мышь (Keyboard/Mouse);
- 3.6 Блок выключателей (Switch Unit);
- 3.7 Система связи с оператором (Intercom);
- 3.8 Устройство записи изображений (CD/DVD-RW);

II. Принадлежности:

- 4. **Приемные катушки для исследования различных анатомических областей пациента (Patient Receiving Coils for different anatomic areas):**
 - 4.1 Фазированная (PA) многоканальная катушка для головы (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Head) – не более 5 шт.;
 - 4.2 Фазированная (PA) многоканальная катушка для шеи (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Neck) – не более 5 шт.;
 - 4.3 Фазированная (PA) многоканальная катушка для колена (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Knee) – не более 5 шт.;
 - 4.4 Фазированная (PA) многоканальная катушка для туловища, большая (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Body, Large) – не более 5 шт.;
 - 4.5 Фазированная (PA) многоканальная катушка для туловища, малая (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Body, Small) – не более 5 шт.;
 - 4.6 Фазированная (PA) многоканальная катушка для туловища, средняя (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Body, Medium) – не более 5 шт.;
 - 4.7 Фазированная (PA) многоканальная катушка для плеча (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Shoulder) – не более 5 шт.;
 - 4.8 Фазированная (PA) многоканальная катушка для кисти (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Wrist) – не более 5 шт.;
 - 4.9 Фазированная (PA) многоканальная катушка для височно-нижнечелюстного сустава (Phase Array (PA) multi-channel Coil/TMJ) – не более 5 шт.;
 - 4.10 Фазированная (PA) многоканальная катушка для молочной железы (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Breast) – не более 5 шт.;
 - 4.11 Фазированная (PA) многоканальная катушка для головы и шеи (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Head&Neck) – не более 5 шт.;
 - 4.12 Фазированная (PA) многоканальная катушка для суставов, большая (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Joints, Large) – не более 5 шт.;

- 4.13 Фазированная (PA) многоканальная катушка для суставов, малая (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Joints, Small) – не более 5 шт.;
- 4.14 Фазированная (PA) многоканальная катушка для спины (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Spine) – не более 5 шт.
- 5. **Программное обеспечение:**
 - 5.1 Расширенное программное обеспечение для МР-последовательностей в наборе (Advanced Imaging Sequence Package)
 - 5.2 Расширенное программное обеспечение для клинических приложений в наборе (Advanced Clinical Package)
 - 5.3 Расширенное программное обеспечение для шиммирования и частотных настроек в наборе (Advanced Shim and Frequency Adjustment Package)
 - 5.4 Расширенное программное обеспечение для реконструкции изображений в наборе (Advanced Image Reconstruction Package)
 - 5.5 Расширенное программное обеспечение для обработки и анализа изображений в наборе (Advanced Image Processing and Analysis Package)
 - 5.6 Интерфейс DICOM (DICOM Interface)
 - 5.7 Программное обеспечение для передачи изображений на печать в стандарте DICOM (Laser Camera Printing Software Package, DICOM based);
 - 5.8 Программное обеспечение на основе стандарта DICOM для интеграции томографа во внутреннюю компьютерную сеть медицинского учреждения в радиологической информационной системе (RIS) и для передачи и архивации медицинских изображений (PACS);
 - 5.9 Программное обеспечение, специализированное, русифицированное для обработки медицинских изображений: передачи, хранения, распределения, анализа с учетом и документирования данных пациента и изображений;
 - 5.10 Программное обеспечение для удаленного сервиса;
- 6. **Блок соединений (кабели) (Cables Unit):**
 - 6.1 Главные силовые кабели (1,8/4/6/8/12 м длиной) (Core Power Cables, 1,8/4/6/8/12 m length) – не более 30 шт.;
 - 6.2 Силовой кабель для консоли оператора, 9 м длиной (Power Cord of Display Device, 9 m length) – не более 30 шт.;
 - 6.3 Длинный сигнальный кабель для консоли оператора, 10 м (Longer Signal Line of Display Device, 10 m length) – не более 30 шт.;
 - 6.4 Длинный сигнальный кабель для блока управления, 10 м длиной (Longer Signal Line of Keyboard, 10 m length) – не более 30 шт.;
 - 6.5 Кабель сетевой, витая пара, 20 м длиной (Netting Twine, 20 m length) – не более 30 шт.;
 - 6.6 Кабель контроля градиентов, 3,5/6/9 м длиной (Gradient Control Line, 3,5/6/9 m length)

- не более 30 шт.;
- 6.7 Радиочастотный сигнальный кабель, 6/9 м длиной (Signal Line of RF, 6/9 m length) – не более 30 шт.;
- 6.8 Силовая линия на 36 В, 6/9 м длиной (Line with 36 VAC, 6/9 m length) – не более 30 шт.;
- 6.9 Кабель заземления для Гентри магнита, 9 м длиной (Earth Wire for the Magnet, 9 m length) – не более 30 шт.;
- 6.10 Кабель заземления для 3-х фазного регулятора напряжения, 6 м длиной (Earth Wire of Three-Phase Voltage Regulator, 6 m length) – не более 30 шт.;
- 6.11 Кабели для радиочастотной защиты – РЧ-кабины (RF-Shielding Cables) – не более 30 шт.;
- 6.12 3-х жильный силовой кабель (сечение $0,75 \text{ мм}^2$), 25 м длиной ($0,75 \text{ мм}^2$ Three Core Power Cord, 25 m length) – не более 5 шт.;
- 7. **Другие принадлежности (Other Accessories):**
 - 7.1 Материал непроницаемый для магнитной защиты помещения сканирования (пол, стены, потолок, окна, дверь, панели освещения) – РЧ-кабина (RF-Shield Room Unit)
 - 7.2 Блок фильтров (Filter Package):
 - 7.2.1 - Градиентные фильтры (Gradient Filters);
 - 7.2.2 - Радиочастотные фильтры (RF Power Filters);
 - 7.2.3 - Фильтры контроля температуры с датчиками (Temperature Control Filters with Probes);
 - 7.2.4 - Фильтр для электронных и оптических кабелей (Electric and Optical Cables Filter).
 - 7.3 Набор фантомов:
 - 7.3.1 - Калибровочный фантом для настройки катушек (Calibration Phantom for Coils Adjustment), - не более 5 шт.;
 - 7.3.2 - Калибровочный фантом для настройки поля обзора и определения разрешающей способности (Calibration Phantom for FOV and Resolution Adjustment) – не более 3 шт.
 - 7.4 Блок сервера для радиологической информационной системы (RIS Server Unit)
 - 7.5 Камера для получения твердых копий (Laser Camera for Image Printing)
 - 7.6 Пленка для камеры для получения твердых копий (Films for Laser Camera)
 - 7.7 Источник резервного (бесперебойного) питания (ИБП) (UPS)
 - 7.8 Батареи для источника резервного (бесперебойного) питания (Batteries for UPS)
 - 7.9 Источник резервного (бесперебойного) питания для консоли оператора (UPS for Operator Console)
 - 7.10 Батареи для источника резервного (бесперебойного) питания для консоли оператора

(Batteries for UPS for Operator Console)

- 7.11 Дополнительная рабочая станция для обработки изображений
- 7.12 Немагнитная каталка (Non-Magnetic Trolley)
- 7.13 Немагнитное приспособление для перекладки пациента (Non-Magnetic Patient Transfer Unit)
- 7.14 Металлоискатель (Metal Detector)
- 7.15 Специальные графические таблички-знаки для работы МР Томографа (Special Warning Labels and Signs for MRI)
- 7.16 Инструкция по установке (CD-диски) (Installation Guide, CD) – не более 10 шт.
- 7.17 Инструкции по эксплуатации томографа и его компонентов (Service and Maintenance Guides) - не более 10 шт.
- 7.18 Техническая документация (Technical Documentation)
- 8. Оборудование и материалы для монтажа (Tools and Consumables for Installation):**
- 8.1 Специальный немагнитный инструмент, измерительные устройства и расходные материалы для монтажа томографа

Глава Б Безопасность работы

Эта глава предназначена для описания теоретических принципов работы МРТ для лучшего понимания требований по технике безопасности.

В этой главе:

- ❖ Влияние магнитного резонанса на здоровье человека
- ❖ Влияние на водители сердечного ритма и металлические импланты в организме
- ❖ Шум градиентного возмущения магнитного поля
- ❖ Психопатологические реакции организма
- ❖ Влияние на беременных женщин
- ❖ Ферромагнитный излучатель
- ❖ Радиочастотная интерференция (помехи)
- ❖ Радиочастотные опасности
- ❖ Рабочая зона магнита системы

Б.1 Влияние магнитного резонанса на здоровье человека

Три фактора влияют на организм человека при МР-исследованиях:

- основное магнитное поле (достаточно сильное без изменения интенсивности – постоянное);
- градиентное магнитное поле (относительно слабое, но быстро изменяющееся);
- радиочастотное электромагнитное поле.

Основное магнитное поле: влияние постоянного, достаточно сильного магнитного поля на организм человека привлекает внимание специалистов в течение уже длительного времени. Когда человек в качестве объекта исследования попадает в такое поле (больше 0,3 Т), у него может преходяще изменяться характер электрокардиограммы (ЭКГ), вплоть до выхода из магнитного поля.

Исследования показывают, что при внесении животных в магнитное поле силой до 3,7 Т, оно не повреждает генетические факторы. По имеющимся материалам, магнитное поле до 20,0 Т не изменяет ферментативную активность биологических тканей.

Градиентное магнитное поле появляется только во время сканирования (исследования). Как проводник, ткани человеческого тела генерируют индуцированную электродвигательную силу, когда меняется магнитуда поля, что приводит к возникновению частично индукционного электрического тока и некоторых патологических реакций, таких как псевдофотозестезия, кожная аллергия, судорожные подергивания и даже желудочковая фибрилляция. По расчетам, когда градиент магнитного поля меняется со скоростью 1 Т/сек, индукционный электрический ток на 1 см² составляет меньше 1 мкА. В сравнении с электрическими потенциалами активности нервных клеток (где ток достигает 300 мА/см²), индуцированный МР-исследованием электрический ток в тканях сравнительно невелик. Но для того, чтобы не вызвать желудочковую фибрилляцию сердца, плотность этого тока должна быть менее 3 мА/см². Этот потенциально опасный порог должен тщательно отслеживаться. При стандартном МР-обследовании скорость нарастания градиента магнитного поля должна быть не более 20 Т/сек, чтобы не достигнуть описанного порога индукционного тканевого тока в 3 мА/см².

Ослабевающее магнитное поле (постградиентная релаксация) может также вызвать "магнитно-флюоресцентные" галлюцинации. Когда глаза подвергаются воздействию 100 Гаусс, 20-40 Гц переменного магнитного поля, возможно появление вспышек света или цветных колец. Эти зрительные галлюцинации могут вызываться воздействием магнитного поля на фоторецепторы сетчатки. Этот тип визуальных физиологических эффектов исчезает после прекращения подачи градиентного возмущения.



Внимание! Во время сканирования градиентная катушка быстро возмущает магнитное поле, что может вызывать стимуляцию периферических нервов или парестезии у некоторых пациентов. Для уменьшения возможного раздражения периферических нервов, пожалуйста, удостоверьтесь, что пациент не соединяет свои руки, не скрещивает ноги, что может дать эффект замыкания контура проводника.

Влияние радиочастотной электрической волны на человеческий организм заключается в нагревании тканей после ее абсорбции. Когда проводится обследование каких-либо частей организма (анатомических зон) со спектральным анализом ядерного магнитного резонанса, максимальный уровень абсорбции радиочастотной энергии тканями должен быть около 4 Вт/кг. Если время обследования составляет 10 минут, то теоретически температура тела повышется на 0,7°C. Слабо кровоснабжаемые анатомические области могут быть чувствительны к температурным сдвигам, такие как: глазные яблоки, эпифиз и яички. Но в действительности ткани организма всегда излучают тепло наружу и, более того, - радиопульсы, отличные от микроволн или инфракрасных лучей. Их естественный "нагревающий" эффект очень слаб и никоим образом не причиняет вреда здоровью.

Исследования по суммарному биологическому воздействию МРТ систем, иначе говоря, под одновременным влиянием основного, изменяемого (градиентного) магнитных полей и радиочастотного электромагнитного поля, показывают, что МРТ исследования не вызывают биологических изменений, таких как повреждения генетических факторов и подобных им.

В целом, многочисленные эксперименты на животных и клинические применения метода МРТ доказывают, что вред от суммарного воздействия всех трех полей: основного, градиентного магнитных и радиочастотного электромагнитного, намного ниже, чем вызываемый применением рентгеновских компьютерных томографов (влияние жесткого рентгеновского излучения на человеческий организм хорошо известно).



Внимание! Магнитное поле, используемое в магнитно-резонансных исследованиях, может вызывать тонкие генные и количественные изменения. Пожалуйста, взвесьте все "за" и "против", возникающие при применении МРТ и других альтернативных методик обследования, соизмеримо со степенью возможного ущерба здоровью пациента от обследования.



Внимание! Будьте внимательны к уменьшению времени экспонирования пациентов в магнитном поле в соответствии с местным законодательством.

Б.2

Влияние на водители сердечного ритма и металлические имплантаты в организме

Пациенты, имеющие носимые водители сердечного ритма, должны воздерживаться от МР-исследований. Современные водители ритма (пейсмейкеры) весят порядка 50-70 г и размещаются в корпусах из нержавеющей стали. Когда сердечный ритм становится ниже порогового значения, чувствительный контур дает импульс пейсмейкеру и увеличивает электрические импульсы (обычно это 5 В, 10 мА и 1 мсек) непосредственно в сердечную мышцу. Вследствие большого разнообразия пейсмейкеров и методов их работы, достаточно сложно судить об их возможном сбоях под влиянием магнитного поля. Наиболее частой причиной отказа является блок магнитным полем реле пейсмейкера, что выводит из строя чувствительный контур. Вследствие этого пейсмейкер начинает непрерывно генерировать импульсы в сердечную мышцу, вне зависимости от потребности в этом. Линия

в 10 Гаусс (для магнита с полем 0,5 Т это в пределах 5 метров от изоцентра магнита) является той границей, внутри которой может случиться такой отказ пейсмейкера. В действительности, такой метод используется медиками для клинического теста пейсмейкера: они кладут небольшой постоянный магнит с определенным магнитным полем напротив пациента с водителем ритма на груди и записывают электрокардиограмму для функциональной оценки пейсмейкера. Таким образом, опасность воздействия на него постоянным магнитным полем не столь велика. Основная проблема создается радиочастотными волнами и градиентным возмущением магнитного поля, т.к. чувствительный контур не может отличить эти импульсы от сердечных. В результате, может произойти отказ водителя ритма. Помимо этого, сильное магнитное поле может сдвинуть пейсмейкер в его металлическом корпусе. В силу всего сказанного, пациенты с водителями сердечного ритма не допускаются до МР-обследований и должны находиться на оговоренном расстоянии от комнаты исследований с магнитом.

Ферромагнетики, имплантированные в организм, могут создать помехи для изображений; кроме того, сильное магнитное поле в состоянии сдвинуть с места некоторые металлические скрепки и спицы, установленные во время операций, что может повредить органы и ткани или вызвать кровотечение (при смещении сосудистых скрепок), опасное для жизни. Ввиду того, что МР-обследования клинически применяются все чаще, хирургам предлагается использовать немагнитные металлические импланты: скрепки, скобки, штифты и т.д.

Б.3

Шум градиентного возмущения магнитного поля



Внимание! Для безопасности пациентов и персонала, используйте наушники, когда это необходимо.

Градиентные катушки могут вызывать очень мощную электродвижущую силу (ЭДС) Лоренца, которая ведет к термическому возбуждению носителя катушки (пациента) во время возмущения магнитного поля, и к специальным шумовым эффектам во время сканирования. Шум от работы МР-томографа является по большей части шумом градиентного поля. Высокий уровень шума не только влияет на возможность переговоров пациента с персоналом, но также вызывает некоторый психологический и физиологический дискомфорт. Психологически это может выражаться в преувеличенных страхах (фобиях), что, в свою очередь, может спровоцировать приступ эпилепсии и ментальные расстройства.

ства. Вследствие этого, шум градиентного возмущения магнитного поля является проблемой безопасности, которая не должна игнорироваться.

Во время сканирования градиентные катушки, возмущающие магнитное поле, могут генерировать предельный уровень шума в 95 дБ (А), что должно контролироваться оператором и соотноситься с предельно допустимыми уровнями шума, разрешенными местными нормами.

Для целей безопасности пациентов и работающего персонала, если необходимо, нужно использовать шумоизолирующие наушники, например, из полимерной пены.

Оператор МРТ должен уделить специальное внимание этой теме и обучить коллег и пациентов. Особо в этой связи нужно отметить новорожденных и недоношенных младенцев, которые не могут использовать стандартные наушники или какую-либо другую защиту.

Тщательному контролю на уровень шума подлежат беременные женщины и их плоды в утробе, новорожденные, дети и старики вследствие их часто нарастающего беспокойства.

Оператор должен иметь в виду, что шумовая защита пациентов под наркозом ниже, чем в обычном состоянии. Таким образом, ей нельзя пренебрегать даже при умеренном шумовом фоне.

Персонал, работающий постоянно рядом с системой МРТ, может также страдать от шумового воздействия, что также должно регулироваться местными действующими нормами и правилами.

Эффективно А-взвешенное количественное определение уровня шума (LAeq,1h) оценивается по следующим характеристикам:

Датчик:	фактическое значение
Время:	быстрое или медленное
Частота:	А-взвешенная
Период определения:	от 20 сек

Б.4 Психопатологические реакции организма

Во время МР-обследования, из-за довольно узкого и ограниченного пространства внутри магнита, где находится пациент, шум градиентного возмущения вызывает у некоторых пациентов тревогу, панику, подавленность или другие реакции, даже ментальные

расстройства в тяжелых случаях. Следующие приемы могут уменьшить или полностью убрать эти негативные эффекты:

- позволить членам семей или друзьям находиться рядом с пациентом во время исследования;
- обеспечить пациента соответствующими наушниками для фонового музыкального сопровождения;
- продолжать разговаривать или другим способом отвлекать внимание пациента во время исследования.

Б.5

Влияние на беременных женщин



Внимание! Безопасность магнитного резонанса в отношении плодов в утробе и младенцев еще не доказана полностью. Перед тем, как подвергнуть МР-обследованию этих пациентов, взвесьте все “за” и “против” в сравнении МРТ и других альтернативных методов и дайте врачу решить, действительно ли нуждается ли беременная женщина или ребенок в таком обследовании или нет.

