

ГБУЗ «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ КЛИНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ И
ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЕПАРТАМЕНТА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
ГОРОДА МОСКВЫ»

ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ ЛУЧЕВОЙ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ КАБИНЕТА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Москва
2021



РАДИОЛОГИЯ МОСКВЫ
ДИАГНОСТИКА БУДУЩЕГО

**ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ**

СОГЛАСОВАНО

Главный внештатный специалист
Департамента здравоохранения города
Москвы по лучевой и
инструментальной диагностике

С.П. Морозов

« 04 » октября 2021 г.

РЕКОМЕНДОВАНО

Экспертным советом по науке
Департамента здравоохранения
города Москвы №

« 04 » сентября 2021 г.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ КАБИНЕТА
МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ**

Методические рекомендации № 50

Основана в 2017 году

Организация-разработчик:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»

Составители:

Семенов Д. С. – научный сотрудник отдела инновационных технологий ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»
Смирнов А. В. – инженер отдела дозиметрического контроля ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»
Ахмад Е. С. – начальник сектора стандартизации и контроля качества ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»
Сергунова К. А. – к.т.н., советник президента Центра ядерной медицины НИЦ «Курчатовский институт»
Васильев Ю.А. – к.м.н., старший научный сотрудник отдела инновационных технологий ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»
Солдатов И. В. – начальник испытательной лаборатории ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»
Морозов С. П. – д.м.н., профессор, главный внештатный специалист по лучевой и инструментальной диагностике ДЗМ и Минздрава России по ЦФО РФ, директор ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»

Р 36 Рекомендации по проектированию кабинета магнитно-резонансной томографии: методические рекомендации / Д. С. Семенов, А. В. Смирнов, Е. С. Ахмад [и др.] // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». – Вып. 74. – М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2021. – 52 с.

Рецензенты:

Чипига Лариса Александровна – к.т.н., научный сотрудник лаборатории радиационной гигиены медицинских организаций ФБУН НИИРГ им. П. В. Рамзаева
Шолохова Наталия Александровна – к.м.н., заведующий отделением лучевой диагностики ГБУЗ «ДГКБ св. Владимира ДЗМ»

Методические рекомендации предназначены для разработчиков проектной документации на кабинеты магнитно-резонансной томографии, направлены на формирование общего подхода к разработке и представляют собой свод требований с разъяснениями, позволяющий разработчику учесть все аспекты функционирования МР-томографа для обеспечения безопасности и качества выполнения МР-исследований.

Авторы выражают благодарность за участие в работе над методическими рекомендациями Артему Лутченкову, Александру Семину, Дмитрию Огуречникову, Сергею Хитеву и Евгении Савостиной, Вячеславу Бурашову, Сергею Кирееву, Рыклиной Марии

Данные методические рекомендации разработаны в ходе выполнения научно-исследовательской работы «Жизненный цикл ресурсов лучевой диагностики и терапии: качество, безопасность, прогнозирование»

Данный документ является собственностью Департамента здравоохранения города Москвы, не подлежит тиражированию и распространению без соответствующего разрешения

СОДЕРЖАНИЕ

Нормативные ссылки.....	5
Обозначения и сокращения.....	6
Введение.....	7
1. Общие сведения.....	8
1.1. Магнитно-резонансная томография.....	8
1.2. Технологический проект.....	9
2. Выбор помещения.....	11
2.1. Состав и требования к помещениям.....	12
2.2. Требования к зонированию пространства кабинета магнитно-резонансной томографии.....	15
2.3. Зона контроля наличия металла.....	19
2.4. Воздухообмен в процедурной.....	19
2.5. Воздухообмен в других помещениях.....	20
2.6. Освещенность.....	21
2.7. Звукоизоляция.....	21
2.8. Температура и влажность.....	22
2.9. Электробезопасность.....	23
2.10. Вибрация.....	24
2.11. Влияние металлических объектов.....	24
2.12. Влияние трансформаторов, генераторов, силовых линий.....	25
2.13. Требования к внутренней отделке помещений.....	26
2.14. Требования к водоснабжению и канализации.....	27
2.15. Требования к сетям передачи данных.....	27
3. МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ.....	28
3.1. Подготовка к установке.....	28
3.2. РЧ-кабина.....	28

3.3. Смотровое окно.....	29
3.4. Двери.....	29
3.5. Подвод медицинских газов.....	30
3.6. Вывод квенч-трубы.....	30
3.7. Работы после поднятия магнитного поля.....	32
4. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	33
4.1. Предупреждающие знаки.....	33
4.2. Кнопка аварийного сброса поля (квенч-кнопка).....	33
4.3. Ферромагнитные детекторы.....	34
4.4. Пожарная безопасность.....	35
4.5. Специальное оборудование.....	36
5. ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ.....	37
5.1. Отсутствие описания технологического процесса.....	37
5.2. Отсутствие зонирования.....	38
5.3. Отсутствие важных дополнительных сведений о планировке.....	41
5.4. Отсутствие важных дополнительных сведений о прилегающей территории.....	42
Заключение.....	45
Список использованных источников.....	46
Приложение А. Общий алгоритм проведения МР-исследования.....	47
Приложение Б. Пример информационного плаката о присутствии магнитного поля.....	48

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем документе использованы ссылки на следующие нормативные документы (стандарты)¹:

1. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 № 52-ФЗ (с изм. от 13.07.2020).

2. СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований».

3. СП 2.1.3678-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг".

4. ГОСТ Р МЭК 60601-2-33-2013 «Изделия медицинские электрические. Часть 2-33. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к медицинскому диагностическому оборудованию, работающему на основе магнитного резонанса».

5. ТСН 31-313-98 г. Москвы (МГСН 4.12-97) «Лечебно-профилактические учреждения» (с Изменением № 1).

6. СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения» (с Изменением № 1–4).

7. СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования» (с Изменениями № 1, 2, 3).

8. Информационно-методическое письмо от 01.08.2007 № 9-05/122-486 «Санитарно-гигиенические требования к магнитно-резонансным томографам и организации работы».

9. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

10. ГОСТ Р 50571.28-2006 (МЭК 60364-7-710:2002) «Электроустановки зданий. Часть 7-710. Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений» (с Поправкой).

11. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования» (с Изменением № 1).

12. ГОСТ Р МЭК 60601-2-33-2013 «Изделия медицинские электрические. Часть 2-33. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к медицинскому диагностическому оборудованию, работающему на основе магнитного резонанса»

¹ При использовании настоящих методических рекомендаций целесообразно проверить действие нормативной документации. Если заменен ссылочный нормативный документ, на который дана недатированная ссылка, рекомендуется использовать действующую версию документа.



ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ДЗМ – Департамент здравоохранения города Москвы.

ИБП – источник бесперебойного питания.

ИВЛ – искусственная вентиляция легких.

ИМИ – имплантируемое медицинское изделие.

КТ – компьютерная томография.

МО – медицинская организация.

МПП – малоподвижный пациент.

МР-томограф – магнитно-резонансный томограф.

МРТ – магнитно-резонансная томография.

ОКД – область контролируемого доступа.

ОЛД – отделения лучевой диагностики.

РЧ – радиочастотный.

ТП – технологический проект.

ЭКГ – электрокардиограмма.

ВВЕДЕНИЕ

Магнитно-резонансная томография (МРТ) – один из наиболее эффективных методов современной лучевой диагностики, позволяющий неинвазивно получать изображения внутренних структур тела человека без использования ионизирующего излучения или введения каких-либо радиоактивных веществ. С каждым годом востребованность данной методики возрастает. В рамках программы модернизации здравоохранения за 2010–2012 гг. в Москве было установлено 72 магнитно-резонансных томографа (МР-томографа). Общее количество МР-томографов в Департаменте здравоохранения города Москвы (ДЗМ) на начало 2020 г. составляет 93 единицы, а в ближайшие 3 года планируется дооснащение кабинетов МРТ ДЗМ 101 единицей данного оборудования.

В условиях постоянного роста числа кабинетов МРТ особенно актуальным становится вопрос обеспечения безопасности эксплуатации и качества проводимых исследований уже на этапе проектирования. В настоящий момент на технологические проекты (ТП) МРТ-кабинетов распространяются требования и рекомендации производителя МР-томографа, СП 2.1.3678-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг и СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования» (с Изменениями № 1, 2). Несоблюдение данных требований может привести к снижению качества проводимых исследований и возрастанию риска причинения вреда здоровью или жизни людей. В частности, нарушение зонирования пространства и ограничения доступа (в том числе с учетом фактического пространственного распределения величины индукции магнитного поля) в кабинете МРТ, смежных помещениях и прилегающих территориях увеличивает риск причинения вреда здоровью как пациентов, так и персонала. Нередки случаи размещения аппаратов вблизи крупных движущихся объектов (лифт, проезжая часть и пр.), влияющих на качество получаемых МР-изображений. Кроме того, следует принять во внимание влияние МР-томографа на другое оборудование, в том числе на рентгеновские трубки, скинтилляционные камеры, фотоумножители, усилители рентгеновского изображения и др.

Данные методические рекомендации направлены на формирование общих принципов разработки ТП на кабинет МРТ и представляют собой свод требований с разъяснениями, позволяющий разработчику учесть все аспекты функционирования аппарата для обеспечения безопасности и качества выполнения МР-исследований.

Документ составлен на основе анализа требований производителей оборудования, проектной документации и особенностей функционирования кабинетов МРТ в медицинских организациях (МО) ДЗМ. В первую очередь, рекомендации относятся к сверхпроводящим системам закрытого типа, однако могут быть применены и к другим типам МР-томографов.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Магнитно-резонансная томография

Магнитно-резонансная томография – современный метод медицинской визуализации, основанный на явлении ядерного магнитного резонанса. Хотя МРТ и относится к лучевой диагностике, в отличие от рентгеновских методов получения изображения, она не предполагает применения ионизирующего излучения. Основными действующими факторами являются постоянное магнитное поле и переменные во времени и пространстве электромагнитные поля.

В зависимости от значения магнитной индукции статического магнитного поля МР-томографы принято классифицировать на:

- сверхнизкопольные (менее 0,1 Тл);
- низкопольные (0,1–0,3 Тл);
- среднепольные (0,3–0,5 Тл);
- высокопольные (0,5–3 Тл);
- сверхвысокопольные (свыше 3 Тл).

По конструкции аппараты разделяют на МР-томографы открытого и закрытого типа. Однако в контексте разработки проектной документации следует учитывать и другую классификацию – по типу основного источника магнитного поля:

- постоянные;
- резистивные;
- сверхпроводящие;
- гибридные системы.

В сверхнизкопольных и низкопольных томографах, как правило, используются постоянные магниты, которые при эксплуатации не требуют охлаждения или постоянного электропитания. В резистивных томографах поле создается за счет пропускания электрического тока через катушку. Такой способ позволяет создать постоянное магнитное поле с индукцией до 0,6 Тл, однако при этом требуется охлаждение и постоянное электропитание для поддержания однородности поля.

Наиболее распространенными в России на сегодняшний день являются томографы со сверхпроводящими магнитами, генерирующими магнитное поле с индукцией 1,5 и 3 Тл. Такие магниты обеспечивают высокую однородность и стабильность магнитного поля. Сверхпроводимость при этом обеспечивается помещением проводящей катушки в сосуд Дьюара и охлаждением криогеном (чаще всего гелием) до температуры порядка 4 К (–269 °С).

Следует отметить, что процедура проведения МР-исследования не ограничивается процессом «сканирования пациента» и включает также ряд обязательных действий до и после него. Регламентация и нормирование

использования МР-томографов в клинической практике выходит за рамки данных рекомендаций, однако авторы полагают уместным привести краткий алгоритм действий персонала кабинета МРТ при проведении МР-исследования в приложении А.

К основным факторам риска, возникающим в МРТ-кабинете, которые следует учитывать уже на этапе проектирования, относятся:

- воздействие полей МР-томографа на изделия из ферромагнитных материалов (возможные последствия: втягивание, поворот, нагрев);
- опасность выброса хладагента сверхпроводящего магнита (т.н. квенч);
- воздействие полей, возникающих при работе МР-томографа, на несовместимое оборудование (кардиостимуляторы и водители ритма, рентгеновские трубки, средства связи и пр.).

Каждый из перечисленных факторов может привести к нарушению работы оборудования, причинению вреда здоровью или смерти. Подробнее данные факторы рассматриваются в работе [1]. Дополнительные сведения, касающиеся охраны труда персонала МРТ-кабинета, представлены в [2].

1.2. Технологический проект

1. Технологический проект (ТП) регламентирует размещение оборудования в структуре здания (строящемся или действующем). Размещение оборудования должно обеспечивать его функционирование (последовательность выполнения технологических процессов) при минимальной протяженности функциональных связей и максимальном уклонении от пересечения технологических и транспортных потоков. Основу ТП составляет план производственных процессов – последовательность действий и операций, которые осуществляет персонал отделения лучевой диагностики (ОЛД) и через которые должен пройти пациент в процессе проведения МР-исследования.

ТП должен включать следующую информацию:

Планировочные и технологические решения:

- описание технологического процесса, включая планируемый штат и сменность персонала, а также максимальный поток пациентов;
- зонирование помещений и прилегающих территорий с обязательным выделением области контролируемого доступа;
- размещение оборудования;
- требования к отделке помещений;
- требования к микроклимату и вентиляции;
- требования к освещенности;
- требования по электроснабжению и электробезопасности;
- требования к пожарной безопасности;

- перечень проектных аварий и действий по их предотвращению;
- график обслуживания и ремонтных работ, включая требования к исполнителям;
- требования к допустимым уровням шума и вибраций на рабочих местах;
- требования к обеспечению доступа лиц с ограниченными возможностями и транспортировке малоподвижных пациентов МПП;
- план вывода кабинета из эксплуатации.

Требования к системам:

- водоснабжение и водоотведение;
- отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха, тепловые сети;
- сети связи и передачи данных;
- медицинское газоснабжение.

Для подтверждения соответствия проектируемого кабинета к ТП следует приложить:

- чертежи с компоновкой помещений и технологического оборудования (план размещения оборудования) и спецификацию оборудования;
- том с описаниями (материалы, площади помещений, транспортные потоки, штатное расписание и т.д. с обоснованием);
- технические характеристики МР-томографа с указанием всех комплектующих элементов, включая их характеристики;
- перечень материалов по конструктивным и технологическим решениям (подтвержденные соответствующими расчетами или указанием данных производителя, например, эффективности экранирования, звукоизоляции), обеспечивающим безопасность медицинского персонала на рабочих местах и пациентов: в процедурной (комнате сканирования), комнате управления и других смежных помещениях (по уровням постоянного магнитного поля и шума);
- документы по внутренней отделке помещений, которые подтверждают соответствие используемых материалов санитарно-эпидемиологическим требованиям и дают право на использование в медицинской организации (МО);
- документы, подтверждающие обеспечение системой вентиляции нормативных параметров микроклимата и воздухообмена;
- документы, подтверждающие обеспечение нормативных уровней искусственной освещенности и коэффициента пульсации;
- требования к обеспечению электробезопасности.

При проектировании МРТ-кабинета в строящемся здании МО данные требования передаются для разработки проектной документации здания.

В следующих разделах настоящих методических рекомендаций будут рассмотрены части проектной документации в порядке выполнения работ по установке и подготовке оборудования к вводу в эксплуатацию, а также часто встречающиеся при проектировании ошибки.

2. ВЫБОР ПОМЕЩЕНИЯ

Кабинет/отделение МРТ (далее – кабинет МРТ), как правило, располагается на первом этаже изолированного отсека корпуса МО, в пристройке к нему или в подвальной помещении. При размещении на других этажах следует учитывать значительную массу МР-томографа (от 4 000 кг, точные весовые характеристики необходимо получить из технической документации производителя томографа²) и РЧ-кабины (клетки Фарадея), сопоставимой по массе, а также чувствительность оборудования к вибрациям, передаваемым на корпус системы. Это важно учитывать в расчете несущей способности межэтажных перекрытий с заданным запасом прочности и устойчивости самого здания. Для соблюдения требований производителя могут понадобиться дополнительные работы по укреплению конструкций.

Помещение для установки МР-томографа должно допускать возможность установки РЧ-кабины прямоугольной формы и необходимых размеров. Доставка и монтаж МР-оборудования могут потребовать дополнительных организационных мероприятий (таких как обеспечение подъезда трейлера, подъемного крана) и площадей, в том числе для временного хранения оборудования и материалов. Требования к данной части проекта следует уточнить у производителя, однако, как правило, необходимо помещение, которое имеет хотя бы одну внешнюю стену (для организации монтажного проема и заноса оборудования с улицы) или помещения, рядом с которым расположен широкий коридор (не менее 2,6 м) с достаточной несущей способностью пола на всем маршруте транспортировки МР-томографа внутри здания. При заносе МР-томографа через стену здания, как правило, необходимо сооружение ровной транспортной площадки достаточных размеров до уровня пола этажа, на котором устанавливается оборудование.

Отделение лучевой диагностики не должно быть проходным для посетителей МО.

Кабинеты МРТ не допускается размещать в жилых зданиях, а также в зданиях немедицинского назначения³. Запрещается размещение кабинета МРТ под помещениями, из которых возможно протекание воды через перекрытие (бассейны, душевые, уборные и др.).

Процедурную МРТ-кабинетов (отделений) не допускается размещать смежно (по горизонтали и вертикали) с палатами для беременных, детей и кардиологических больных.

² Вес томографа с постоянным магнитом может достигать 15 т.

³ В последнем случае размещение возможно при согласовании с органами Роспотребнадзора и измерениями фактического пространственного распределения величины индукции магнитного поля и уровня шума.