Вопрос о безопасности МРТ обследования у беременных женщин возникает тогда, когда идет речь о возможности влияния магнитного поля на внутриутробное развитие плода (включая статическое и градиентное магнитные поля), равно как и радиочастотного поля, т.е. является ли МР-исследование тератогенным или нет. Но вплоть до сегодняшнего дня исследования не могут однозначно ответить на этот вопрос. До сих пор этот аспект является поводом для дискуссий. По этой причине американское агентство FDA (Управление по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарственных препаратов) не выдало пока никаких четких рекомендаций по поводу применимости МРТ обследований у беременных женщин и младенцев. Британский NRPB (Национальный комитет по радиационной безопасности) только предположил, что требуется осторожность при использовании МРТ в первом триместре беременности.

Следует быть осторожными в применении МР-исследований у беременных женщин главным образом по двум обстоятельствам: во-первых, чисто теоретически, электромагнитное поле МР-томографа может спровоцировать биологические изменения в растущем плоду самыми различными путями; во-вторых, клетка во время дифференциации (деления) восприимчива к повреждениям благодаря паложению многих физиологических факторов.

Б.6

Ферромагнитный излучатель



Внимание! Воздействие магнитного поля в зоне вблизи магнита может превращать ферромагнетики (объекты, содержащие железо, никель, кобальт и другие сплавы) в летающие объекты. В то же время, оно может вывести из строя биомедицинские имплантаты. По этой причине ни те, ни другие не допускаются в защищенную зону.

В настоящее время большинство клинически применяемых МРТ систем имеют силу статического магнитного поля от 0,2 до 1,5 Т, и потенциальная опасность этого поля заключается в его способности ускорения неподвижных объектов (ферромагнетиков). Ферромагнетики могут быть сдвинуты (иритяпуты) магнитом с большой скоростью.

Любой предмет из магнитного металла, попавший в ближайшее окружение магнита: хирургические аппараты, кислородные баллоны, медицинские устройства, в особенности мониторы и системы слежения, каталки, кресла на колесах, - может стать потенциальным "снарядом". Отдельно это касается носимого металла обследуемым пациентом: металлические молнии-застежки, монеты, инструменты для маникюра, мобильные телефоны и т.д. - все это должно быть удалено от пациента при подготовке к укладке в томограф.

Для предотвращения попадания таких ферромагнетиков в магнитное поле томографа, комната исследований должна быть тщательно промаркирована соответствующими указателями и предупреждающими знаками, а пациент перед исследованием проверен с помощью металлодетектора.

Б.7

Радиочастотная интерференция



Внимание! Нормальная работа биомедицинских приборов может быть нарушена в зоне действия магнита и повредить здоровью персонала.



Внимание! Прочие медицинские устройства могут работать неправильно из-за воздействия магнитного поля в непосредственной близости от магнита, а также и наоборот, могут повлиять на качество МР-изображений.

Внутри рабочей зоны, МРТ система, как правило, не соответствует обычным радиочастотным требованиям. Это делается специально для защиты телекоммуникаций, разрешенные пределы радиочастотной эмиссии колеблются в пределах от 30 dB μ V/M до 50 dB μ V/M, согласно международным стандартам (т.п. CISPR11). Обычное значение параметра анти-интерференции для стандартной техники составляет 1 N/M, или 3 V/M. Для отдельных видов медицинской техники, таких как аппараты для поддержания жизненно важных функций и некоторые мониторы слежения, требования по анти-интерференции составляют от 10 N/M, или 100 V/M. Фактически, вокруг МРТ системы и ее рабочей зоны интенсивность радиочастотного поля вполне может превысить эти пределы, даже 100 V/M. При этом очевидно, что любое стороннее оборудование в зоне действия МРТ подвергнется этой радиочастотной интерференции.

Радиочастотный сигнал МРТ системы, вероятно, может повлиять на сторонние приборы в соседних помещениях, или на пациентов, на работающий персонал или кого-нибудь еще, равно как и на их электронные устройства в пределах рабочей зоны МРТ и в соседних с ней помещениях. Есть вероятность, что МРТ система вызовет радиочастотные помехи у других медицинских и прочих приборов и в телекоммуникациях.

Если помехи обнаружены, это может быть проверено с помощью включения/выключения системы. Для исправления ситуации можно предложить следующее:

- поменять местоположение приборов, подвергающихся воздействию;
- увеличить расстояние между такими приборами и МРТ системой.

Не следует использовать устройства, передающие радиочастотные сигналы - мобильные телефоны, радиопередатчики, приборы радио/телекоммуникаций - вблизи системы. Их работа может негативно повлиять на качество исследований на МРТ. Все они должны быть выключены вблизи рабочей зоны МРТ системы.

Оператор системы должен учитывать влияние следующих факторов, способных вызывать частичный радиочастотный нагрев:

- проводник (металл) - объект или имплантат - находящийся на незначительном расстоянии от радиочастотной передающей катушки;
- нанесение кожных препаратов может спровоцировать субповерхностный ожог;
- кожный контакт может сформировать частичный гальванический круг на теле, как то: внутренняя поверхность бедра - другое бедро, стопа - стопа, ру-

ка - рука, рука - туловище, лодыжка - лодыжка, - в случае соприкосновения друг с другом;

- наличие влажной одежды;
- тело или конечности, соприкасающиеся с радиочастотной эмиссионной катушкой;
- непосредственный контакт пациента с радиочастотным приемным кабелем или его периферической проводкой;
- пациенты на фоне приема успокоительных препаратов, или с эпизодами потери сознания, или частичной недееспособностью (например, паралич рук или ног), или будучи не в состоянии адекватно донести до оператора жалобы на перегревание или повреждение тканей;
- кабели, находящиеся вблизи радиочастотной эмиссионной катушки, но не подключенные к ней.

Б.8

Радиочастотные опасности



Внимание! Радиочастотное поле, возникающее при МР-сканировании, может приводить к нагреву тканей.

Б.8-1

Нагрев тканей

Если радиочастотная передача опережает радиочастотное рассеивание, то возможен нагрев тканей пациента. Степень нагрева зависит от веса пациента, типа импульсной последовательности сканирования, времени сканирования, количества срезов и особенностей получения некоторых изображений, например, сатурации.

Радиочастотный подъем внутритканевой температуры зависит от гомеотермизма (способности теплокровных поддерживать постоянство температуры своего тела вне зависимости от внешней среды) организма, окружающей среды и других факторов. Подъем температуры тела уменьшает гомеотермизм и вызывает осложнения, но неспособность поддержания постоянства температуры своего тела может быть вызвана описанными ранее причинами, как то: нарушения работы сердца, гипертония, диабет, старческое одряхление, ожирение, лихорадка или дыхательные дисфункции, - все то, что снижает циркуляцию крови в организме. Пациенты с подобными нарушениями должны постоянно находиться под наблюдением во время сканирования.

Б.8-2

Нагрев гентри магнита

Радиочастотная передача приводит к нагреванию гентри магнита (полюсов и пространства между ними) и термокомпрессии; медикаменты могут ослаблять адаптивные способности пациентов к подъему внешней температуры.

Температура внутри комнаты исследований (с магнитом) должна оставаться ниже 22°C. Вентилятор (кондиционер) должен работать постоянно для вентиляции внутри магнита.

Б.8-3

Нагрев контактных поверхностей

Радиочастоты могут частично нагревать контактные поверхности между пациентом и частями магнита или между пациентом и радиочастотными катушками, что вызывает дискомфорт и чувство ожога.

Крепко сжатые кулаки, контакт между рукой (руками) и телом пациента, или обхватывание пациента самого себя руками может сформировать замкнутый контур. Для предотвращения ожога в этом случае нужно проложить изолирующие прокладки между контактирующими поверхностями.

Можно использовать материал из полимерной пены между пациентом и частями его тела, и пространством гентри магнита в открытом магнитном поле.

Для профилактики возможного ожога лучше проложить пленку или подушку между поверхностью катушки и кожей пациента.

Б.8-4

Нагрев металлических объектов

Металлосодержащие косметические средства могут нагревать и раздражать кожу. Перед началом обследования пациенту следует полностью освободиться от макияжа.

Татуировки, пирсинг, металлосодержащие косметические имплантаты также в состоянии нагревать и раздражать кожу.

Ювелирные украшения с 14 К золотом тоже способны к нагреву и ожогу кожи.

Б.8-5

Нагрев кабелей и проводников

Радиочастоты могут нагревать незадействованные (поврежденные) металлические части катушек и кабелей в местах плохой изоляции соединений и разъемов питания, неправильных подключений кабелей. Все это также может привести к ожогам.



Внимание! На входе в комнату сканирования должны быть предупреждающие знаки.



Внимание! В комнате сканирования не должно находиться никаких посторонних металлических предметов: баллонов с кислородом, колесных кресел, каталок, инфузионных штативов, вентиляторов и др. Все входящие в помещение с МРТ должны знать, что любые носимые металлические предметы оставляются за пределами этого помещения, в то же время использование неметаллических медицинских устройств в рабочей зоне томографа регулируется отдельными нормами и правилами.

Оператор системы и остальной персонал должны руководствоваться местными правилами и нормами поведения в рабочей зоне томографа.

Рабочая зона томографа, определяемая линией 0,5 Гаусс вокруг изоцентра магнита, дается на плане размещения оборудования. Пользователи должны обязательно промаркировать ее на реальном полу рабочей зоны магнита в помещении.

Персонал, переступающий порог рабочей зоны внутри линии 0,5 Гаусс от изоцентра магнита, подвергается потенциальной опасности, состоящей из притягивания с одновременным вращением любых металлосодержащих объектов, включая металлические медицинские имплантаты, которые могут выйти из строя с соответствующими последствиями.

В пределах рабочей зоны должны использоваться только немагнитные инструменты и приспособления. Если техническим сотрудникам необходимо пронести намагничиваемый небольшой инструмент внутрь зоны, то вначале его требуется зафиксировать.

Стороннее медицинское оборудование также нежелательно для использования внутри рабочей зоны: мониторные системы, устройства жизнеобеспечения и средства неотложной помощи. Они могут взаимнообразно как пострадать от воздействия радиочастотного поля магнита, так и сами нарушить нормальную работу МРТ системы.

Нижеперчисленные объекты вероятно, могут негативно повлиять на качество МР-изображений, или даже представлять физическую опасность для их пользователей. Пожалуйста, проверьте, имеются ли у вас такие предметы как: водители сердечного ритма, вживленные неврологические стимуляторы, клипсы аневризм, в том числе аорты, искусственные сердечные клапаны, инсулиновые насосы, слуховые аппараты, искусственные протезы суставов, металлические штифты и пластины, металлические скренки, отвертки, зажимы, костные или суставные спицы, швы металлической проволокой, искусственные зубы, глазные протезы, ушные имплантаты и др.

При входе в рабочую зону необходимо снять с себя все металлосодержащие предметы: съемные зубные протезы, слуховые аппараты, украшения, часы, дамские сумочки/портмоне, перьевые ручки или карандаши, ключи, монеты, металлические молнии или пуговицы, магнитные карточки, кредитки, заколки для волос, металлические замки нижнего белья, булавки и т.д.



Внимание! Магнитное поле может сдвинуть/сместить металлосодержащие имплантаты (например: клипсы аневризм, хирургические клеммы, ушные имплантаты и др.) и протезы конечностей с нанесением серьезного вреда здоровью. Проконсультируйтесь предварительно для защиты своих имплантатов и протезов от потенциального риска. Пациенты с внутренними имплантатами не должны проходить МР-обследования, съемные протезы должны быть сняты перед сканированием.



Внимание! Металлические имплантаты могут вызывать индукционный электрический ток и разогреваться, поэтому пациенты с металлическими имплантатами не допускаются до МР-сканирования.

Глава В

Технологический указатель и требования к рабочему пространству и окружающей среде

В этой главе:

- ❖ Главный технологический указатель
- ❖ Требования к рабочему пространству и окружающей среде

❖ Упаковка, транспортировка и хранение

В.1 Главный технологический указатель

1. Магнит, гентри

- (1) Открытый тип, постоянный магнит (сплав неодима, железа и бора), со встроенной системой контроля температуры;
- (2) Сила постоянного магнитного поля составляет (в зависимости от модели): 0,3 Т / 0,35 Т / 0,4 Т / 0,5 Т $\pm 10\%$;
- (3) Однородность магнитного поля: в пределах 300 мм-овой сферы вокруг изоцентра магнита магнитное поле имеет однородность не более, чем 30 ppm (V_{pp});
- (4) Стабильность магнитного поля должна не превышать 10 ppm/час;
- (5) Рассеивание магнитной индукции:
 - а) По горизонтали на 2,5 м от изоцентра магнита - не более, чем 0,5 мТ;
 - б) По вертикали на 2,5 м от изоцентра магнита - не более, чем 0,5 мТ;
- (6) Вес магнита - в зависимости от модели: от 12000 кг до 27000 кг.

2. Катушки

- (1) Электропитание для комнаты сканирования: однофазная сеть, 220 В ($\pm 1-10\%$), 50 Гц ($\pm 1-2\%$);
- (2) Электропитание для градиентного усилителя: трехфазная сеть, 380 В ($\pm 1-10\%$), 50 Гц ($\pm 1-2\%$);
- (3) Предел нагрузки: 10 кВт·А (не включая кондиционеры и освещение).

3. Градиентная система

- (1) Максимальная сила градиентов до 25 мТ/м;
- (2) Нелинейность $< 3\%$ (на сфере диаметром 300 мм, DSV).

4. Спектрометр

- (1) Цифровой спектрометр;
- (2) Радиочастотное передающее устройство, радиочастотное приемное устройство;
- (3) Генератор градиентного возмущения.

5. Радиочастотный усилитель [Усилитель мощности радиочастотного блока]

- (1) Частота 5 МГц — 30 МГц, настраиваемая;
- (2) Максимальная выходная мощность ≥ 5 кВт.

6. Компьютерная система

- (1) Частота ЦПУ $\geq 2,4$ ГГц;
- (2) Оперативная память ≥ 512 Мб;
- (3) Жесткий диск ≥ 80 Гб;
- (4) Оптический дисковод (перезаписываемый, RW);

- (5) SVGA видеокарта с разрешением $\geq 1024 \times 768$ пикс.;
- (6) Монитор высокого разрешения ≥ 19 дюймов.
- 7. **Сохранение изображений**
 - (1) Жесткий диск большой емкости;
 - (2) Лазерная камера для печати твердых копий.
- 8. **Сканирование**
 - (1) Настраиваемый диапазон времени повторения (TR) от 20 до 5000 мс;
 - (2) Настраиваемый диапазон времени эхо (TE) от 10 до 300 мс.
- 9. **Встроенная система контроля постоянства температуры магнита**
Точность поддержания температуры магнита $\pm 0,1^\circ\text{C}$.
- 10. **Система воздушного кондиционирования**
Поддержание постоянства температуры в комнате сканирования на уровне $22 \pm 4^\circ\text{C}$.
- 11. **Позиционирование [устройство позиционирования пациента]**
Лазерное позиционирование изоцентра приемной катушки.
- 12. **Переговорное устройство с пациентом**
Окно обозрения, переговорное устройство двухсторонней связи с пациентом, фоновое музыкальное сопровождение.
- 13. **Характеристики изображений**
 - (1) Геометрическое искажение изображения - не более 5%;
 - (2) Однородность изображения - не менее 80% для головной катушки, не менее 75% - для катушки туловища;
 - (3) Высококонтрастное разрешение ≤ 2 мм;
 - (4) Соотношение "сигнал-шум" для приемных катушек ≥ 80 ;
 - (5) Толщина среза от 1 до 100 мм, типичная толщина среза 10 или 5 мм;
 - (6) Межсрезовое расстояние: от 0 до 100 мм;
 - (7) Контролируемая матрица сканирования, стандартно 256x256;
 - (8) Область сканирования: 128 - 400 мм;
 - (9) Обработка изображений: изменяемые ширина, уровень, частичное увеличение, цифровой фильтр, масштабирование, оценка (измерения), вставка комментариев, выделение области интереса, местный сигнальный тест и т.д.;
 - (10) Сохранение изображений: запись на CD-диски и т.д.;
 - (11) Лазерная камера для получения твердых копий или для пленок.
- 14. **Базовые последовательности**
 - (1) Магнитная коррекция, радиочастотная пульсовая коррекция, коррекция градиентного поля;

- (2) спин-эхо (SE), быстрое спин-эхо (FSE), градиентное эхо (GRE), инверсия-восстановление (IR), магнитно-резонансная ангиография (MRA), диффузионно-взвешенные изображения (DWI), последовательности, синхронизированные по пульсу и дыханию, с разделением сигналов от жира и воды, с подавлением сигналов от свободного жира, инверсия-восстановление с подавлением сигнала свободной воды (FLAIR) и другие.

15. Комната сканирования

Эффективный уровень защиты от 1 до 100 МГц, ≥ 80 дБ.

В.2 Требования к рабочему пространству и окружающей среде

Система магнитно-резонансной томографии относится к I Классу Б типу стационарно устанавливаемого медицинского оборудования. Стабильность и однородность магнитного поля самым непосредственным и важным образом влияют на качество получаемых МР-изображений. Контроль постоянства температуры и воздушное кондиционирование необходимы для обеспечения термостабильности и постоянства магнита. В комнате сканирования (рабочей зоне) внешние магнитные поля и внешние радиочастотные помехи должны блокироваться, чтобы не создавать внешних негативных воздействий на работу магнита. Постоянство температуры тела пациента в магните, постоянная влажность воздуха также являются необходимыми условиями для обеспечения оптимального функционирования МРТ системы.

1. Магнит

Стандартная рабочая температура $28 \pm 0,1^\circ\text{C}$.

2. Клетка Фарадея (РЧ-кабина)

- (1) Рабочая температура $22 \pm 0,1^\circ\text{C}$;
- (2) Относительная влажность 30-70%;
- (3) На наружной поверхности двери РЧ-кабины (или рабочей зоны МРТ системы) должны быть нанесены предупреждающие знаки: "Опасность - сильное магнитное поле", "Ферромагнитные (металлические) инструменты запрещены" и др.

3. Операторская и техническая комнаты

Рабочая температура $18 - 26^\circ\text{C}$.

4. Электронитание системы

- (1) Трехфазная сеть 380 В ($\pm 10\%$), 50 Гц ($\pm 2\%$), 10 кВт·А (кондиционеры комнаты сканирования и ее освещение не включены, идут отдельными контурами);
- (2) Однофазная сеть 220 В ($\pm 10\%$), 50 Гц ($\pm 2\%$).

5. Защита от электромагнитных помех

Эффективность радиочастотной защиты клетки Фарадея от интерференций 1 – 100 МГц ≥ 80 дБ.

6. Заземление

Независимое заземление клетки Фарадея $\leq 1 \Omega$.

В.3

Упаковка, транспортировка и хранение



Внимание! Магнитное поле способно сдвигать с места предметы и придавать им ускорение. Для предотвращения повреждения как магнита, так и персонала, транспортировка системы МРТ должна осуществляться под руководством или с инструктажем наших инженеров. Пожалуйста, обратитесь к соответствующей инструкции по безопасности. Вес магнита составляет (в зависимости от модели) от 12 до 27 тонн; следует заранее позаботиться о необходимых погрузочно-разгрузочных средствах и механизмах. Подготовка площадки опоры для гснтри МРТ должна быть осуществлена заранее!

Обратитесь к соответствующим разделам руководства по упаковке, транспортировке и хранению МРТ систем.

В этой главе:

- ❖ Обзор основных компонентов системы
- ❖ Магнит
- ❖ Спектрометр
- ❖ Градиентный усилитель и градиентная катушка
- ❖ Передающая и приемные системы
- ❖ Система контроля постоянства температуры магнита
- ❖ Консоль
- ❖ Стол пациента
- ❖ Клетка Фарадея (РЧ-кабина)

Г.1**Обзор основных компонентов системы**

Постоянный магнит генерирует основное магнитное поле интенсивностью 0,3 - 0,35 - 0,4 - 0,5 Т (в зависимости от модели). Три градиентные катушки, встроенные по осям X, Y и Z, могут выдавать по этим осям 3-х мерное градиентное магнитное поле мощностью до 25 мТ/м. Главный компьютер системы контролирует спектрометр, создающий градиент магнитного поля и генерирующий радиоимпульс с резонансной частотой к магнитному полю, который передается через радиочастотную катушку.

После усиления, частотного микширования, фильтрации, аналогово-цифрового (А/Ц) преобразования, сигналы принимаются радиочастотной катушкой и трансформируют сигнал с данными в двух- или трехмерный формат с помощью преобразования Фурье, после чего происходит реконструкция изображений (с цифровой фильтрацией, сглаживанием, увеличением резкости и др.) и их вывод на экран.

Система состоит из следующих основных компонентов: собственно магнита (ген-три), спектрометра, градиентного усилителя, системы контроля постоянства температуры магнита, стола пациента и др. (как показано на рис. Г-1).

Сама система магнита включает в себя гентри, градиентную катушку, плоскую передающую катушку, приемные катушки.

Спектрометр состоит из главного компьютера, блока управления, предусилителя, собственно спектрометра, радиочастотного усилителя, источника питания и некоторых второстепенных деталей.

Градиентный усилитель усиливает градиентный сигнал от спектрометра по трем осям: X, Y и Z.

Консоль управления включает в себя монитор изображений, переговорное устройство двухсторонней (громкой) связи с пациентом и другие вспомогательные компоненты.

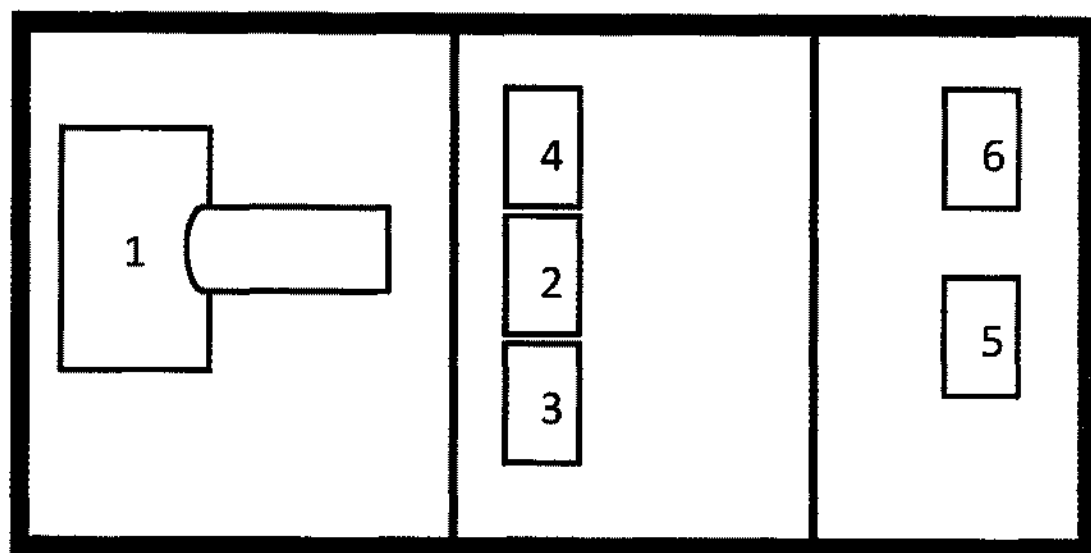


Рис. Г-1. Схема компонентов системы МРТ.

- | | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| 1 – система магнита | 5 – кондиционеры (устанавливаются |
| 2 – спектрометр | пользователем) |
| 3 – градиентный усилитель | 6 – источник питания |
| 4 – консоль управления | |

Г.2 Магнит

Г.2-1 Функция

Собственно магнит является основным компонентом системы получения изображений методом магнитного резонанса, он обеспечивает необходимое однородное постоянное магнитное поле внутри рабочей зоны. Однородность и стабильность магнитного поля гарантируют высокое качество получаемых изображений.

Г.2-2 Структура магнита

Магнит (гентри) имеет или С-образную, одноопорную, или И-образную (2-х опорную) конструкцию, в зависимости от модели. Конструкция имеет каркас (1- или 2-х опорный соответственно), полюса магнита, расположенные друг над другом и формирующие т.п. магнитное ложе, свободное от концевых кольцеобразных вихревых токов Фуко (Эдди), само рабочее магнитное вещество, представляющее собой сплав неодима, железа и бора, кольца и малые пластины шиммирования, и ряд второстепенных элементов.

Конструкция каркаса формирует замкнутый магнитный контур, который работает как стягивающий корсет для главного магнитного ложа между полюсами, не давая растекаться магнитному полю и создавая его однородность, улучшая таким образом магнитопроводность. Т.п. магнитное ложе используется для подавления концевых кольцеобразных токов Фуко (Эдди), генерируемых полюсами магнита, что придает стабильность ста-

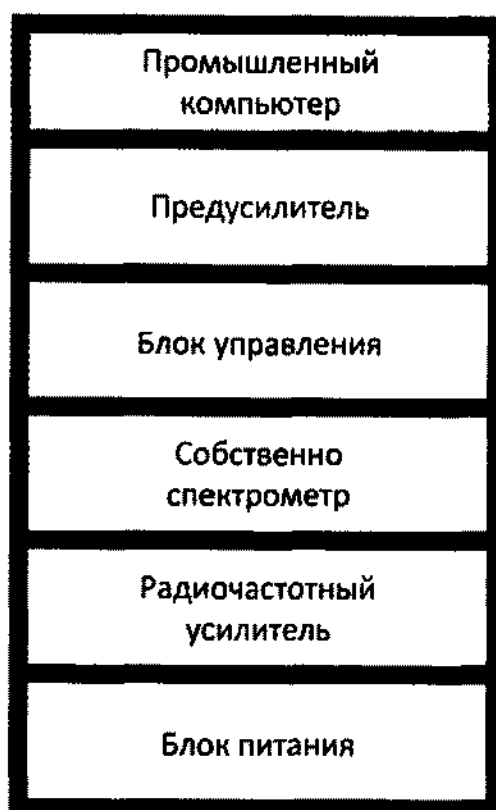


Рис. Г-2. Порядок сборки спектрометра.

Г.3-1 Промышленный компьютер

Промышленный компьютер контролирует обычную работу всей системы МРТ. Управление осуществляется оператором. Компьютер имеет следующую конфигурацию:

- Частота ЦПУ $\geq 2,4$ ГГц;
- Операционная система: **Windows 2000 / NT / XP**;
- Оперативная память ≥ 512 Мб;
- Жесткий диск ≥ 80 Гб;
- SVGA видеокарта с разрешением $\geq 1024 \times 768$ пикс.;
- Стандартная плата **Ethernet 10/100 Base T**;
- Монитор высокого разрешения ≥ 19 дюймов;
- Оригинальное программное обеспечение **BASDA MRI Software** для моделей BTI.

Г.3-2 Блок управления

Блок управления обеспечивает регулярную автономную калибровку напряжения и контрольного сигнала, передает напряжение в 36 В на блок питания переменного тока, требуемые для питания системы, и 5 В на блок питания постоянного тока, необходимых для системы лазерного позиционирования и устройства двухсторонней связи с пациентом, а также для включения приема радиочастотных сигналов.

Этот модуль использует массив с быстрой плавающей точкой процессоров цифровых сигналов (DSPs), обеспечивая высокую производительность до 400 MFLOPS (миллионов операций с плавающей точкой в секунду) для высокоскоростных оперативных расчетов градиента, включая генерацию формы, осевое вращение и программно-создаваемые предсказания. Программируемая пользователем вентильная (логическая) матрица (**Field Programmable Gate Array**), контролирующая процессоры цифровых сигналов, также считывает многоканальный аналого-цифровой преобразователь модуля выхода градиента для мониторинга температуры градиентных катушек. Эта автономная мониторинговая система предустановлена на выключение при 80°C, и в случае срабатывания при достижении данного порога, прекращает выход градиента и информирует об этом главный компьютер.

- **Модуль выхода градиента [градиентного выхода] и Модуль градиентного контроля**

Данный блок содержит цифро-аналоговые преобразователи для контроля 3-х градиентных каналов и нулевого вектора магнетизации. Блок позволяет также накладывать внешний градиентный сдвиг на любой из 3-х или все каналы для шиммирования посредством 4-х аналоговых входов от внешнего блока контроля шиммирования. Аналоговые выходы для градиентного блока питания являются 3-х жильными дифференциальными выходами для обеспечения хорошего синфазного подавления помех и лучшего из возможных соотношения "сигнал-шум".

- **Модуль интерфейса усовершенствованного интегрированного контроля электроники (EIDE Interface) [Многоканальный Модуль приема данных]**

Это - интерфейс обмена данными между высокоскоростной синхронизирующей шиной задней поверхности штатива, АТА-портом (АТА — Advanced Technology Attachment) и процессором захвата. Он обеспечивает питание модулям, а также дает возможность подключения внешних устройств, таких как предусилители и внешние частотные модуляторы. Модуль этого интерфейса должен располагаться в крайне правом углу штатива.

- **Модуль ввода-вывода [Силовой Модуль]**

Этот модуль обеспечивает 32 TTL (32-х секундное время жизни пакета данных) вывод и 16 TTL (16-ти секундное время жизни пакета данных) линии ввода-вывода для спектрометра. Он может располагаться в любом правом или крайне правом слоте приемо-передатчика экранного (CRT) модуля.

Программное обеспечение: системный инсталляционный пакет, программируемые драйверы, настройка сетевых соединений.

Программный пакет тестирования: системный тест.

Демо-программирование: представляет пример вторичного программного пакета.

Вторичный программный пакет: снабжен субпрограммами вторичного программного пакета и добавляет их в систему контроля. Поддерживает следующие языки программирования: VB, C++, DELPHI.

2. Спецификация DRX

- Процессор захвата: обычный компьютер с 64 МБ RAM (стандарт) или 1 Гб RAM (максимально);
- Соединение с главным компьютером по Ethernet 100 Base T;
- АТА-порт для передачи данных DRX-консоли и процессора захвата, 100 Мб/сек;
- Частотный диапазон: 0-400 МГц ($f_0 \pm 5\%$);
- Процессор цифровых сигналов с высокой производительностью;
- Аналого-цифровой преобразователь: уровень сверхвыборки 40 МГц 10/14 бит;
- Каналы вывода (всего 4): X, Y, Z, B0;
- Электропитание: однофазная сеть 100-230 В, 47-63 Гц;
- Энергопотребление: 600 Вт.

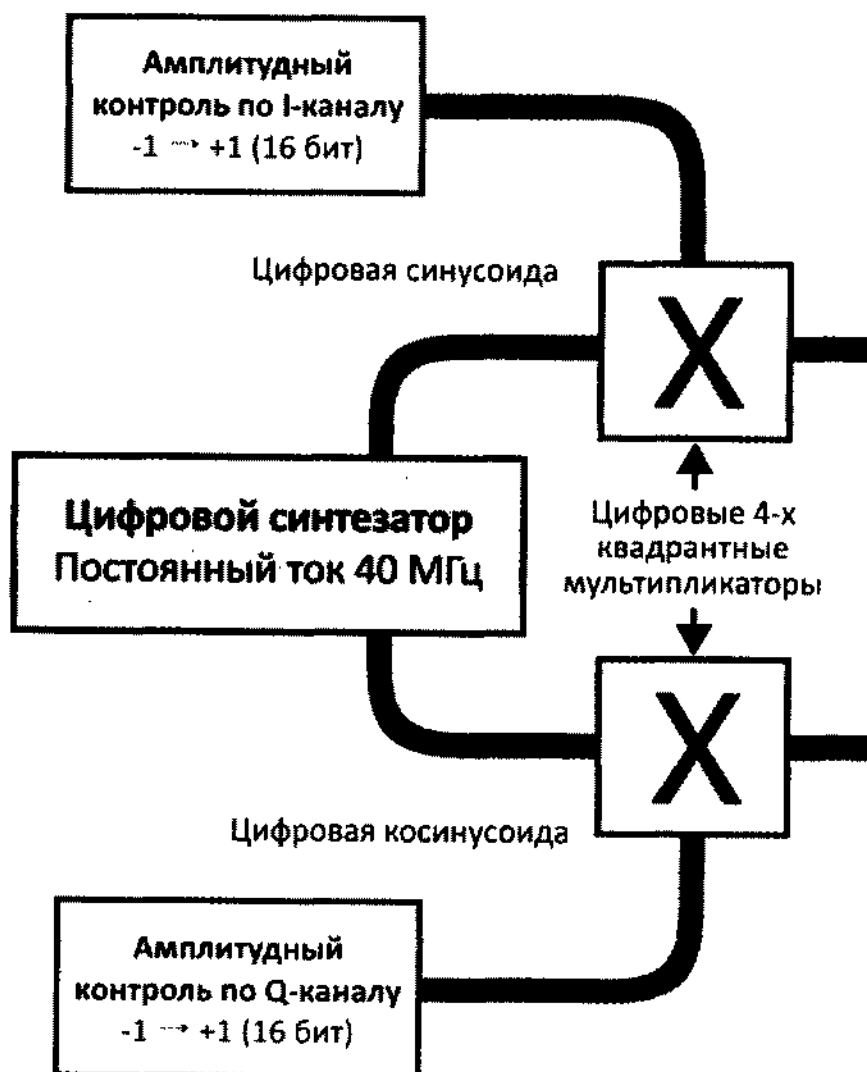
3. Принцип действия

Спектрометр имеет следующие главные модули: передачи, приема и графический.

а) Модуль передачи

Внутренний цифровой синтезатор генерирует синусовые и косинусовые потоки данных, которые питают 2 цифровых 4-х квадрантных мультипликатора. Каждый из I и Q каналов имеет 16-ти битовый амплитудный контроль в диапазоне от -1 до +1, так что любая требуемая фаза может быть сгенерирована векторной суммаризацией каналов. По этой причине выход векторной суммаризации представляет собой композитный РЧ-импульс с заданной фазой и формой, нормализованный до максимальной амплитуды в единицу (1). Требуемая форма РЧ-импульса задается пользователем в обычном текстовом файле с колонками для фазы и амплитуды. Когда инициализируется пульсовая последовательность, этот текстовый файл прочитывается системой и используется для снабжения значениями параметров амплитудного контроля I и Q каналов. После цифро-аналогового преобразования и фильтрации, импульсы проходят через следующий 16-ти битовый амплитудный умножитель внутри модуля частотного контроля. Для частот свыше 16 МГц, импульсы перемещаются до требуемой частоты внутри частотного контроллера перед амплитудным умножением.

Рис. Г-4. Схема работы модуля передачи.

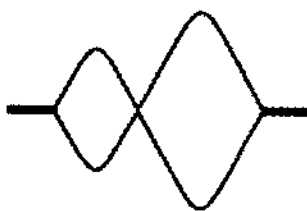


Векторное
сложение
16-бит I +
+ 16-бит Q
для фазо-
вого и ам-
плитудного
контроля

Цифровой
преобра-
зователь

Фильтр

Выходная
последовательность
любой требуемой
формы



Для частотного
смешивания и
амплитудного
выравнивания

b) Модуль приема

Входной МР-сигнал от датчика первым делом проходит через предусилитель и низкочастотный фильтр. Затем он немедленно оцифровывается аналого-цифровым преобразователем, работающим на 40 МГц, либо на 10, либо 14 битах. С этого момента и далее вся обработка данных и манипуляции с ними происходят в цифровом режиме. Поток данных от аналого-цифрового преобразователя сначала копируется на 2 цифровых мультипликатора, получающих численно генерируемые синусоиду и косинусоиду от цифрового синтезатора. Частота синтезатора контролируется в реальном времени с помощью программного обеспечения по захвату МР-изображений, с разрешением 8 МГц. После окончания микширования, сигнал сперва проходит программируемый CIC (Cascade-Integrator-Comb, Hogepauer) фильтр [фильтр обеспечивает узкополосную экстракцию из широкополосного источника с помощью децимации и интерполяции] для первичного удаления нежелательных побочных частот, но также и для начала процесса децимации [экстракции каждого десятого элемента]. CIC фильтр выполняет до 32 стадий децимации.

В конце концов сигнал проходит через серию программируемых фильтров конечного импульсного ответа (FIR) для последующей децимации и уменьшения полосы пропускания (ширины волны). Данные из памяти приемника поступают непосредственно в главную память процессора захвата, обеспечивая до 514 Мб буфера захвата. В дополнение, приемник имеет 512 Кб для обработки в порядке следования (FIFO, First In First Out) для сверхвысокоскоростного захвата вплоть до 128 Кб сложных точек (специально предназначенных для чередования множественных приемников). Частоты выше 16 МГц DRX приемник обрабатывает в гетеродинном режиме, с микшированием входящего сигнала до промежуточной частоты в 10,5 МГц перед поступлением в приемник аналого-цифрового конвертера.

Схема работы модуля приема.