При проектировании следует учитывать воздействие магнитных полей на иное оборудование (расположенное в смежных помещениях) в МО, что может привести к помехам при работе этого оборудования. Так, при монтаже МР-оборудования в местах, где магнитное поле с индукцией более 0,1–5,0 мТл может воздействовать на рентгеновские трубки, сцинтилляционные камеры, фотоумножители, усилители рентгеновского изображения (оговаривается в технической документации производителя), потребуется установка защитных экранов (согласно ГОСТ Р МЭК 60601-2-33-2013). Кроме того, могут существовать ограничения величины индукции магнитного поля для гамма-камеры, компьютерного томографа, циклотрона, электронного микроскопа, ультразвукового сканера, масс-спектрометра [3]. Современные электроэнцефалографы и электрокардиографы достаточно помехоустойчивы и могут быть использованы вблизи МР-оборудования, однако пороговое значение индукции магнитного поля должно быть оговорено изготовителем данных приборов. При невозможности соблюдения требований по дистанцированию чувствительного к воздействию магнитных полей оборудования следует согласовать его перенос или выбрать другое помещение для кабинета МРТ.

При планировании пациентопотока необходимо учитывать возможность применения каталок/кресел для транспортировки малоподвижных пациентов (МПП). С этой целью на пути движения МПП следует исключить значительные перепады уровня пола, такие как лестницы, ступени, порожки (возможна установка пандусов), использовать скосы углов, предусмотреть пространство для маневрирования и обеспечения беспрепятственного перемещения МПП, при необходимости обеспечить доступ к лифту.

2.1. Состав и требования к помещениям

Архитектурно-планировочные и конструктивные решения зданий и помещений для медицинской деятельности должны обеспечивать оптимальные условия для осуществления лечебно-диагностического процесса, соблюдения санитарно-эпидемиологического режима и условий труда медицинского персонала.

При проектировании помещений следует учесть, что МР-томограф устанавливается не в самом помещении процедурной, а в РЧ-кабине – замкнутой экранирующей камере, выполненной по принципу «комната в комнате». РЧ-кабина, как правило, не учитывается в архитектурно-строительной части проекта, она либо поставляется в комплекте с МР-томографом, либо проектируется и выполняется специализированной организацией. Конструктивная высота помещения процедурной (от перекрытия до перекрытия) должна обеспечивать возможность установки РЧ-кабины (конкретное минимальное значение зависит от модели МР-томографа и производителя РЧ-кабины). Внутренняя высота

РЧ-кабины (от чистого пола до подвесного потолка внутри нее) должна составлять не менее 2,6 м (для реконструируемых помещений некоторые производители допускают высоту не менее 2,4 м). Высота остальных помещений кабинета МРТ допускается также не менее 2,6 м.

Согласно СП 158.13330.2014 ширина дверного проема в процедурной должна быть не менее 1,2 м в свету при высоте 2,0 м, ширина дверных проемов, через которые предполагается транспортировка МПП на каталках / функциональных кроватях – не менее 1,2 м, размер остальных дверных проемов – не менее 0,9х1,8 м.

Типовой набор и требования к минимальной площади помещений (согласно СП 2.1.3678-20 и информационному письму Роспотребнадзора) приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Минимальная площадь помещений кабинета МРТ

Наименование	Минимальная площадь, м ²
Процедурная	25 (уточняется техническими требованиями оборудования)
Комната управления	10
Подготовительная пациента	4
Кабина для раздевания	3
Кабинет врача*	12
Техническая комната	20 (уточняется техническими требованиями производителя оборудования)
Комната персонала**	12
Туалеты для персонала***	3
Туалеты для посетителей***	3

* Может быть расположен дистанционно в здании или на удалении от МО.
 ** Комната персонала может быть вынесена за пределы кабинета МРТ. Допустимо также использование общего для ОЛД помещения.
 *** МО должны иметь отдельные туалеты для больных и персонала, за исключением амбулаторно-поликлинических организаций с мощностью до 50 посещений в смену

Площадь процедурной определяется внутренними размерами РЧ-кабины для конкретного МР-томографа. При определении необходимых размеров помещения, в котором устанавливается РЧ-кабина, т.е. размеров между ограждающими конструкциями – между стенами с учетом выступающих колон, между перекрытиями с учетом ригелей – следует руководствоваться требованиями

производителя, которые в свою очередь определяются размерами собственно оборудования, размерами сервисных зон, технологическими проходами между оборудованием, толщиной стен РЧ-кабины (как правило, 100 мм) и технологическим отступом стен РЧ-кабины от ограждающих конструкций (как правило, от 80 до 100 мм).

Комната управления должна быть отдельным помещением с естественным освещением.

В качестве подготовительной пациента может быть организован тамбур. Однако следует учитывать, что для перекаldывания МПП на МР-совместимую каталку недостаточно 4 м² – площадь должна быть увеличена как минимум до 6 м². Важно отметить, что при такой конфигурации упрощается выполнение требований к зонированию (см. п. 2.2) и минимизируются случаи отвлечения оператора от работы.

Число кабин для раздевания, по возможности, следует увеличить до 2–4, так как при большом пациентопотоке нехватка кабин может привести к задержкам в работе МРТ-кабинета.

Для удобной транспортировки МПП пол во всех помещениях кабинета должен быть выровнен. Максимальная высота порогов составляет 5 мм, максимальный уклон – 6 градусов или 10%.

В случае ограниченности пространства для выделения отдельной комнаты управления кабинета МРТ (например, при необходимости проектирования кабинета в функционирующей МО) допустима организация общей комнаты управления для МР-томографа и другого диагностического оборудования (МРТ + диагностическое рентгеновское оборудование, МРТ + КТ и т.д.). При этом стоит учитывать расположение области контролируемого доступа (ОКД, см. п. 2.2) МРТ-кабинета в следующих случаях: при планировании потоков персонала, пациентов и оборудования смежного кабинета должен быть ограничен доступ в ОКД; при организации зонирования кабинета МРТ; при оценке требований по взаимному расположению МР-томографа и оборудования смежного кабинета; при организации технического обслуживания и пр.

В случае общей комнаты управления (смежной с рентгеновской процедурной) персонал кабинета МРТ должен быть отнесен к группе Б.

Смежное размещение двух МР-томографов допустимо только при соблюдении требований производителя, которые регламентируют, в том числе, минимальное расстояние и ориентацию томографов, а также могут содержать прямой запрет на смежное размещение МР-томографов.