Входящий
МР-сигнал
постоянного тока
(16 МГц)

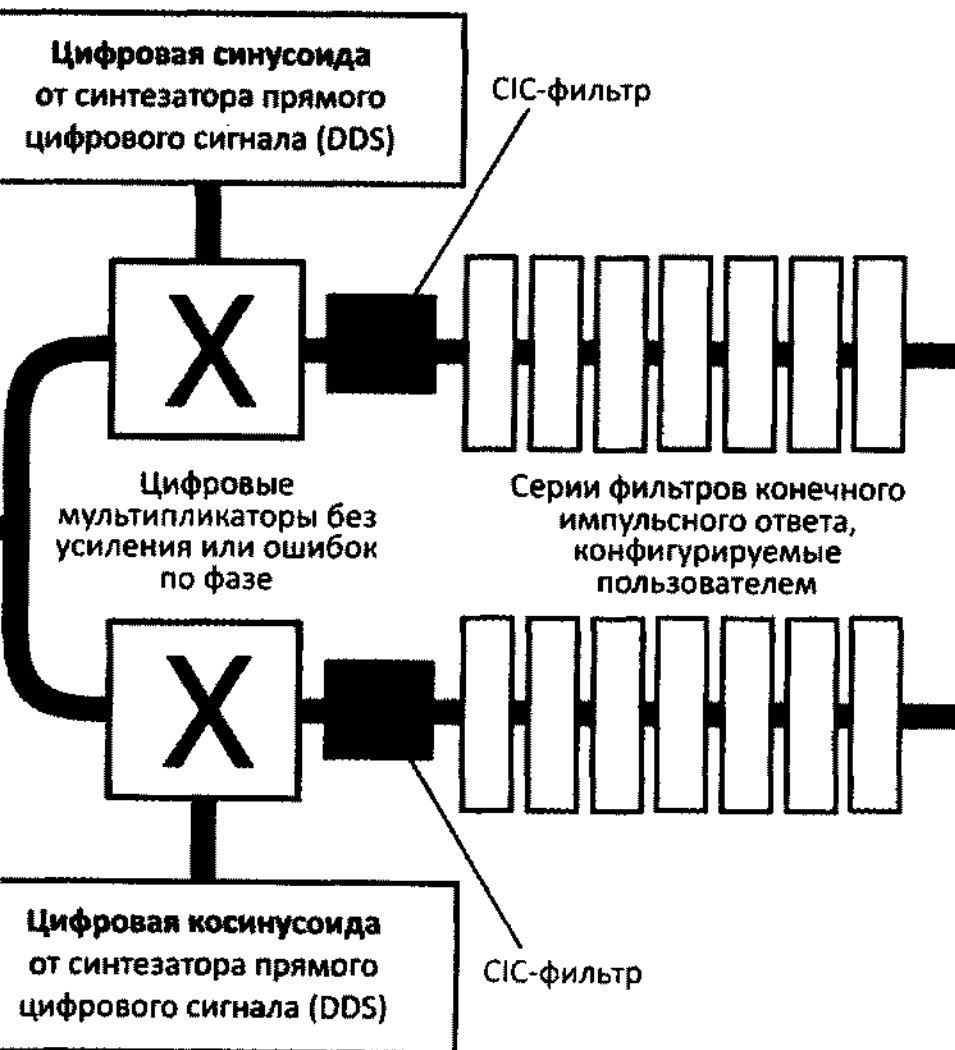
Предусилитель

Фильтр

40 МГц @
10 или 14 бит

Аналог.-
цифров.
преобр-
тель

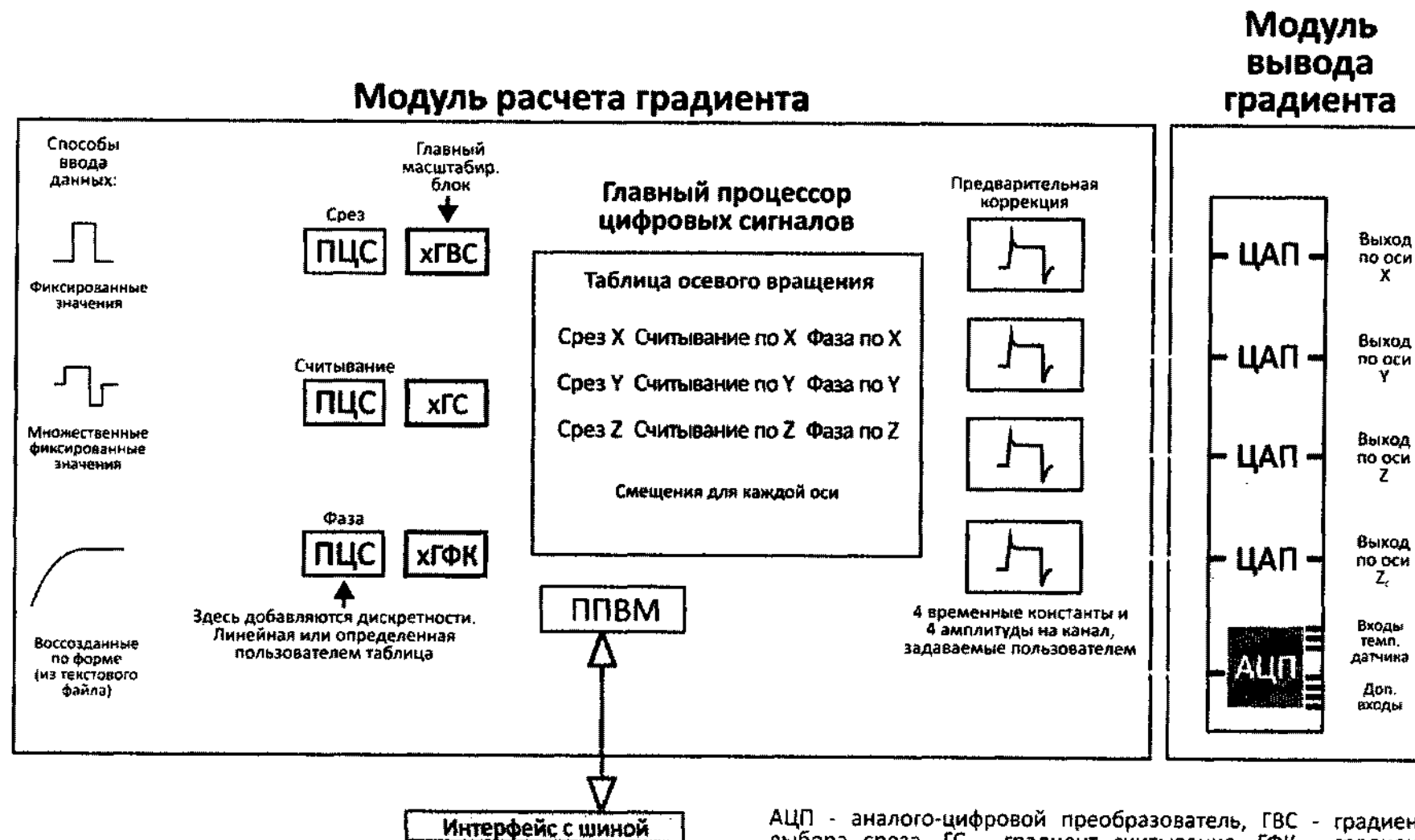
Рис.



Г-5.

с) Градиентный модуль

Значения, полученные после всех масштабируемых мультипликаций, передаются на главный процессор цифровых сигналов модуля контроля градиента. Главный процессор цифровых сигналов содержит составляемую пользователем таблицу, определяющую, как считанные фазированные и срезовые направления должны быть ориентированы относительно X, Y и Z градиентных каналов. Эта таблица позволяет таким образом вращать и передавать градиенты в реальном времени в любом требуемом режиме (рис. Г-6).



АЦП - аналого-цифровой преобразователь, ГВС - градиент выбора среза, ГС - градиент считывания, ГФК - градиент фазового кодирования, ППВМ - программируемая пользователем вентильная матрица, ПЦС - процессор цифровых сигналов, ЦАП - цифро-аналоговый преобразователь

Рис. Г-6. Схема работы градусного модуля.

4. Контрольное программное обеспечение для МРТ

Все параметры контрольного ПО для спектрометра имеют заводские настройки. Пользователю запрещается их менять.

Г.3-5 Радиочастотный усилитель [Усилитель мощности радиочастотного блока]



Внимание! В блоке радиочастотного усилителя присутствует высокое напряжение, опасное для здоровья и даже жизни. Лицам, не имеющим допуска к работе с радиочастотным усилителем, запрещается открывать его при любых обстоятельствах. Обученному персоналу предлагается сначала выключить главный рубильник блока и затем подождать как минимум 5 минут, прежде чем открывать шкаф, чтобы убедиться, что все элементы под высоким напряжением обесточены!

1. Принцип действия

Усилитель (номер по каталогу AN8111) использует новейшую версию из подобных устройств патентованной конфигурации, разработанной на основе опыта тысяч инсталляций МРТ-систем во всем мире. Он усиливает РЧ-импульсы, выдаваемые спектрометром.

2. Спецификация

- Диапазон рабочих частот: 5-30 МГц;
- Максимальная выходная мощность: 5 кВт;
- Усиление: $67,0 \pm 0,1$ дБ (регулируемое);
- Корреляция: 50;
- Долговременная стабильность: 1 дБ на 5000 часов;
- Цикл гейтинга: 60% (макс.);
- Продолжительность импульса гейтинга: 60 мсек (макс.);
- Защита от перегрузки: имеется;
- Окружающие условия: кондиционирование воздуха;
- Электронитание: однофазная сеть, 200-230 В, 50-60 Гц;
- Температура: 10-40°C;
- Относительная влажность: 85%;
- Магнитное поле: 5 мТ (макс.);

- Атмосферное давление: 70-110 кПа.

3. РЧ-соединения

Следующая таблица даст описание РЧ-сигналов и коннекторов, используемых или обеспечиваемых блоком РЧ-усилителя. Кабель питания и заземление паходятся на задней крышке блока:

Коннектор	Тип	Ввод-вывод	Описание
Вход РЧ	BNC	Ввод	номинал 0 дБ
Выход РЧ	N	Вывод	выход 5,0 кВт на РЧ-импульс
Гейтинг	BNC	Ввод	импульсно-гейтированный сигнал

4. Индикаторы состояния и сброс

Индикатор	Значение
Включено (зеленый)	Показывает активный режим ожидания (когда система включена в сеть)
Ожидание (зеленый)	Светодиод мигает, когда система работает, и не мигает, когда выключается
Готовность (зеленый)	Показывает состояние системы в рабочем режиме
Сбой (желтый)	Сбой системы или перегрузка; необходимо выключить внутреннее питание, затем перезагрузить систему в ручном режиме, либо через дистанционный интерфейс. Обратитесь к списку кодов ошибок для уточнения
Диагностика (желтый)	Мигает, показывая, что процесс запущен
Гейтинг (зеленый)	Показывает гейтинг импульса

Для сброса при сбое или перегрузке нажмите "RESET".

Г.4 Градиентный усилитель [Усилитель мощности градиента] и градиентная катушка

Г.4-1 Градиентный усилитель

Градиентный усилитель является продуктом Copley Controls Corporation, серии 231. Он разделяет градиенты по X, Y и Z осям и усиливает их.

1. Спецификация

Модель	Режим тока							Режим напряжения		
	Время импульса/паузы, мсек							Время импульса/паузы, мсек		
	∞ (постоянный ток)	500/500	100 / 100	10/20	170/1000	25/1000	4/10 0	∞ (постоянный ток)	500/500	(Ω)
231P	60	75	85	100	100	125	125	6,5	9,0	1,8 1,3
	Выход, $\pm A$ (пик)							Выход, $kV \cdot A$		

Данная спецификация действительна для следующих внешних условий: температура окружающего воздуха $+25^{\circ}C$ с форсированным воздухообменом 400 футов/мин, пик напряжения $+160$ В, ток нагрузки: $1,0$ мГн + 60 мОм, внешне уравновешенный от потерь в связи с концевыми токами Фуко (Эдди). Конденсатор с каждой стороны к земле емкостью $0,47$ мкФ.

- Пиковое значение тока при выключении: 130 А;
- Ограничитель входного канала: настраиваемый;
- Электрический ток: от ± 15 до ± 125 А;
- Сопротивление насыщения: $0,05$ Ом;
- Усиление регулируемое, с задаваемыми интервалами;
- Режим тока от $5,38$ А/В до $13,88$ А/В;
- Смещение на выходе: ± 25 мА, регулируемое до нуля;
- Электрический ток в неактивном состоянии: $0,35$ А.

Входные характеристики

- Главный вход №1: дифференциальный;
- Импеданс: 50 кОм на каждый вход относительно земли, 25 кОм для дифференциала;
- Максимальное напряжение на входе: ± 18 В как для входа, так и для дифференциала;
- Стандартный режим отказа: 70 дБ (минимум), постоянный ток до 360 Гц;
- Вход №2 такой же, как и главный вход №1;
- Выходное сопротивление постоянного тока (текущий режим): 2000 Ом.

Режим нагрузки

- Рабочий режим: 1000 мГн + 66 мОм, по $0,47$ мкФ с каждой стороны к земле;
- Настраиваемый диапазон: от 2 до $2,5$ мкГн, $0,012$ Ом (открытое);

Режим тока срабатывания

- Малая полоса пропускания сигнала: -3 дБ @ 5 кГц.

Время затухания

- Сигнал для затухания: завершение входной нагрузки;
- Окончание входной нагрузки: $\pm 100 \text{ А} / 800 \text{ мкс}^1$

Общее гармоническое искажение

- Режим тока: 200 Гц, 60 А (среднеквадратично), 0,2% макс.;
- Перегрузка: 1000 мкГц + 33 МОм.

Смещение постоянного тока

- Дрифт (смещение) после 1 часа;
- Параметры смещения тока: $1 \text{ мА}/^\circ\text{C}$, $60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
- Смещение от саморазогрева ($0 \pm 60 \text{ А}$): $22 \text{ мВ}/10 \text{ мин}$ (макс.), $60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$
- Частота 81 кГц;
- Синхронизация по входу или выходу.

Выходные помехи

- Режим тока:
 - 10 Гц – 10 кГц: 0,6 мА (среднеквадратично)
 - 10 Гц – 500 кГц: 0,4 мА (среднеквадратично)
- Режим напряжения:
 - 10 Гц – 10 кГц: 2,0 мА (среднеквадратично)
 - 10 Гц – 500 кГц: 0,5 мА (среднеквадратично)

Выходные помехи Риппла (Ripple Noise)²

- Частота 81 кГц;
- С каждой стороны к земле: 2,5 мВ (среднеквадратично) – макс. той же фазы;
- Дифференциальный выход 80 В: 2,5 В (среднеквадратично) макс.
- Ток при 0 В на выходе: $0,4 \text{ мА}/L$ (среднеквадратично), где L – индукция нагрузки в мГн;
- Чувствительность источника постоянного тока (режим тока): $0,4 \text{ мА}/V$ макс.

Монитор тока

- Передние и задние D-коннекторы;
- Характеристики: $\pm 1 \text{ В} / \pm 10 \text{ А} \pm 1\%$
- Сопротивление источника 0,1 Ом

Монитор напряжения

¹ Сименс (См) – единица измерения электрической проводимости, величина, обратная Ому.
² Ripple Noise – малые остаточные периодические колебания постоянного тока на выходе, которые являются производными помехами источника переменного тока.

- Передние и задние D-коннекторы;
- Характеристики: $\pm 1 \text{ В} / \pm 20 \text{ В} \pm 1\%$
- Сопротивление источника 0,1 Ом

Программируемый коннектор

- Устанавливает режимы работы по напряжению и току или фиксированному выходному сопротивлению. В режиме тока выставляет усиление и ответ на специфическую нагрузку;
- Доступ: задняя панель D-коннекторов.

Выключатели (на панели опционального дисплея)

- Передняя панель со светодиодами;
- Сброс, также на задней панели;

Защита от перегрузки

Напряжение/ток	Регулируемый ограничитель на входе, "мягкий" старт
Выключение	Ток по времени, открытие всех 4-х мостовых руко- вов
Диодное соединение	на высоковольтный блок (+HV) и землю
Защита усилителя	
Перегрузка	Ограничитель на входе
Ток по времени	Выключение
Температурный порог при пе- регреве	Выключение при $T > 87^\circ\text{C}$
Порог перегрузки по напря- жению	170 В
Порог недогрузки по напря- жению	40 В
Статус на выходе CMOS ³	Замыкание при напряжении ниже +5 В, высокое напряжение > 20 В

Индикация:

CHANNEL ON	Усилитель включен и работает
NORMAL	Усилитель работает (если включен)
FAULT	Сбой
DC	Один или несколько показателей напряжения при постоянном токе вне допустимого диапазона
HOT	Перегрев, выключение (для сброса температуры)
OVER-CURRENT	Слишком сильный ток в течение длительного вре- мени
MODULE 1	Сбой модуля №1

³ CMOS – комплементарный металлооксидный полупроводник

- Максимальный ток выхода: ± 10 мА
- Синхронизация входа/выхода (I/O): задний D-коннектор;
- Опциональная 3-х осевая дисплейная панель: светодиоды те же, как на выходе CMOS (см. выше);

Требования к электроснабжению

- Высоковольтное напряжение: от +50 до +160 В;
- Ток покоя: 0,35 А;
- Внутренняя емкость: 13000 мкФ;

Требования к окружающей среде

- Потери мощности при токе 60 А (среднеквадратично): 500 Вт;
- Пиковые потери при токе 85 А: 1000 Вт;
- Усиленный воздухообмен: 400 футов/мин при температуре от -20 до +35°C;
- Хранение: от -30 до +85°C;

2. Принцип действия

Градиентный усилитель является высокопроизводительной модульной токо-контролирующей системой, оптимизированной для взаимодействия с градиентными катушками МРТ-системы. Путем изменения конфигурации программируемого коннектора задней панели, усилитель может быть настроен для различных индукционных нагрузок. В МРТ-системах градиентный усилитель точно контролирует общий ток вместо напряжения на выходе к градиентным катушкам.

В модели 231 Р имеется три печатные электрические платы: силовой модуль (процессор сигналов), силовой конвертер и логический блок.

Силовой модуль - это полноценное развязывающее питание устройство; выходы каждого из 4-х модулей соединены параллельно после комплекта фильтрационных барьеров. Выход каждого силового модуля представляет собой импульсную последовательность с тактовой частотой 81 кГц и шириной полосы пропускания, варьирующей пропорционально входному контрольному сигналу. После низкочастотной фильтрации на выходе появляется постоянный ток с небольшими периодическими остаточными колебаниями (Ripple). В целом, система от входа до выхода напоминает аналоговый силовой усилитель постоянного тока.

Силовой модуль состоит из 8-ми параллельно соединенных транзисторов. N-канальные MOSFET-транзисторы Q1 и Q2 образуют полумост силового блока. Когда работает Q1, он включает выход модуля на +высокое напряжение с типовой потерей только 2 В. Когда выключается транзистор Q1, включается Q2, переводя выход на заземление. Варьируя коэффициентом использования, или продолжительностью включения, Q1-транзистор изменяет среднее напряжение постоянного тока на выходе. Без входного сигнала, каждый из MOSFET-транзисторов дает половину из напряжения

питания как по времени, так и по среднему выходу. Для увеличения вырабатываемой доли, Q1-транзистор задействуется на время, большее, чем половина, а Q2-транзистор работает пропорционально меньшее время. Поскольку образуемый ими полумост переключается между заземлением и высоковольтным выходом, среднее значение напряжения постоянного тока на выходе после фильтрации варьирует пропорционально как коэффициенту использования, так и высокому напряжению.

Второй полумост состоит из таких же транзисторов Q3 и Q4, каждый по $\frac{1}{2}$ от общей мощности MOSFET. Без входного сигнала этот полумост также дает 50% от общего коэффициента использования. Т.к. нагрузка (нагрузочный ток) распределяется дифференцированно на выходы обоих полумостов, при нулевом значении сигнала на входе ток нагрузки отсутствует, потому что оба полумоста подают на выходы половину напряжения питания. Для увеличения мощности выхода коэффициент использования (продолжительность включения) положительного полумоста должно быть увеличено, а отрицательного, наоборот, уменьшено. В практических целях каждый полумост управляется независимо аналоговой контрольной системой, так что оба вырабатывают требуемое выходное напряжение со своим собственным эффективным внутренним сопротивлением, благодаря малому количеству обратного тока.

Силовой модуль выдает на выход и питает на вход высокое напряжение для формирования импульсных последовательностей. Каждый из силовых модулей содержит несколько параллельно соединенных фильтровочных емкостей для отсисывания остаточных периодических колебаний (ripple) и хранения энергии питания. Общая емкость составляет 13000 мкФ.

На положительном выходе низкочастотный фильтр формируется индуктором последовательностей L1 и нагрузочной емкостью (конденсатором) к заземлению, C2. Этот фильтр имеет отсекающую частоту в 13,8 кГц и ослабляет остаточные периодические колебания (ripple) с частотой 81 кГц до приблизительно 1,5% среднеквадратично от максимального постоянного тока на выходе. Это не означает, что периодические колебания (ripple) постоянного тока в своем большинстве проходят через индуктивную нагрузку. Если бы суммарный уровень ripple-колебаний с напряжением 2 В (среднеквадратично) с положительного выхода попадал бы целиком в нагрузку, то постоянный ток силой 18,7 мА имел бы напряжение в 81 кГц. При нулевом выходе ripple-колебания значительно слабее по факту, потому что они на отрицательном выходе находятся в одной фазе с положительным, убирая таким образом дифференциальный ток.

Максимум ripple-колебаний приходится на нагрузку, когда каждый вольтаж на выходе составляет половину от своего собственного пика, $0,75 \times +V$ на положительном и $0,25 \times +V$ на отрицательном полюсах выхода соответственно. В это время дифференциальные ripple-колебания составляют приблизительно 18,7 мА среднеквадратично. При достижении своих пиков напряжения на полюсах, ripple-колебания вновь затухают до нуля.

Низкочастотный фильтр на отрицательном выходе состоит из L2 и C3 - аналогично тому, как на положительном выходе - и имеет резонанс при 13,8 кГц.

Отдельные модуляторы полосы пропускания сигналов (импульсов последовательностей) регулируют каждый из полумостов. Каждый электрический контур преобразует +10 В аналоговый сигнал ошибки в логический. При напряжении -10 В на входе логический выход составляет 0 В. При +10 В на входе логический выход равен 5 В. При 0 В на входе, логический выход представляет собой прямоугольный импульс в течение 50% времени. Так как входное напряжение сигналов меняется, процент занимаемого времени варьирует от 0 до 100%.

Поскольку катушка нагрузки соединяется между положительным и отрицательным полумостами выхода, проходящий через нее ток равен нулю, когда каждый из каналов имеет по 50% процентов коэффициента использования. Это соответствует нулевому напряжению на входе для модуляторов полосы пропускания сигналов.

Логические буферы обеспечивают небольшую задержку для обеспечения запаса по времени на остановку каждого работающего MOSFET-транзистора перед включением другого.

Положительный и отрицательный выходы имеют каждый свою собственную систему отрицательного напряжения и обратного тока. Обратное (отрицательное) напряжение значительно улучшает линейность, точность усиления, стабильность постоянного тока и чувствительность электропитания. Оно падает до 13,8 кГц выходного резонансного фильтра и поднимает -3 дБ полосу пропускания до 20 кГц каждую.

Усилитель A8 выдает обратное напряжение пропорционально разнице между выходным напряжением на положительном выходе и половиной от вольтажа питания. Указанные действующие усилители являются фактически малыми блоками, вовлекающими электрические сети для масштабирования сигналов до приемлемого уровня. Обратное напряжение суммируется в пущей фазе с входным напряжением в высокоэффективном усилителе A5. Он выдает сигнал ошибки плюсового канала на модулятор полосы пропускания.

В дополнение к обратному напряжению небольшое количество обратного тока также суммируется на A5. Этим достигается обеспечение достаточного импеданса на выходе для равномерного распределения тока между параллельно соединенными усилителями.

Прецизионный шунтирующий резистор RS1 распознает ток в сериях импульсных последовательностей на положительном выходе. Этот шунт питает высокочувствительный отскакающий усилитель общего применения A7, передающий сигналы вниз, на заземление. Выходом A7 является обратный ток, который через буфер A9 обеспечивает мониторинг тока на выходе.

В отрицательном канале схожая система обратной связи обеспечивает обратное напряжение от A13 к A6. A12 распознает ток отрицательного выхода и также имеет обратную связь с A6.

Усилитель A10 принимает дифференциал между положительными и отрицательными сигналами обратного напряжения, для того чтобы обеспечить различные

режимы нагрузки доступной средней разницей по обратному напряжению. А10 также питает буфер А11 для мониторинга вольтажа на выходе.

Положительный выход усилителя точно контролируется входом и обратной связью с А5, в то время как отрицательный выход независимо контролируется входом и обратной связью с А6. Фазовый инвертор А4 переворачивает сигнал, питая отрицательный канал, так что оба выхода (отрицательный и положительный) работают в противофазе. Внутренний программируемый переключатель J204 обеспечивает функционирование двух выходных терминалов синфазно.

Ограничитель скачков напряжения перед А4 блокирует быстрые скачки напряжения на выходе свыше 7 кГц таким образом, что токи в выходном фильтре конденсаторов С2 и С3 всегда находятся в пределах возможностей обработки транзисторами MOSFET. Ограничитель практически не нужен при токах, необходимых для применения в МРТ (т.е. они слишком слабые для него).

Входной предусилитель А101 и общий системный усилитель обратной связи А301 используют 15-ти штырьковый конфигурационный распределитель Р3, расположенный на задней панели. Этот распределитель конфигурирует систему для последующего применения, задавая усиление и частотный ответ для входного сигнала. Он также выбирает тип обратной связи: по току, напряжению, по тому и другому, или без них, и оптимизирует усиление открытого контура (петли) и частотный ответ для конкретных нагрузок. В зоне предусилителя соединены: потенциометр прецизионного усиления, настройщик нуля и ограничивающий потенциометр на входе, который устанавливает пределы по току в системе.

Дифференциальный усилитель на входе А1 имеет мостовой тип, обеспечивающий высокоэффективную выбраковку помех в общем режиме использования. Этот усилитель удаляет нежелательные сигналы благодаря дифференциалу напряжения с землей в 3-х осевой каркасной системе. Он имеет 50 Ом-ное входное сопротивление между своими терминалами. Такой же усилитель А2 обеспечивает второй дифференциальный вход, который может обеспечить дополнительно 5% прирост постоянного тока, регулируемый извне. Соотношение сигналов А2/А1 задается платой процессора сигналов с помощью прецизионных сопротивлений.

В своей наипростейшей конфигурации, тестовый распределитель Р3 просто соединяет выход А1 напрямую с системным буфером усилителя, являющимся частью А3. Это соединение удаляет все входные масштабирования, настройки и общую обратную связь. Данная конфигурация делает работу усилителя стабильной с коротко замкнутой нагрузкой, что значительно сокращает потери мощности во время заводских испытаний.

Когда система активирует градиентные катушки, конфигурация обеспечивает общую обратную связь по току от положительного электрического шунта. В нормальных условиях встроенный конденсатор С3 обеспечивает неограниченную токовую нагрузку с высокой точностью. Эта интеграция каскадно усиливается с включением в каждую петлю обратной связи по напряжению вокруг А5 и А6, что также далее уве-

личивает точность. Неиспользуемый 20 кГц-овый низкочастотный фильтр находится в резерве для очень высоких нагрузочных режимов.

Шунтирующие сопротивления RS1 и RS2, последовательно соединенные с соответственно положительными и отрицательными выходными терминалами, обеспечивают эффективное выходное сопротивление. Они также распознают токовые перегрузки, сбрасывая их на защитные контуры. В МРТ-последовательностях положительный шунт обеспечивает системе обратную связь по току для его надежного контроля.

Положительный шунт для тока и его высокоэффективный выбраковывающий усилитель общего назначения А7 имеют в силу вышесказанного самое высокое качество из возможного и более стабильны, чем отрицательный шунт и его усилитель А12.

3. Индикаторы состояния

POWER	Зеленый цвет светодиода показывает наличие высокого напряжения, достаточного для запуска низковольтного конвертера.
NORMAL / FAULT	Красный / зеленый цвет индикатора показывает, что канал усилителя может работать, если включен.
DC FLT	Красный цвет светодиода указывает на временное отключение из-за превышения допустимых уровней одного или нескольких значений напряжений постоянного тока.
HOT	Красный цвет светодиода: продолжительное отключение из-за перегрева любого из 4-х силовых модулей или закрытия одного из выходов.
OVER- CURRENT	Красный цвет светодиода: продолжительное отключение из-за слишком большого тока на выходе в течение продолжительного времени.
CHANNEL ON	Красный цвет светодиода: канал усилителя включен и работает.
MOD FLT1	Красный цвет светодиода: продолжительное отключение из-за сбоя в силовом модуле №1.
INHIBIT SWITCH	Внешний пуск заблокирован имеющим приоритет запрещающим выключателем.

RESET SWITCH Перезагрузка.

Г.4-2 Градиентная катушка

1. Назначение

Оборудование градиентной системы предназначено для работы с телом пациента и не имеет иных применений.

Градиентная катушка состоит из верхних и нижних пластин, которые соединены в 3 независимые градиентные катушки. Когда градиентный усилитель подает напряжение на катушки, они генерируют градиентное поле (возмущение) по X, Y и Z осям в зоне получения изображений, работая как срез определяющий градиент, частотно-кодирующий градиент и фазово-кодирующий градиент.

2. Строение и функционирование

Кольца подавления концевых завихрений Фуко (Эдди) по осям X, Y и Z встроены в конструкцию катушек и закреплены эпоксидной смолой, разделены на 2 группы и фиксированы в магните параллельно.

- Максимальная градиентная индукция (в зависимости от модели) до 25 мТ/м;
- Степень нелинейности: < 3% на сфере диаметром 300 мм.

Г.5 Передающая и приемные системы

Г.5-1 Передающая катушка

Радиочастотные импульсы приходят на передающую катушку после усиления радиочастотным усилителем, которыми она стимулирует протоны (заставляя их поглощать энергию) молекул воды тела пациента на некоторых определенных стадиях получения изображений после пространственного кодирования, генерируя тем самым магнитный резонанс.

Передающая катушка имеет плоскую структуру.



Внимание! Приемные катушки постоянно и непосредственно контактируют с пациентами, в связи с чем требуется их регулярная обработка (полоскание или протирание) дезинфицирующими растворами, содержащими 75%-ный спирт. Вода или водорастворимые очистители не подходят для этой очистки!

Приемные катушки получают слабые сигналы от пациента и затем посылают их в предусилитель.

Приемные катушки располагаются в изоцентре основного магнитного и радиочастотного полей МРТ-системы, при этом направление поляризации каждой приемной катушки вертикально по отношению к таковому у передающей радиочастотной катушки. На столе пациента каждая приемная катушка имеет свою собственную позицию для наложения на предназначенную анатомическую зону тела пациента. Эта позиция обеспечивает нахождение каждой из приемной катушек в изоцентре магнита во время обследования и ее направление поляризации ортогонально (перпендикулярно) направлению поляризации радиочастотной передающей катушки.

Система автоматически распознает и настраивает каждую из приемных катушек. Тип поставляемых приемных катушек - фазированные многоканальные.

Предлагаемые приемные катушки пациента приведены ниже:

- Фазированная (PA) многоканальная катушка для головы (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Head);
- Фазированная (PA) многоканальная катушка для шеи (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Neck);
- Фазированная (PA) многоканальная катушка для колена (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Knee);
- Фазированная (PA) многоканальная катушка для туловища, большая (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Body, Large);
- Фазированная (PA) многоканальная катушка для туловища, малая (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Body, Small);
- Фазированная (PA) многоканальная катушка для туловища, средняя (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Body, Medium);
- Фазированная (PA) многоканальная катушка для плеча (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Shoulder);
- Фазированная (PA) многоканальная катушка для кисти (Phase Array (PA) multi-channel Coil/Wrist);
- Фазированная (PA) многоканальная катушка для височно-нижнечелюстного сустава (Phase Array (PA) multi-channel Coil/TMJ);

- Фазированная (РА) многоканальная катушка для молочной железы (Phase Array (РА) multi-channel Coil/Breast);
- Фазированная (РА) многоканальная катушка для головы и шеи (Phase Array (РА) multi-channel Coil/Head&Neck);
- Фазированная (РА) многоканальная катушка для суставов, большая (Phase Array (РА) multi-channel Coil/Joints, Large);
- Фазированная (РА) многоканальная катушка для суставов, малая (Phase Array (РА) multi-channel Coil/Joints, Small);
- Фазированная (РА) многоканальная катушка для спины (Phase Array (РА) multi-channel Coil/Spine).

Г.5-3 Устройство предварительной обработки данных

Это устройство получает выходные РЧ-сигналы от радиочастотного усилителя, посылает их на передающую катушку, предварительно усиливает и фильтрует выходные МР-сигналы от приемной катушки, пересылая их для обработки на оцифровывание в спектрометре.

Г.5-4 Устройство контроля физиологических параметров пациента

Состоит из внешних датчиков, накладываемых на пациента (дыхания, пульса), соединенных проводами с платами управления и центральным процессором. Устройство необходимо для выполнения исследований с гейтированием (ограничением) сигналов по дыханию и пульсу. Датчик дыхания манжетообразный, накладывается в том числе, на нижнюю одежду пациента (т.е. не имеет прямого контакта с кожей), пульсовой датчик выполнен в виде напалечного, из полиуретана, также неинвазивен по отношению к пациенту.

Г.6 Система контроля постоянства температуры Магнита (Устройство контроля температуры магнита)

Г.6-1 Принципиальное устройство

Система состоит из температурного контроллера, охлаждающего и нагревающего блоков.

Температурный контроллер является детекторным объектом, располагающимся главным образом в верхней и нижней опоре магнита.

Комнатная температура (нормальная температура для работы магнита МР-системы) должна контролироваться 2-мя воздушными кондиционерами [Устройствами воздушного охлаждения], управление которыми описано в отдельном руководстве. Когда температура в комнате сканирования (рабочей зоне МРТ-системы) становится ниже уста-

повышенного значения, режим охлаждения кондиционера переключается на режим нагрева, и наоборот, при превышении заданного верхнего температурного порога, режим нагрева переключается на режим охлаждения. Температура воздуха в комнате сканирования должна держаться на уровне $+22^{\circ}\text{C}$, и, поскольку она ниже, чем температура самого магнита, комната сканирования должна работать в качестве охлаждающего агента.

Нагревающий блок имеет термопровод в качестве нагревательного элемента, который включается и выключается актуатором (SSR) для регулирования температуры магнита.

Охлаждающий компонент должен быть постоянно включен для системы контроля постоянства температуры магнита, поскольку комнатная температура является константой в определенном диапазоне. В течение всего времени, пока температурный датчик определяет температуру магнита ниже установленного значения, система будет управлять реле выключателя и осуществлять контроль температуры.

Кондиционер должен быть всегда включен при восстановлении работоспособности МРТ-системы после сбоя, когда требуется подтверждение правильности операционных настроек.

Параметры работы воздушных кондиционеров:

	Кондиционер №1	Кондиционер №2
Режим работы	охлаждение	нагрев
Установленная температура	$+22^{\circ}\text{C}$	$+22^{\circ}\text{C}$
Скорость вентилятора	максимальная	максимальная

Г.6-2 Параметры температуры магнита

Устанавливаемая температура для верхнего и нижнего полюсов магнита (обычно) — $+28^{\circ}\text{C}$. Точность измерения: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Г.7 Консоль

Консоль обычно располагается перед окном обозрения комнаты сканирования. Она состоит из следующих компонентов: ЖК-монитор, клавиатура, мышь и устройство двусторонней громкой связи с пациентом.

Г.7-1 Монитор, клавиатура и мышь

Поставляемый монитор имеет высокое разрешение и является основным элементом визуализации и контроля спектрометра для задания и передачи последовательностей импульсов, подачи градиентного возмущения магнитного поля, реконструкции и выдачи изображений, контроля параметров сканирования и мониторинга пациента (через встроенную камеру) во время сканирования, и т.д.



Внимание! Во избежание повреждения монитора, клавиатуры и мыши рекомендуется:

- не придвигать монитор вплотную к стенам, перегородкам и т.д., нарушая тем самым нормальную циркуляцию воздуха вокруг него;
 - не пользоваться острыми предметами, могущими повредить его поверхность;
 - не ставить емкости с жидкостями (напр., чашки с чаем/кофе, стаканы с водой) на него;
 - не включать поврежденный монитор;
- не проливать жидкости на клавиатуру и мышь.**

Г.7-2

Устройство двусторонней громкой связи с пациентом

1. Компоненты

В компоненты устройства двусторонней связи входят:

- комната звукового контроля;
- видео CD/DVD-проигрыватель;
- микрофон.

2. Функционирование

Устройство двусторонней связи предназначено для:

- общения пациента и оператора во время проведения исследования;
- мониторинга процесса обследования;
- регулирования громкости;
- проигрывания фонового музыкального сопровождения.

Г.8

Стол пациента

Г.8-1

Стол пациента

Стол пациента сделан из армированного стекловолоконного пластика. Его основная функция - держать пациента в горизонтальном положении, а также локализовывать и

фиксировать приемные катушки, закрепляемые на различных анатомических областях тела пациента. Его максимальная грузоподъемность - 200 кг. У него имеются устройство для локализации и замки для катушек.