Помимо требований нормативной документации, производители оборудования накладывают свои ограничения на габариты помещений. Однако суще-

ствуют некоторые допущения (которые, тем не менее, не должны противоречить действующим нормативным документам):

- При недостаточной длине процедурной (вдоль предполагаемой оси Z томографа⁴) возможно ограничение движения стола пациента. Для некоторых моделей это не является препятствием для работы томографа, но делает невозможным проведение части исследований – например, МР-исследований всего тела. Кроме того, при этом могут быть ограничены проходы, что снизит удобство эксплуатации и обслуживания оборудования, поэтому требуется согласование с руководством МО и производителем.

- При недостаточной ширине процедурной в некоторых случаях возможна установка МР-томографа по согласованию с производителем, однако может потребоваться монтаж второй двери в процедурную для обеспечения сервисных работ.

- Недостаточная высота потолка (в том числе местное понижение, например, из-за ригеля) также, в общем случае, не является препятствием для функционирования МР-томографа, если конфигурация не препятствует проведению сервисных работ. Следует отметить, что их трудоемкость в данных обстоятельствах может возрасти, поэтому требуется согласование с производителем.

- Процедурную и техническую комнату рекомендуется размещать смежно (оптимальный вариант, когда оба помещения не отделены друг от друга перегородкой и составляют единый строительный объем). Но в некоторых случаях возможно дистанцирование помещений (технической комнаты и процедурной). Однако это может привести к увеличению ресурсоемкости монтажных и пуско-наладочных работ. Максимальное возможное расстояние между помещениями, в случае расположения их не смежно, и требования на размеры проемов для прокладки коммуникаций необходимо запросить у производителя МР-томографа.

2.2. Требования к зонированию пространства кабинета магнитно-резонансной томографии

Пространство кабинета МРТ принято условно разделять на четыре зоны (рис.1).

⁴ Принято использовать систему координат с нулем в изоцентре, осью X, направленной вертикально, оси Y и Z – взаимно перпендикулярны в горизонтальной плоскости, причем ось Z совпадает с главной осью гентри томографа и направлена вдоль стола пациента при конфигурации томографа закрытого типа.

Зона I: за пределами кабинета МРТ – не подвержена воздействию магнитных полей и не требует дополнительных действий, как при проектировании, так и в процессе эксплуатации кабинета.

Зона II: переходная область, в которой, как правило, располагаются подготовительные помещения, зона ожидания, раздевалки. В этой зоне должен проводиться контроль наличия имплантируемых медицинских изделий и других ферромагнитных объектов.

Зона III: область, нахождение в которой пациентов и персонала, не относящегося к кабинету МРТ, допустимо только после контроля, инструктажа и в сопровождении сотрудника кабинета. К этой зоне относятся: комната управления, наркозная, место пребывания пациентов после сканирования.

Зона IV: процедурная – помещение, в котором располагается томограф. Эта зона должна быть ограничена предупреждающими знаками и оборудована средствами аудио- и видеосвязи⁵.

⁵ Аудиосвязь в обязательном порядке осуществляется через переговорное устройство «оператор – пациент», которое может быть встроенным в МР-томограф или поставляться отдельно (в последнем случае оно должно быть МР-совместимым). Визуальный контакт с пациентом может осуществляться через смотровое окно. Дополнительная МР-совместимая система видеонаблюдения требуется только в случае, если расположение МР-томографа не обеспечивает визуального контроля за пациентом на протяжении всего исследования, либо если ее наличие оговорено в медико-техническом задании.

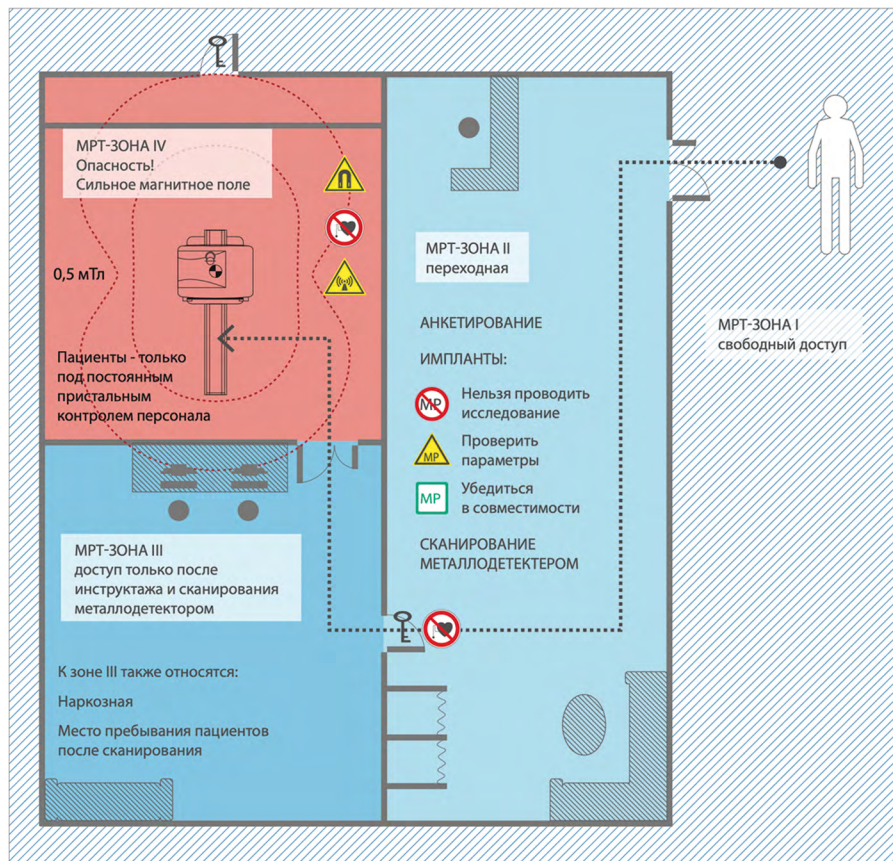


Рисунок 1 – Схема зонирования кабинета МРТ

Следует обратить особое внимание на **область контролируемого доступа (ОКД)** – зону, в которой величина индукции магнитного поля больше или равна 0,5 мТл (5 Г), а уровень электромагнитного поля соответствовал требованиям МЭК 60601-1-2 (2-33 пункт 201.7.9.3.101) – такая информация должна быть предоставлена производителем оборудования в виде карты изолиний (рис.2). Доступ пациентов и персонала, за исключением сотрудников кабинета МРТ, должен быть ограничен.