Г.8-2 Система лазерного позиционирования

На передней панели кожуха магнита должна быть размещена табличка с предупреждением о наличии лазера:

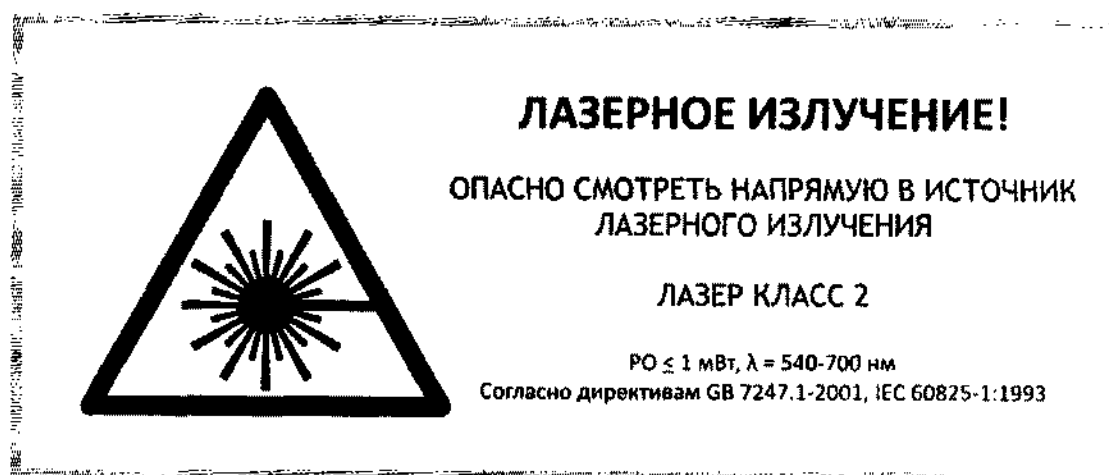


Рис. Г-7. Табличка предупреждения о лазерном излучении.

Для достижения оптимального эффекта, исследуемая анатомическая зона пациента должна быть размещена в изоцентре магнита. Для этого требуется соблюдение следующих условий:

- использовать метку лазерной локализации для обозначения исследуемой области;
- помещать исследуемую анатомическую область (зону) в изоцентр магнита.

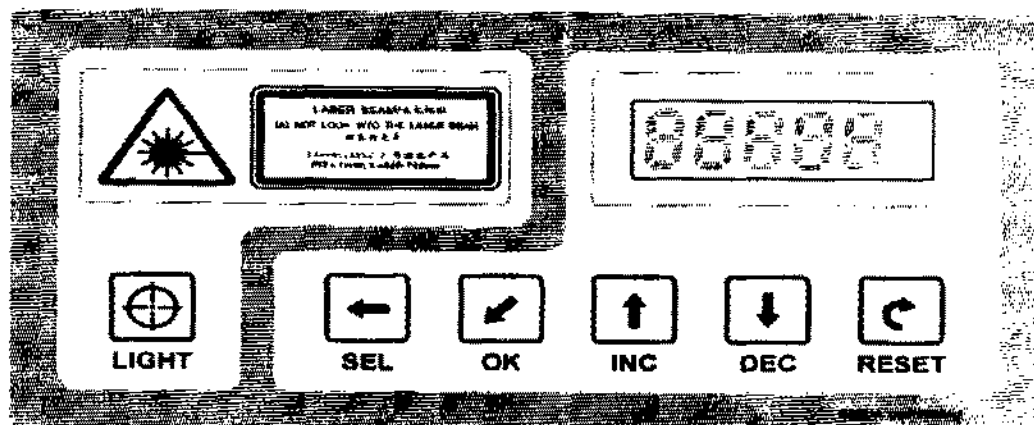


Внимание! Лазерное излучение опасно при прямом попадании в сетчатку глаза.

- проинформировать пациента, что лазерное излучение опасно для прямого попадания в открытые глаза и может повредить зрение, поэтому во время позиционирования катушки в изоцентре магнита глаза пациента должны быть закрытыми;

- проверить каждого нового пациента на предмет закрытия глаз при позиционировании;
- система лазерного позиционирования может применяться только в соответствии с предписанными правилами.

Пример экрана панели лазерного позиционирования:



LIGHT	Лазерная локализация включена/выключена.
SEL	Переключатель сохранения данных среди нижних позиций P1, P2, P3, P4.
OK	Когда отображается значок P*, нажмите эту кнопку для сохранения текущих данных.
INC	Увеличить смещение.
DEC	Уменьшить смещение; удерживать нажатой эту кнопку в течение 5 сек для сброса отображаемых данных.
RESET	Сброс.

Г.8-3 Матрац пациента

Его основное предназначение – улучшение комфортности для пациента.

Г.9 Клетка Фарадея (РЧ-кабина)

Г.9-1 Комната сканирования

РЧ-кабина, клетка Фарадея, или комната сканирования, включает собственно саму зону обследований с магнитом и систему контроля температуры. Назначение комнаты сканирования состоит в защите (экранировании) МРТ-системы от внешних радиочастотных помех. Система контроля температуры следит за ее стабильностью в зоне магнита, что таким образом обеспечивает постоянство силы магнитного поля. Для исключения влияния внешних помех на качество получаемых изображений требуется поддержание постоянства заданных значений температуры и влажности в комнате сканирования.

Технические параметры:

- Независимое сопротивление относительно земли ≤ 1 Ом;
- Эффективность защиты электромагнитного поля при 1-100 МГц составляет ≥ 80 дБ.

Г.9-2 Воздушные кондиционеры

Воздушные кондиционеры обеспечивают постоянство заданных параметров температуры и влажности в комнате сканирования для создания оптимального режима функционирования МРТ-системы.

Г.9-3 Панель передачи сигналов

Панель передачи сигналов [Устройство распределения питания] управляет всем электропитанием системы и состоянием входных и выходных сигнальных кабелей для комнаты сканирования с целью эффективного удаления РЧ-помех.

Г.9-4 Освещение комнаты сканирования



Внимание! Испорченные лампы освещения комнаты сканирования могут влиять на качество получаемых изображений! Рекомендуется регулярно заменять их при выходе из строя.

Для комнаты сканирования в цепи электропитания высокие частоты более 80 дБ должны отсекаться. Рекомендуется использование исправных ламп для ее освещения.

Глава Д Программное обеспечение

В этой главе:

- ❖ Краткое введение
- ❖ Блок-схема программного обеспечения
- ❖ Файловая структура программного обеспечения
- ❖ Установка программного обеспечения

Д.1 Краткое введение

Программное обеспечение BASDA используется на системах МРТ серии ВТ1 для:

- ввода информации о пациенте;
- установки параметров импульсных последовательностей;
- сканирования изображений;
- основной калибровки параметров магнита;
- коррекции и обработки (пост-процессинга) изображений;
- печати снимков.

Для этих целей существуют следующие программные опции:

- ✓ Расширенное программное обеспечение для МР-последовательностей в наборе (Advanced Imaging Sequence Package);
- ✓ Расширенное программное обеспечение для клинических применений в наборе (Advanced Clinical Package);
- ✓ Расширенное программное обеспечение для шиммирования и частотных настроек в наборе (Advanced Shim and Frequency Adjustment Package);
- ✓ Расширенное программное обеспечение для реконструкции изображений в наборе (Advanced Image Reconstruction Package);
- ✓ Расширенное программное обеспечение для обработки и анализа изображений в наборе (Advanced Image Processing and Analysis Package);
- ✓ Интерфейс DICOM (DICOM Interface);
- ✓ Программное обеспечение для передачи изображений на печать в стандарте DICOM (Laser Camera Printing Software Package, DICOM based);
- ✓ Программное обеспечение на основе стандарта DICOM для интеграции томографа во внутреннюю компьютерную сеть медицинского учреждения в радиологической информационной системе (RIS) и для передачи и архивации медицинских изображений (PACS);
- ✓ Программное обеспечение, специализированное, русифицированное для обработки медицинских изображений [дополнительная рабочая станция]: передачи, хранения, распределения, анализа с обесчтом и документирования данных пациента и изображений;

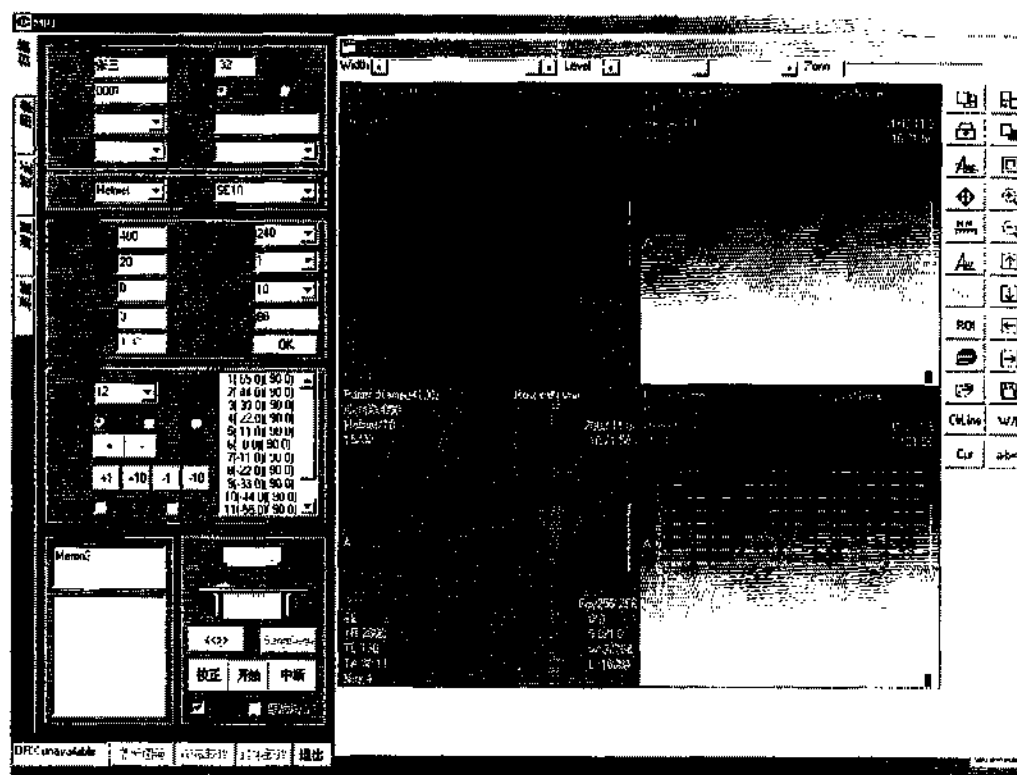
- ✓ Программное обеспечение для удаленного сервиса;

Окно главной программы разделено на две секции: "Меню" и "Изображения". Секция "Меню" состоит из нескольких подменю, таких как "Сканирование", "Изображение", "Поиск", "Система" и др. Секция "Изображения" состоит из колонки фактического статуса, указателей-ключей, таких как "Команда", "Отобразить изображение", "Поиск изображения", "Вывести на печать" и "Выход".

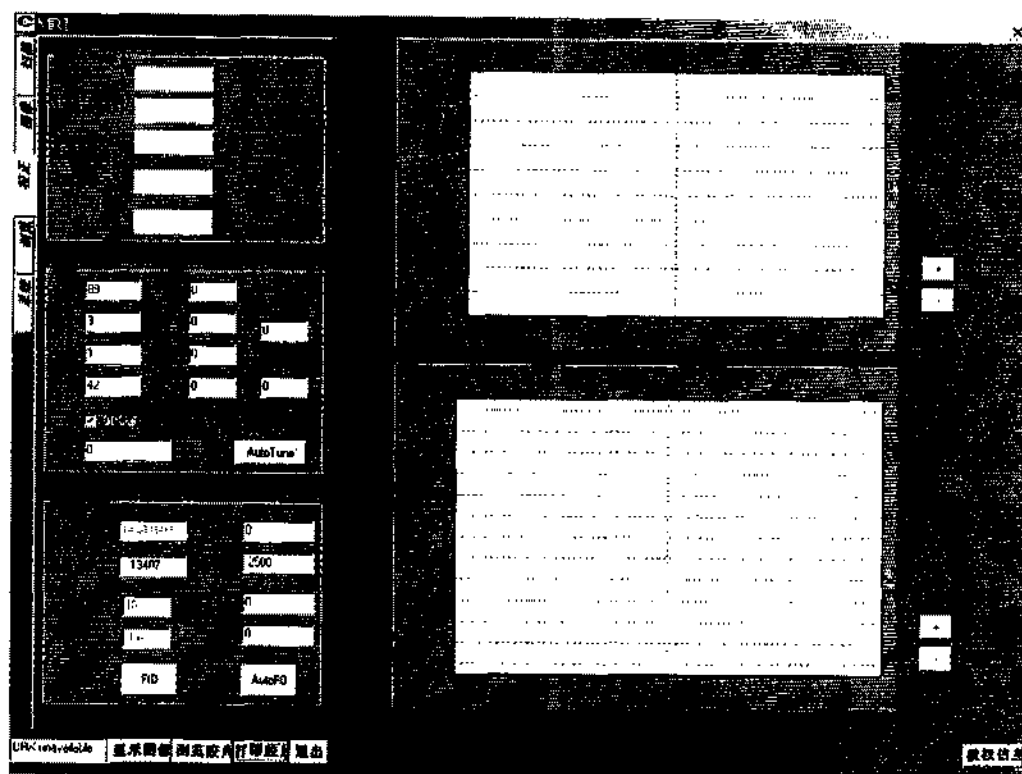
Минимальные системные требования:

- Процессор Pentium IV или аналогичный с тактовой частотой 1,0 ГГц и выше;
- 256 Мб оперативной памяти;
- Жесткий диск 20 Гб, разделенный на два логических диска C и D, на диск C устанавливается операционная система, диск D используется для хранения данных;
- Монитор от 17" с разрешением 1024x768 пикселей;
- Плата для подключения к локальной сети Ethernet 100M с поддержкой двух сетей;
- Операционная система Windows 2000 / NT / XP.

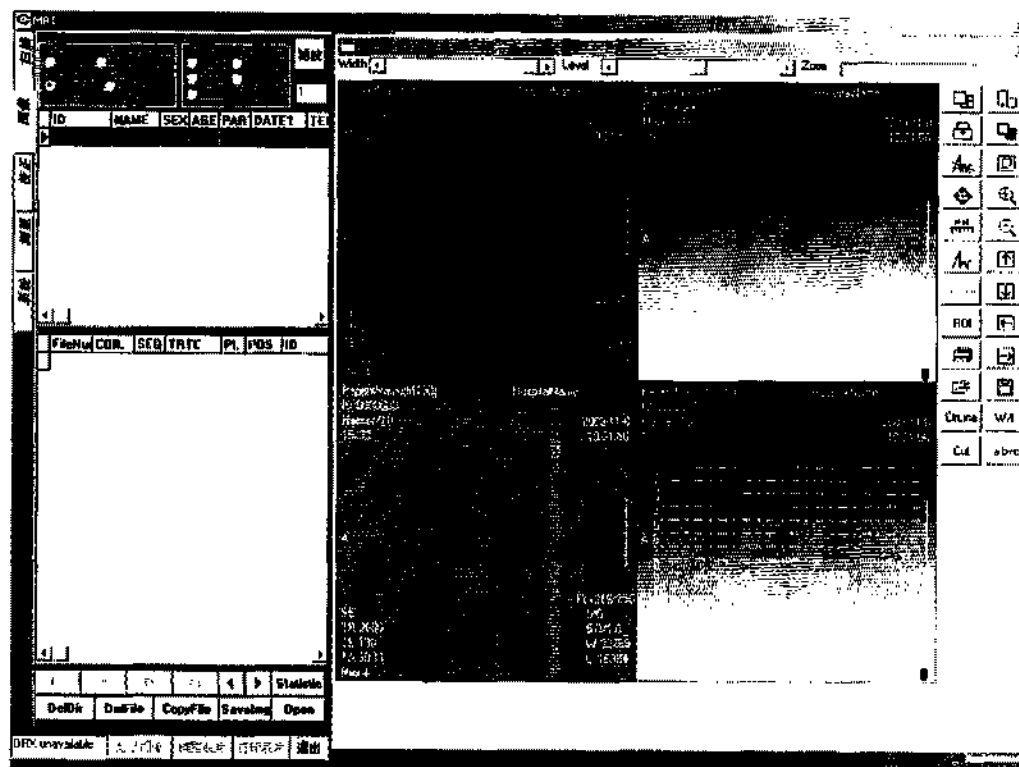
Основной интерфейс программы в режиме "Сканирование":



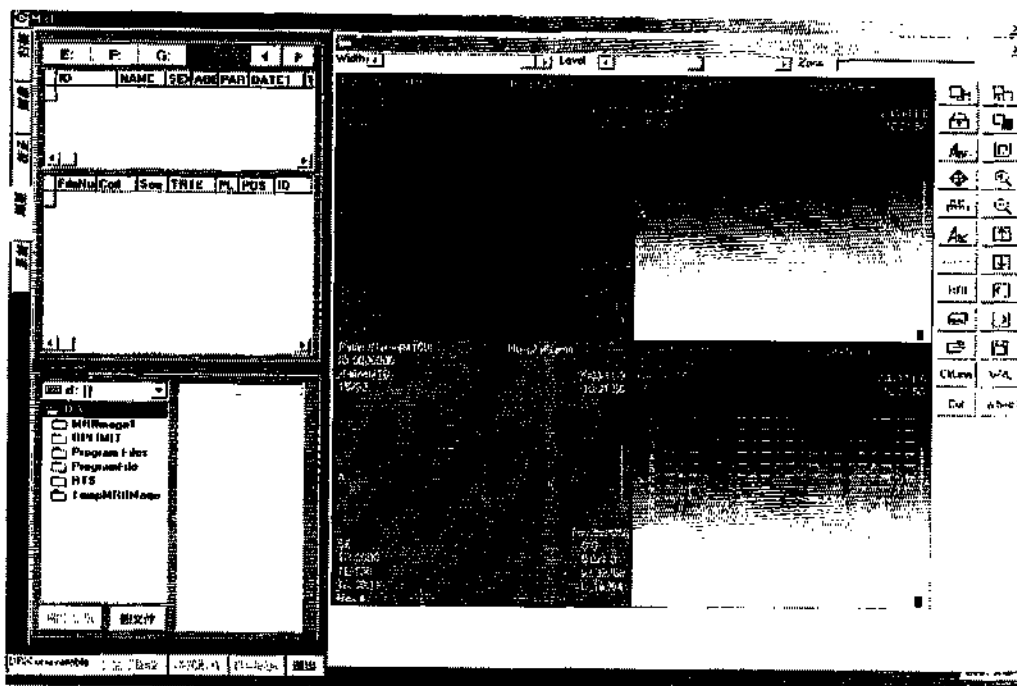
Основной интерфейс программы в режиме "Калибровка":



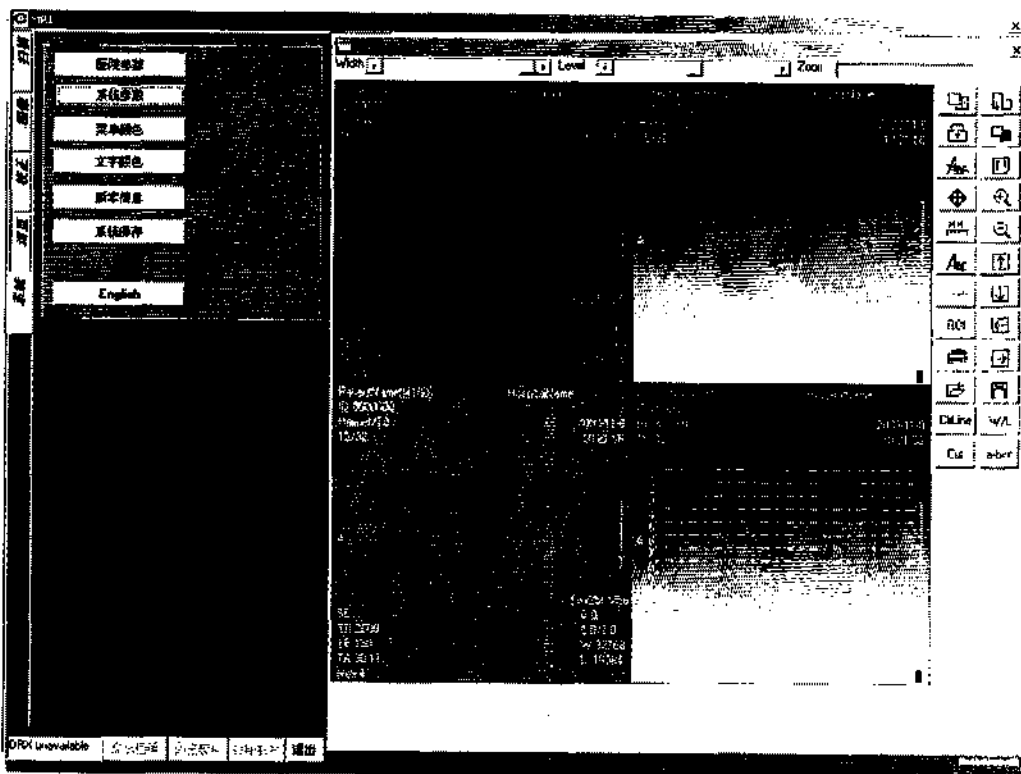
Основной интерфейс программы в режиме "Просмотр":



Основной интерфейс программы в режиме “Загрузка с диска”:

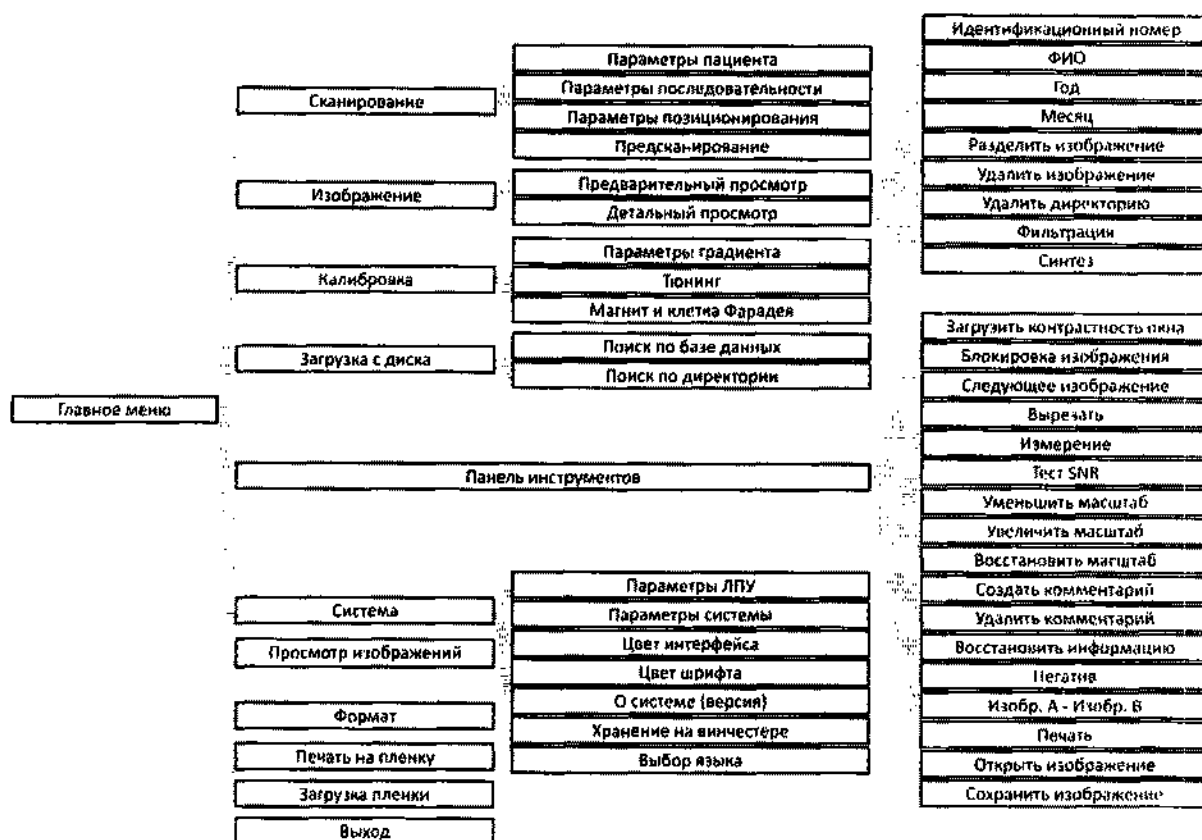


Основной интерфейс программы в режиме “Система”:



Д.2

Блок-схема программного обеспечения



Д.3

Файловая структура программного обеспечения

C:\MRISYSTEM\

BASDA.MR1.exe

ViewImagePrj.dll

BasdaMRIFile2.DAT

DCMDRV.dll

принтера

Driver\

seq\

TestSeq\

стей

726.dll

Корневой системный каталог

Исполняемый файл главной программы

Динамическая библиотека вывода изображений

Файл данных главной программы

Динамическая библиотека лазерного

Установочное ПО драйвера

Директория файлов сканирующих

последовательностей. Наладочная RI-

импульсная последовательность должна

быть

сохранена в этой директории, напр.,

BFID.exe,

MMSE2.exe

Директория тестовых последовательностей

Драйвер платы настройки D/A

GVMR1.dll	Библиотека обработки изображений
instdrv.exe	Установочный файл программы обработки изображений
filter\	Файл параметров программы обработки изображений
MFC40.dll, MFC40d.dll, MFC42.dll, MFC42d.dll, MSVCR40D.dll, MSVCRT.dll, MSVCRTD.dll	DLL-библиотеки Microsoft
Backup.exe	Программа резервного копирования на CD
MRI Help\	Файлы справки
C:\DCM-PRINT-DRV\dcmsvr\dcmsvr.exe	Сервисное ПО лазерного принтера
MFC42D.dll, MFCN42D.dll, MFC042D.dll, MSVCRT.dll, MSVCRTD.dll	Библиотеки сервисного ПО лазерного принтера
C:\Filmlayout.list	Файл описания формата лазерного принтера
C:\SoftDogInstdrv.exe	Установочный файл программы деблокировки системы
C:\SoftDogSetup.dll	Библиотека программы-деблокировки системы
C:\Program Files\Resonanse\RINMR\CARI0101\	Системные файлы спектрометра
D:\MRIImage1\	Системные файлы спектрометра
	Директория для сканированных изображений по умолчанию. Все новые сканированные изображения сохраняются в файловую структуру по типу \“год”\“месяц”\“имя+ID”. Расширение всех файлов .BTI
ImageMainIndexFile	База данных по директориям 1
ImageMainIndexFileBak	База данных по директориям 2

Д.4 Установка программного обеспечения

Для полноценной работы системы МРТ требуется поэтапная установка:

- драйвера карты D/A;
- программы **RINMR** версии 4.5 и выше, осуществляющей взаимодействие со спектрометром;
- главного ПО системы МРТ BASDA версии 1.0 и выше;
- программы улучшения изображений;

- программу печати **DICOM**;
- поддержки связи с системой **PACS**;



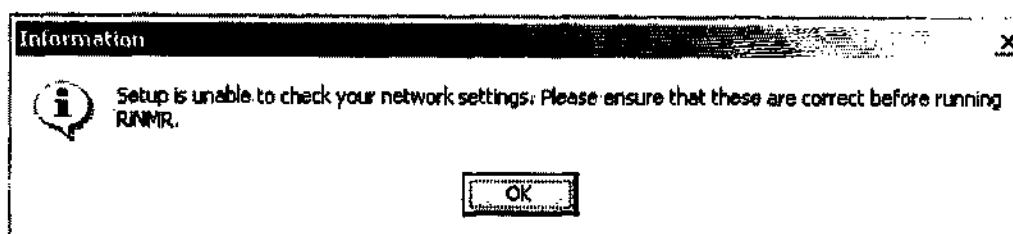
Внимание! Используйте установочный диск, предоставленный компанией **BASDA**. Не устанавливайте ПО из других источников. Не меняйте порядок установки.

Д.4-1 Установка драйвера карты D/A

Вставьте установочный диск в CD-дисковод. Установите драйвер, следуя инструкциям на экране.

*Д.4-2 Установка **RINMR** версии 4.5 или выше. Настройка подключения к сети*

Если сеть настроена неправильно, следующее сообщение возникнет при запуске **RINMR**:

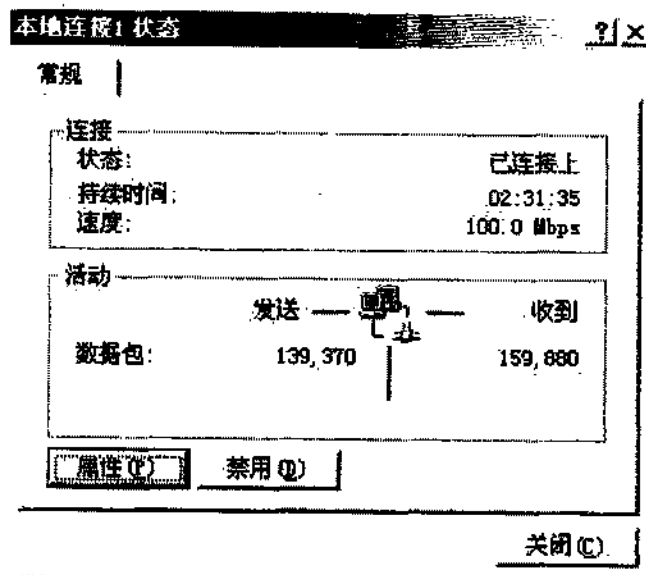


Ниже пример для Windows 2000:

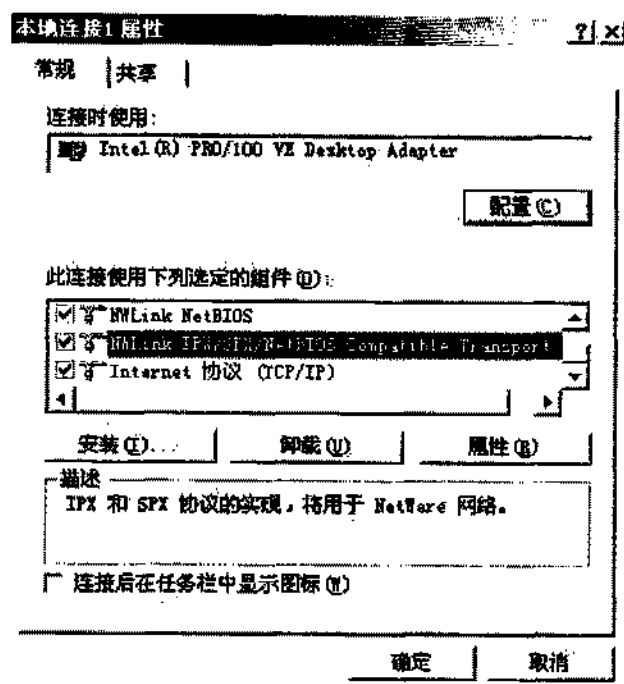
1. Нажмите правой кнопкой мыши на иконку сети (два черных монитора).



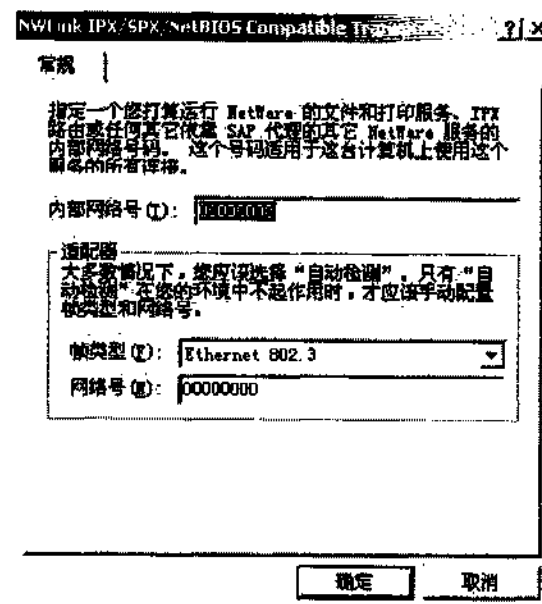
Откройте диалог "Статус подключения", как показано ниже:



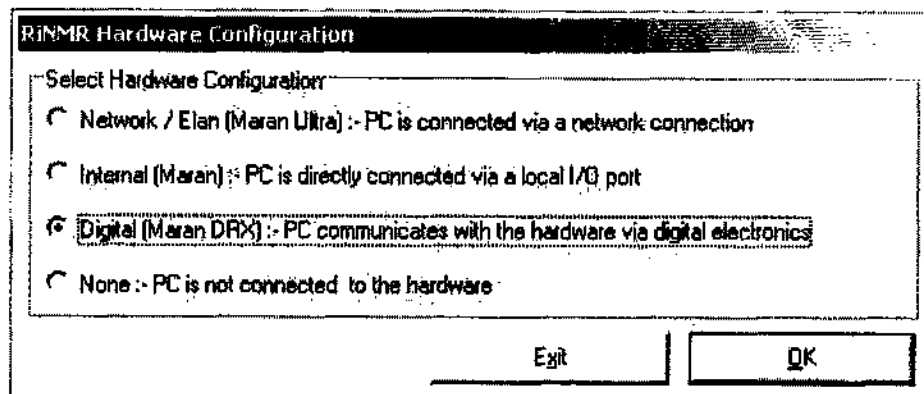
2. Нажмите на кнопку "Свойства":



3. Выберите из списка NWLink IPX/SPX/NetBIOS Compatible Transport Protocol и нажмите на кнопку "Свойства". Если этот протокол отсутствует в списке, создайте новый протокол со следующими параметрами:



4. Выберите Ethernet 802.3.
5. Нажмите клавишу подтверждения "Готово", перезагрузите компьютер.
6. Установите программу RINMR, следуя подсказкам на экране.
7. Запустив программу в первый раз, выберите третий пункт, как показано на рисунке:



Д.4-3 Установка главного ПО системы MPT BASDA

Скопируйте и установите главное ПО системы MPT BASDA, разместив файлы согласно описанной файловой структуре (см. Д.3).

Д.4-4 Установка программы улучшения изображений

Скопируйте и установите программу улучшения изображений, разместив файлы согласно описанной файловой структуре (см. Д.3).

В основном интерфейсе главного ПО системы MPT BASDA нажмите на **DicomPrintSet** , при этом откроется диалоговое окно:

Установите параметры принтера **DICOM** и нажмите "OK".

1. Скопируйте файл



в папку C:\Windows\system32.

2. Выберите меню "Пуск" , нажмите на "Запустить..." ("Run..."), введите cmd и нажмите Enter. Введите в командной строке

C:\regsvr32.exe dicomcm.ocx

и нажмите Enter.

3. Запустите главное ПО системы MPT BASDA. Нажмите на вкладку "Система" и введите в соответствующие поля пароль учреждения и инженерный пароль, вернитесь в основное окно программы.

4. Нажмите на **DicomCanSet** , при этом откроется диалоговое окно:

The image shows a window titled "DicomConnectInformation". Inside the window, there are four text input fields arranged vertically: "IP_address", "Port(8bit)", "Object AE Title(16)", and "Local AETitle(8)". To the right of these fields, there are two buttons: "OK" and "Cancel".

5. Введите в поле IP_address 16-битный IP-адрес компьютера системы PACS.

6. Введите в поле Port(8bit) 8-битный порт компьютера системы PACS.

7. Введите в поле Object AE Title(16) название компьютера системы PACS.

8. Введите в поле Local AETitle(8) название локального терминала.

После этого нажмите OK.

9. Нажмите на кнопку на вкладке основного окна главного ПО системы MPT BASDA. Нажмите на **CheckDi**, чтобы проверить наличие связи с PACS. Если "OK", то связь налажена. Если нет, **DicomTrans** завершит работу. Следующие факторы необходимо проверить:

- сетевой провод подключен к плате **Ethernet**;
- IP адрес, порт и название компьютера PACS верны;
- PACS работает;
- PACS-сервер имеет правильно настроенный firewall;
- PACS поддерживает добавление новых узлов в систему (некоторые системы позволяют подключать устройства только после ввода платного кода дешифровки).

В этой главе:

- ❖ План размещения системы МРТ
- ❖ Установка системы МРТ
- ❖ Пуско-наладка

Е.1

План размещения системы МРТ

Типичное размещение системы показано на рисунке Е-1. Особенности размещения зависят от каждого конкретного случая. В помещении в соответствии с планом размещаются сам магнит (гентри), стол пациента, катушки, система лазерного позиционирования и т.п. В технической комнате и операторской находятся усилитель градиента, спектрометр, консоль, камера и т.п.

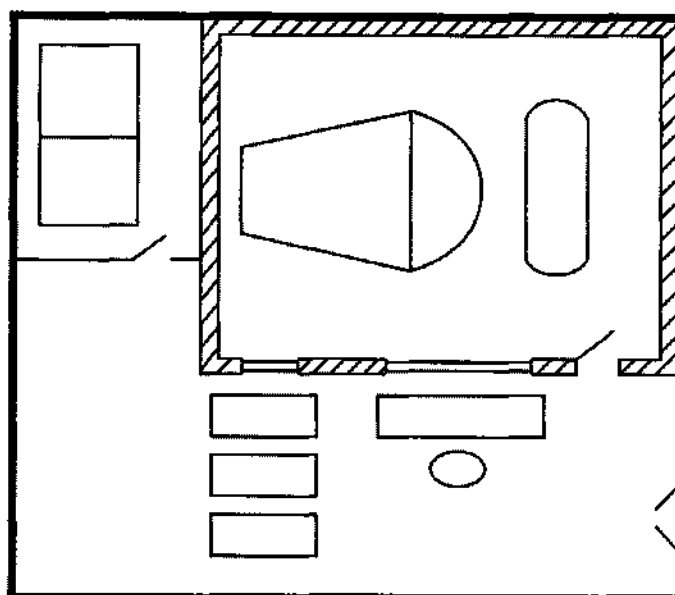


Рис. Е-1. План типичного размещения системы МРТ.



Внимание! В комнате сканирования постоянно существует магнитное поле высокой интенсивности. Не передвигайте инвентарь после того, как он установлен. Не вносите в комнату сторонние предметы и приборы.