Рисунок 2 – Область контролируемого доступа в проектной документации

При размещении кабинета МРТ в функционирующей МО планировка может не позволять организацию входа в зону IV иначе как из зоны II. В этом случае ограничение доступа пациентов и персонала МО (за исключением персонала кабинета МРТ) должно распространяться и на зону II, а дверь между зонами I и II должна быть оборудована замком.

Примечание: предоставляемые производителем данные о магнитном поле МР-томографа, как правило, строятся на расчетах или измерениях в лабораторных условиях. После установки МР-томографа в конкретном помещении влияние внешних ферромагнитных объектов (в том числе в строительных конструкциях) может изменить пространственное расположение изолиний магнитного поля. Обеспечение требований к области контролируемого доступа, определяемой линией 0,5 мТл, должно производиться по фактически измеренным данным после монтажа и ввода в эксплуатацию оборудования.

Важно отметить, что ограничение доступа в указанную область распространяется не только на пространство кабинета/отделения МРТ. В случае выхода данной области за пределы зоны III (например, в коридор, смежное, в том числе по вертикали, помещение), доступ в нее должен быть ограничен перегородкой, стеной или другими средствами.

Заградительные конструкции и предупреждающие знаки также должны быть установлены и на улице, если зона 0,5 мТл выходит за пределы здания.

Представленная на рис. 1 схема зонирования пространства кабинета МРТ является рекомендованной при проектировании кабинета в новом здании. Невозможность использования предложенной конфигурации не отменяет требований по ограничению доступа, так как от их соблюдения зависит безопасность пациентов и персонала МО.

2.3. Зона контроля наличия металла

С учетом специфики работы кабинета МРТ рекомендуется организация отдельного помещения/тамбура для перекладки пациента на МР-совместимую каталку или кресло и сканирования на наличие металлических объектов. Площадь такого помещения должна быть не менее 4 м² в соответствии с требованиями нормативных документов, однако они не учитывают необходимость перекладывания пациентов на МР-совместимую каталку. Таким образом, в случае использования ручного или рамочного детектора рекомендованная площадь составляет не менее 6 м², а при использовании детектора стоечного типа – 12 м².

2.4. Воздухообмен в процедурной

Процедурная кабинета МРТ, в соответствии с СП 2.1.3678-20, относится к помещению с классом чистоты В (условно чистое помещение). При этом, воздухообмен как на приток, так и на вытяжку должен составлять 100% от расчетного воздухообмена на удаление теплоизбытков.

Испарение криогена требует создания системы вентиляции, поддерживающей содержание кислорода в воздухе на уровне не менее 18%. Конкретные требования по схеме вентиляции и кратности воздухообмена следует уточнять у производителя.

Наряду с системой общеобменной вентиляции должна быть предусмотрена система аварийной вентиляции. Эта система должна быть полностью автономной, не связанной с общеобменной вентиляцией и управляться кислородным монитором с кислородным датчиком (дополнительная опция), который устанавливается в вентиляционном канале. При этом управление системой аварийного выброса гелия должно быть предусмотрено как из помещений процедурной, так и со стороны рабочего места оператора в комнате управления.

Следует обратить внимание на то, что проверка функционирования системы вентиляции осуществляется с применением МР-несовместимого оборудования. В связи с этим первичное измерение кратности воздухообмена может быть произведено до поднятия магнитного поля. Процедура периодических испытаний системы вентиляции должна быть согласована с обслуживающей организацией (возможно применение МР-совместимого измерительного оборудования или установка секций вентиляционных каналов, позволяющих провести измерения за пределами процедурной).

2.5. Воздухообмен в других помещениях

В соответствии с СП 2.1.3678-20 приведены требования к воздухообмену в помещениях кабинета МРТ (таблица 2).

Таблица 2 – Требования к воздухообмену в кабинете МРТ

Наименование помещения	Расчетная температура воздуха	Кратность воздухообмена в час		Категория по чистоте	Кратность вытяжки при естественном воздухообмене
		Приток	Вытяжка		
Комната управления	18	3	4	Г	Не допускается
Подготовительная пациента	20	Из коридора	1	Г	1
Комната для раздевания	20	Из коридора	1	Г	1
Кабинет врача	20	60 м ³ на 1 человека	60 м ³ на 1 человека	В	1
Техническая комната	-	-	-	Г	-
Комната персонала	20	Из коридора	1	Г	1
Туалеты	20	-	50 м ³ на 1 унитаз	Г	3

Примечание: на техническую комнату могут накладываться особые требования производителем оборудования.

2.6. Освещенность

Требования к освещенности в помещениях кабинета МРТ устанавливаются нормами СанПиН 1.2.3685-21 (таблица 3).

Таблица 3 – Требования к освещенности в кабинете МРТ

Помещение	Рабочая плоскость и высота над полом*	Искусственное освещение	
		Освещенность при общем освещении, лк	Коэффициент пульсации, %
Процедурная	Г-0,8	300 (**500)	15 (**10)
Комната управления	Г-0,8	300	15
Подготовительная пациента	Г-0,8	75	-
Кабина для раздевания	Г-0,0	200	-
Кабинет врача	Г-0,8	300	15
Комната персонала	Г-0,8	300	15
Туалеты	Г-0,0	75	-

* Г – горизонтальная
 ** при проведении внутривенных манипуляций

В процедурной следует использовать лампы, работающие от постоянного тока и не создающие помех. Недопустимо использование флуоресцентных ламп и электронных реостатов для регулировки освещения, поскольку они могут создать помехи, влияющие на работу МР-томографа.