Е.2

Установка системы МРТ



Внимание! Необходимо убедиться в том, что опорные конструкции комнаты сканирования рассчитаны на предполагаемые фактические нагрузки. Необходимо проведение соответствующей полной экспертизы специализированной проектной (строительной) организацией, имеющей соответствующую лицензию.

Экраны (пластины) клетки Фарадея сделаны из меди или нержавеющей стали. Они укладываются в стены, потолок и пол комнаты сканирования. Все четыре стены, пол и потолок должны быть полностью выложены этими экранами. Те экраны, которые расположены в полу, должны быть защищены от влаги, покрыты антисептиком и изолированы. Все электромагнитные и сигнальные провода должны проходить через специальную панель фильтров, чтобы эффективно предотвращать интерференцию РЧ-помех.

Клетка Фарадея заземляется в одной точке. Сопротивление Земли должно быть не более 1 Ом.

Комната сканирования имеет внутреннюю отделку деревянным полом. Лампы накаливания (освещения) размещаются внутри помещения на потолке и стенах.

Для клетки Фарадея необходимы два кондиционера: один - для охлаждения, второй - для нагрева воздуха. Энергообеспечение должно быть достаточным для их нормального функционирования, согласно требуемым параметрам. Кондиционеры должны работать в паре круглосуточно, обеспечивая постоянный температурный режим $22 \pm 4^\circ\text{C}$ и влажность в пределах 30-70%.

Вокруг комнаты сканирования должны проходить дренажные каналы.



Внимание! Высокое магнитное поле может негативно влиять на окружающие предметы. Чтобы предотвратить повреждения оборудования и примагничивание металлических предметов, следует поручать установку магнита профессиональным инженерам компании BASDA. Пожалуйста, внимательно ознакомьтесь с соответствующими инструкциями по технике безопасности.



Внимание! Масса только магнита составляет (в зависимости от модели) от 12000 до 27500 кг. Пожалуйста, удостоверьтесь в том, что подъемные механизмы рассчитаны на такой вес. Основание комнаты сканирования должно быть укреплено заранее!

Для погрузки-разгрузки магнита может быть привлечена сторонняя специализированная компания по обработке крупногабаритных и тяжелых грузов. Магнит должен быть установлен на предназначенное ему место согласно плану размещения системы МРТ. Во время транспортировки и установки следует избегать толчков и чрезмерной вибрации. Особое внимание обращаем на недопустимость наклонов во время подъема.

Во время транспортировки и установки вокруг магнита не должно быть никаких ферромагнитных (металлических) предметов в радиусе 2,5 метров, иначе они могут быть сдвинуты с места и подняты в воздух постоянным магнитным полем, и с большой силой примагничены к корпусу гентри, нанеся при этом повреждения, в т.ч. угрожающие жизни, окружающим предметам и/или людям. Персонал, участвующий в погрузочно-разгрузочных работах, не должен подходить к магниту ближе, чем на 2,5 метра, имея при себе мобильные телефоны, магнитные карты, при наличии вживленных/носимых электронных водителей ритма сердца. В противном случае это может привести к выходу из строя этих предметов и к ситуациям, угрожающим здоровью и даже жизни.

Е.2-3

Установка градиентных катушек

Верхняя и нижняя градиентные катушки должны быть закреплены в соответствующих слотах на верхнем и нижнем полюсах магнита. Сами катушки (панели) довольно тяжелые, что надо иметь в виду при установке, чтобы не повредить полюса магнита и слоты для их размещения.

Е.2-4

Установка передающих катушек

Передающая катушка состоит из 2-х плоских катушек (частей). На каждой из плоских частей имеется разъем для подключения панели настройки. Обе плоские части передающей катушки фиксируются отвертками на верхней и нижней градиентных панелях так, чтобы разъемы для подключения панели настройки располагались с одной и той же стороны.

Примечание: Разъемы для подключения панели настройки обеих катушек должны находиться с одной стороны. Помимо этого, соединение разъема и центра градиентной панели должно быть параллельно направлению движения стола пациента (параллельно оси тела пациента).

Затем подключаются два дополнительных кабеля: передающий и управляющий (обычно припаиваются к панели настройки передачи). Каждый из них предназначен для одной плоской передаточной катушки. Следует припаять передаточный кабель к панели настройки и закрепить это место соединения нейлоновой (полиамидной) проволокой. Далее нужно промаркировать соответствующим образом передающий и управляющий кабели.

Передающий и управляющий кабели подсоединяются к разъемам устройства предварительной обработки данных. Передающий кабель от верхней плоской передающей катушки подсоединяется к **UPPER PWR** порту устройства, управляющий кабель - к **UPPER DRV** порту. Аналогично такие же кабели от нижней плоской передающей катушки подсоединяются к **LOWER PWR** и **LOWER DRV** портам устройства соответственно.

Е.2-5

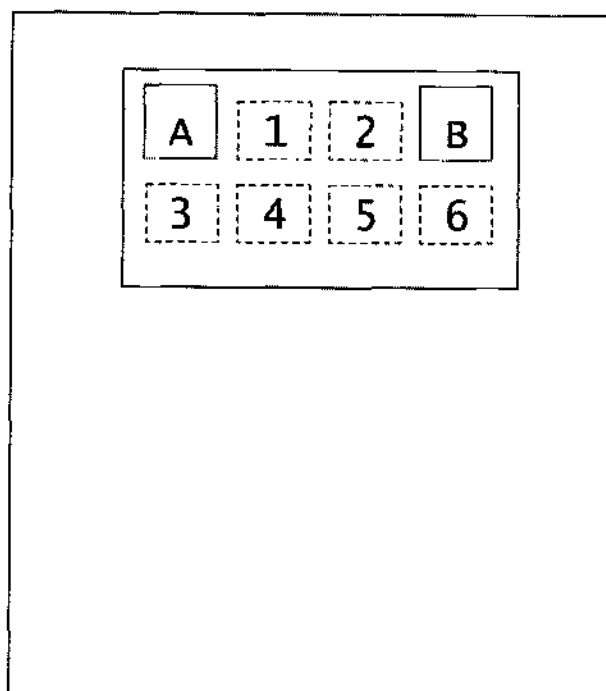
Установка спектрометра и усилителя градиента

Шкаф спектрометра и градиентный усилитель устанавливаются в технической комнате оборудования.

Е.2-6

Установка системы контроля постоянства температуры

Система контроля постоянства температуры магнита подключается согласно прилагаемой схеме:



А и В – позиции температурных датчиков;

1 и 2 – фильтры сигналов;

3-6 – фильтры нагрева.

Е.2-7 Установка консоли оператора

Консоль состоит из стола оператора, консольного компьютера, жидкокристаллического монитора, клавиатуры, мыши, двухстороннего устройства связи “оператор-пациент”, принтера и т.д.

Консольный компьютер – Главная рабочая станция оператора - закрепляется на шкафу спектрометра. Он снабжен Устройством записи изображений (CD/DVD-RW)

Монитор, клавиатура и мышь располагаются на столе оператора. Они соединены с консольным компьютером соответствующими проводами.

Устройство двухсторонней связи устанавливается на стол оператора. Его основные пользовательские части включают VCD/DVD-привод, динамики, микрофон.

Стол оператора располагается напротив окна наблюдения в комнату сканирования. Оператор может таким образом контролировать положение пациента в магните.

Принтер должен быть подсоединен к компьютеру-хосту. Выходной формат данных - **DICOM**. Рекомендуется использовать лазерные камеры сухой печати моделей **KODAK 8150**, **KONICA 771**, **FUJI DRYPIX7000**, либо **AGFA 5300**, **SONY UP-DF500** термопринтеры. Прежде чем подключать иной принтер к выходу **DICOM**, получите подтверждение о совместимости этого принтера от специалистов компании **BASDA**. Необходимо детально изучить соответствующую информацию о принтерах и их способах подключения.



Внимание! Имеющиеся входы и выходы системы могут быть соединены только с указанным соответствующим оборудованием. Прежде чем подключать какое-либо другое устройство, ознакомьтесь с условиями директивы IEC601-1-1.

Е.2-8 Обеспечение энергоснабжения

Система МРТ снабжается пятижильным проводом от трехфазного источника энергии переменного тока с напряжением 380 В и частотой 50 Гц. Пользователи должны позаботиться об установке распределительного щита в комнате оборудования в требуемом месте. На входе распределительного щита должен быть установлен распределитель максимального тока на 30 А. Технический персонал должен выяснить соответствие электрических схем допустимым нагрузкам и затем подать питание на **3-х фазный изолирующий трансформатор**, состоящий из собственно трансформатора на 5 кВА, 3-х фазного регулятора напряжения в наборе и блока контроля температуры с термометром, температурным датчиком, фильтрами и кабелями. Для подключения каждой фазы понадобятся кабели питания с сечением как минимум 4 мм² каждый, и они должны быть уложены концентрическим образом друг относительно друга. Проверка кабелей питания и их укладка в конструкцию помещения должна производиться только обученным персоналом, имеющим допуск на такие работы.

Система автоматического обеспечения постоянной температуры питается напрямую от трехфазного изолирующего трансформатора. Спектрометр и усилитель градиента питаются от изолирующего трансформатора, либо от трехфазного стабилизатора (при его наличии). Для подключения каждой фазы понадобятся кабели питания с сечением как минимум 2,5 мм² каждый, и они также должны быть уложены концентрическим образом друг относительно друга.

Прокладка кабелей питания должна быть отдельно для кондиционеров в комнате скапирования (в среднем 8-10 кВт·А), освещения, выпускного выхода и системы МРТ.

Клетка Фарадея заземляется в одной точке через передаточную пластину.

Е.2-9 Соединение системы

Соединение системных кабелей проводится согласно определенной электрической схемы, идущей в комплекте поставки.

В процессе монтажа используются следующие кабели:

- ❖ Главные силовые кабели (1,8/4/6/8/12 м длиной) (Core Power Cables, 1,8/4/6/8/12 m length) -- не более 30 шт.;

- ❖ Силовой кабель для консоли оператора, 9 м длиной (Power Cord of Display Device, 9 m length) – не более 30 шт.;
- ❖ Длинный сигнальный кабель для консоли оператора, 10 м (Longer Signal Line of Display Device, 10 m length) – не более 30 шт.;
- ❖ Длинный сигнальный кабель для блока управления, 10 м длиной (Longer Signal Line of Keyboard, 10 m length) – не более 30 шт.;
- ❖ Кабель сетевой, витая пара, 20 м длиной (Netting Twine, 20 m length) – не более 30 шт.;
- ❖ Кабель контроля градиентов, 3,5/6/9 м длиной (Gradient Control Line, 3,5/6/9 m length) - не более 30 шт.;
- ❖ Радиочастотный сигнальный кабель, 6/9 м длиной (Signal Line of RF, 6/9 m length) – не более 30 шт.;
- ❖ Силовая линия на 36 В, 6/9 м длиной (Line with 36 VAC, 6/9 m length) – не более 30 шт.;
- ❖ Кабель заземления для Гентри магнита, 9 м длиной (Earth Wire for the Magnet, 9 m length) – не более 30 шт.;
- ❖ Кабель заземления для 3-х фазного регулятора напряжения, 6 м длиной (Earth Wire of Three-Phase Voltage Regulator, 6 m length) – не более 30 шт.;
- ❖ Кабели для радиочастотной защиты – РЧ-кабины (RF-Shielding Cables) – не более 30 шт.;
- ❖ 3-х жильный силовой кабель (сечение 0,75 мм²) , 25 м длиной (0,75 mm² Three Core Power Cord, 25 m length) – не более 5 шт.

E.2-10

Другие принадлежности для монтажа системы МРТ

Материал непроницаемый для магнитной защиты помещения сканирования (пол, стены, потолок, окна, дверь, панели освещения) – РЧ-кабина (RF-Shield Room Unit)

Блок фильтров (Filter Package):

- Градиентные фильтры (Gradient Filters);
- Радиочастотные фильтры (RF Power Filters);
- Фильтры контроля температуры с датчиками (Temperature Control Filters with Probes);
- Фильтр для электронных и оптических кабелей (Electric and Optical Cables Filter).

Набор фантомов:

- Калибровочный фантом для настройки катушек (Calibration Phantom for Coils Adjustment), - не более 5 шт.;
- Калибровочный фантом для настройки поля обзора и определения разрешающей способности (Calibration Phantom for FOV and Resolution Adjustment) – не более 3 шт.

Блок сервера для радиологической информационной системы (RIS Server Unit)

Камера для получения твердых копий (Laser Camera for Image Printing)

Пленка для камеры для получения твердых копий (Films for Laser Camera)

Источник резервного (бесперебойного) питания (ИБП) (UPS)

Батареи для источника резервного (бесперебойного) питания (Batteries for UPS)

Источник резервного (бесперебойного) питания для консоли оператора (UPS for Operator Console)

Батареи для источника резервного (бесперебойного) питания для консоли оператора (Batteries for UPS for Operator Console)

Дополнительная рабочая станция для обработки изображений

Немагнитная каталка (Non-Magnetic Trolley)

Немагнитное приспособление для перекладки пациента (Non-Magnetic Patient Transfer Unit)

Металлоискатель (Metal Detector)

Специальные графические таблички-знаки для работы МР Томографа (Special Warning Labels and Signs for MRI)

Инструкция по установке (CD-диски) (Installation Guide, CD) – не более 10 шт.

Инструкции по эксплуатации томографа и его компонентов (Service and Maintenance Guides) - не более 10 шт.

Техническая документация (Technical Documentation)

Оборудование и материалы для монтажа (Tools and Consumables for Installation):

Специальный немагнитный инструмент, измерительные устройства и расходные материалы для монтажа томографа: переключатели и разъемы, предохранители и конденсаторы, реле, разъемы, переходники, гель, клей, ленты, ручки, пленки, шиммирующие магнитные устройства, отвертки и винты, силиконовый гель, ленты и фиксаторы, перчатки.

Е3 Пуско-наладка

Пуско-наладка системы включает в себя следующие этапы:

- корректировка системы контроля постоянства температуры;
- шиммирование;
- подбор параметров последовательностей;
- корректировка системы лазерного позиционирования;

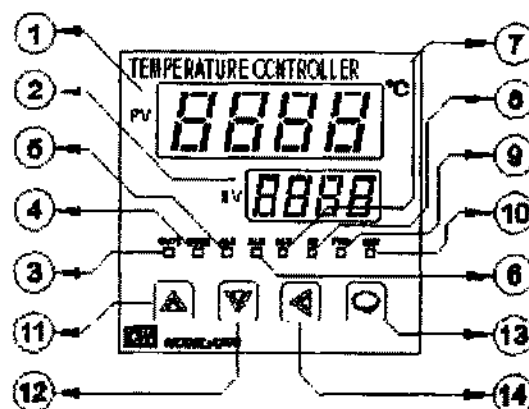
- настройка устройства двухсторонней связи с пациентом.

Е.3-1 Корректировка системы контроля постоянства температуры

1. Настройка температурного режима магнита

Нормальный температурный режим для верхнего и нижнего полюсов магнита $+28^{\circ}\text{C}$. Для получения изображений высокого качества может понадобиться немого изменить температуру магнита.

Задаваемое значение температуры можно выставить нажатием кнопок сдвига разряда и кнопок увеличения/уменьшения значения на панели температурного контроллера.



(8) Индикатор автоматических вычислений

(9) Индикатор запуска программы

(10) Индикатор ручного режима

(11) Кнопка увеличения значения

(12) Кнопка уменьшения значения

(13) Кнопка "ОК/Установить"

(14) Кнопка сдвига разряда

Как показано на изображенном термометре, в норме на дисплее отображается установленное значение температуры $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Состояние системы будет поддерживаться при постоянной и круглосуточной работе кондиционеров и системы автоматического обеспечения постоянной температуры. В случае сбоя электроэнергии, система кондиционирования должна быть включена как можно быстрее; при этом нужно подтвердить правильность рабочих параметров.

2. Настройка системы воздушного кондиционирования

Температура в комнате сканирования поддерживается двумя кондиционерами. Когда температура упадет ниже установленного значения, кондиционер выходит из режима охлаждения и начинает нагрев. Схожим образом кондиционер меняет режим нагрева на охлаждение при повышении температуры выше установленного значения. Таким образом, температурный режим в комнате сканирования может поддерживаться постоянно в границах 18-26° С. За дополнительной и детальной информацией следует обращаться к прилагаемым инструкциям системы воздушного кондиционирования.

Параметры работы воздушных кондиционеров:

	Кондиционер №1	Кондиционер №2
Режим работы	охлаждение	нагрев
Установленная температура	+22°C	+22°C
Скорость вентилятора	максимальная	максимальная

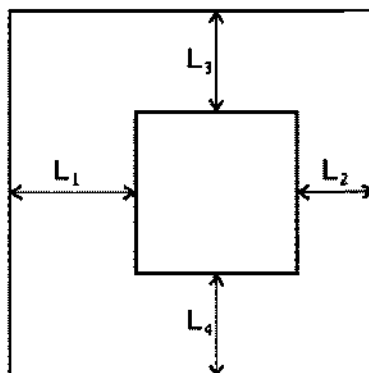
Е.3-2 Шиммирование

Е.3-3 Подбор параметров последовательностей

Е.3-4 Корректировка системы лазерного позиционирования

Поместите нижнюю часть катушки для тела пациента в монтажные отверстия стола пациента. Установите фантом контроля качества в центр катушки. Убедитесь, что расстояния от фантома контроля качества до левого, правого, переднего и заднего краев катушки для тела пациента одинаковы.

Проведите исследование фантома в коронарной плоскости в SED-последовательности.



На рисунке показана ситуация, при которой L_1 больше, чем L_2 . В таком случае следует передвинуть стол пациента в сторону большего расстояния на $L=(L_1-L_2)/2$. Аналогичным образом следует корректировать положение стола пациента, если L_3 больше, чем L_4 .

Зафиксируйте стол пациента блокировочными винтами в правом и левом направлении. Передне-заднее направление может быть отцентрировано изменением позиции лазерного луча.

Е.3-5 Настройка устройства двухсторонней связи

Включите VCD/DVD, чтобы протестировать проигрывание музыки. Переключите в режим реверберации и проверьте устройство двухсторонней связи со стороны генератора магнита (комнаты сканирования).

Дополнительные опции и подсистемы для системы МРТ перечислены ниже. Пользователи сами должны решить, какие элементы необходимы им для эффективной работы. Для получения подробных сведений следует обратиться к последней по времени обновления информации.

- Трехфазный стабилизатор
- Источник бесперебойного питания
- Внешнее триггерное оборудование
- Эксклюзивное устройство МР-мониторирования
- Многоканальный цифровой приемник
- Дополнительные приемные катушки
- Лазерная камера сухой печати
- Фотопринтер
- Дополнительная рабочая станция