Как правило, система освещения внутри процедурной (светильники, выключатели, проводка) является составной частью РЧ-кабины. Разграничение зон ответственности описывается в задании производителя МР-томографа или РЧ-кабины.

Освещенность в технической комнате определяется требованиями производителя МР-томографа.

2.7. Звукоизоляция

В соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21, максимальный уровень шума в помещениях кабинета МРТ не должен превышать следующих значений (таблица 4):

Таблица 4 – Требования к максимальному уровню шума в кабинете МРТ

Помещение	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука А и эквивалентные уровни звука А экв., дБ А
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Процедурная (пациенты)	-	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Процедурная (медицинский персонал)	-	75	66	59	54	50	47	45	43	55
Комната управления	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Кабинет врача	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35 (50)

Причем оценка уровней шума, воздействующего на медицинский персонал в процедурной и комнате управления, должна проводиться с учетом времени воздействия шума (таблица 5).

Для пациентов в процедурной при превышении допустимого уровня шума должны быть предусмотрены средства защиты органов слуха.

Таблица 5 – Поправки на время воздействия

	Время, час										
	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	15 мин	5 мин
Поправка, дБА	0	0,5	1,2	2	3	4,2	6	9	12	15	20

Также должны быть соблюдены требования к уровню шума в смежных помещениях в соответствии с их назначением.

Наиболее оптимальным решением вопроса соблюдения данных требований является применение шумоизоляции в конструкции РЧ-кабины, однако, если такое оснащение не предусмотрено, следует выполнить шумоизоляцию стен и перекрытий. В противном случае, должна быть сокращена длительность рабочего дня или проведено перепрофилирование смежных помещений (необходимо согласование с руководством МО).

2.8. Температура и влажность

Помимо требований СанПиН 1.2.3685-21 к температуре и влажности в помещениях МО, к кабинету МРТ предъявляются дополнительные требования со стороны производителя в соответствии с параметрами конкретного оборудования.

Необходимо обеспечить четкое следование рекомендациям производителя применительно к процедурной, комнате управления и техническим помещениям из-за высокой чувствительности томографа к данным факторам (например, снижение влажности ведет к увеличению шума на диагностическом изображении, а повышение может сопровождаться конденсацией влаги и выходом электроники из строя).

Следует отметить, что допустимые значения температуры могут учитывать сезонность и максимальное изменение значений по высоте. При этом в процедурной температура и влажность не должны зависеть от сезонности или внешних условий.

Для соблюдения параметров микроклимата допускается устанавливать кондиционеры, размещая блоки компрессора и самого кондиционера вне зоны, ограниченной линией 1 мТл.

Система вентиляции и кондиционирования для снятия теплоизбытков от оборудования в технической комнате может поставляться в комплекте с МР-томографом. Наличие этой системы в поставке необходимо уточнять в каждом отдельном случае.

2.9. Электробезопасность

Электропитание томографа должно быть осуществлено по отдельному фидеру (вводу), не связанному электрически с сетью МО и бытовыми сетями. Для предотвращения возникновения наводок все отдельные металлические части кабинета (например, подвесной потолок, монтажные приспособления) и другие не ферромагнитные металлические изделия в процедурной должны быть соединены с очагом заземления. Также необходимо изолировать движущиеся металлические компоненты друг от друга.

При этом любое оборудование, расположенное в помещениях, где установлены блоки МР-томографа, но не относящиеся к нему, должно быть согласовано с производителем и отражено в соответствующем разделе ТП (спецификация оборудования).

Любые портативные устройства должны быть непосредственно подключены к близрасположенному контактному разъему. В процедурной запрещено использование протяженных силовых кабелей.

Сопротивление растекания заземлителя не должно превышать 2 Ом⁶ (если в описании на аппаратуру не оговорены меньшие значения).

⁶Технический формуляр к ГОСТ Р 50571.28-2006 в некоторых случаях допускает сопротивление заземлителя 2,5 Ом.

Кроме того, рекомендуется предусмотреть источник бесперебойного питания (ИБП) на всю МР-систему. В ряде случаев такой ИБП входит в комплект поставки МР-томографа (наличие ИБП следует уточнять для каждого конкретного проекта).

2.10. Вибрация

Вибрации здания могут оказывать влияние на стабильность магнитного поля и, как следствие, на качество получаемых изображений. По спектру проявления вибрации могут быть разделены на когерентные и некогерентные. К источникам первых зачастую относятся электродвигатели, системы вентиляции и др. Такие воздействия проявляются в виде артефактов изображений и могут быть легко устранены на стороне их источника (балансировка подвижных элементов или применение демпфирующих опор).

Некогерентные вибрации – импульсные и фоновые – обусловлены реакцией конструктивных элементов здания на внешнее воздействие (движение людей или автомобилей). В таком случае может потребоваться внесение изменений в конструкцию здания.

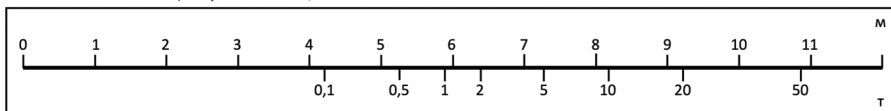
Требования по вибрации могут варьироваться в зависимости от модели МР-томографа и предоставляются его производителем. Поэтому в первую очередь при разработке проектной документации следует обратиться к спецификации на конкретное оборудование и выявить возможные несоответствия условий. В случае превышения допустимого уровня вибраций следует использовать другое помещение, также возможно внесение изменений в конструкцию здания по согласованию с соответствующими службами.

2.11. Влияние металлических объектов

Наличие металлических объектов в зоне действия электромагнитных полей приводит к нарушению однородности последних. Применительно к МРТ это означает снижение качества получаемых изображений и рост нагрузки на системы компенсации неоднородности поля. В некоторых случаях близость массивных ферромагнетиков может привести к невозможности компенсации неоднородности поля (шиммирования) и значительному снижению качества получаемых изображений.

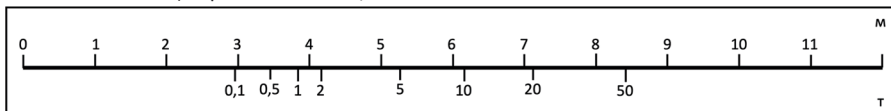
В связи с вышесказанным при проектировании необходимо учитывать требования производителя к расстоянию до крупных подвижных и статических ферромагнитных объектов. Данные требования могут быть представлены в виде зависимости расстояния до подвижного объекта от его массы (рисунок 3) или максимальных допустимых значений концентрации ферромагнетика ($\text{кг}/\text{м}^3$, $\text{кг}/\text{м}^2$) и расстояний до изоцентра магнита вдоль осей.

Расстояние от изоцентра по оси Z, м



Масса подвижного объекта, т

Расстояние от изоцентра по оси X или Y, м



Масса подвижного объекта, т

Рисунок 3 – Пример требований производителя МРТ с индукцией магнитного поля 3 Тл к минимальному расстоянию до подвижных ферромагнитных объектов

Соблюдение требований по наличию металлических объектов может потребовать применения дополнительных конструкций (например, для удаления МР-томографа от перекрытий) или демонтаж/перенос элементов здания. Поэтому в проектной документации обязательно должны быть указаны сведения не только о здании МО, но и сведения о близлежащей территории (до 8-и метров от изоцентра томографа) для подтверждения соответствия выбранных помещений заявленным производителем ограничениям, а также указания по ограничению проезда при наличии дорог.

Отметим также, что дополнительные металлические каркасы могут быть использованы при усилении несущей конструкции здания. В данном вопросе необходимо удовлетворение всех требований производителя, иначе нормальное функционирование МР-томографа будет невозможно.

2.12. Влияние трансформаторов, генераторов, силовых линий

Электрический ток, протекающий в трансформаторах, генераторах (электромоторах) и силовых линиях, является источником электромагнитных полей и может оказывать влияние на однородность и стабильность магнитного поля томографа. В результате качество получаемых изображений в значительной степени снизится. В связи с этим производители оборудования накладывают ограничения на минимальное расстояние от изоцентра магнита до таких объектов. В таблице 6 приведен пример подобных ограничений.

Таблица 3 – Требования к освещенности в кабинете МРТ

Объект	Минимальное расстояние от изоцентра, м
Силовая линия 500 А	5
Трансформатор 650 кВА	10
Генератор (электродвигатель) 30 кВА	5

Источниками магнитных помех могут быть также другие МР-томографы и хирургические системы магнитной навигации.

Допустимые значения и возможность применения экранирования для конкретного МР-томографа следует выяснить у производителя.

2.13. Требования к внутренней отделке помещений

Поскольку РЧ-кабина устанавливается внутри процедурной по принципу «комната в комнате», постольку это накладывает специфические требования к отделке в таком помещении. В процедурной не укладываются шумоизолирующая стяжка пола и напольное покрытие. Вместо этого пол заливается бетоном, способным выдержать вес МР-томографа и РЧ-кабины, до необходимой отметки. Эта отметка, как правило, определяется относительно уровня чистого пола соседних с процедурной помещений и задается производителем РЧ-кабины. Требования к ровности и шероховатости бетонного покрытия также следует уточнять у поставщика РЧ-кабины. Конструктивная высота от верхнего края бетонного основания до низа верхнего перекрытия должна быть достаточной для монтажа РЧ-кабины. В помещении процедурной, как правило, не монтируется подвесной потолок. В пространстве над РЧ-кабиной не должно быть коммуникаций, не относящихся к МР-томографу (например, радиаторы отопления) из-за опасности протечек, возможности создания помех работе оборудования и сложности доступа для сервисного обслуживания.

Требования к материалам отделки общие для всех производителей МР-томографов и включают защиту от электростатики. Покрытие пола и внутренняя отделка должны быть антистатическими либо электрорассеивающими (в соответствии с СП 29.13330.2011. Полы. Актуализированная редакция СНиП 2.03.13-88 (с Изменением № 1)). Все покрытия (включая стены и потолок) должны быть гладкими, легко очищаемыми и допускающими частое мытье и дезинфекцию. Применение искусственных покрытий и конструкций пола возможно при наличии на них заключения об их электробезопасности.

Возникновение электростатического разряда возможно в случаях:

- если два металлических объекта, находящихся в электромагнитном поле, соприкасаются вследствие вибраций;

- при накоплении электростатического заряда проводником под действием потоков воздуха;

- при индуктивном или емкостном соединении двух проводников.

Для предотвращения электростатических разрядов необходимо:

- электрическое соединение всех проводящих частей РЧ-кабины и подключение их к общему заземлителю;

- изоляция всех подвижных металлических объектов.

Отдельные проводящие элементы могут не подвергаться указанным модификациям только в случае, если их крепление гарантированно не создаст участков с низким электрическим сопротивлением за время эксплуатации.

2.14. Требования к водоснабжению и канализации

В кабинете МРТ за пределами ОКД предусматривается установка раковины с подводом холодной и горячей воды с обязательным «фартуком» из водоотталкивающего материала на стене за раковиной.

Для системы охлаждения МР-томографа, как правило, требуется подключение к водоснабжению и канализации. Задание на точки подключения дает производитель оборудования.

Не допускается прокладка трубопроводов водоснабжения и канализации таким образом, чтобы при их негерметичности жидкость попадала на РЧ-кабину.

2.15. Требования к сетям передачи данных

Как правило, современные МР-томографы позволяют осуществлять дистанционное сервисное обслуживание. Для этого требуется наличие высокоскоростного подключения к сети Интернет. Требования к характеристикам подключения к сети Интернет должны быть установлены производителем.

Вопросы интеграции МР-томографа в информационную систему МО должны решаться совместно профильными специалистами МО и производителя и не являются предметом ТП.

3. МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

3.1. Подготовка к установке

На момент начала монтажных работ электроснабжение кабинета МРТ должно быть организовано по постоянной, а не по временной схеме.

При планировании монтажных работ следует согласовать обеспечение подъезда транспорта, подъемных устройств и организацию транспортной площадки до уровня пола этажа, на котором устанавливается оборудование. Как правило, на время работ требуется отдельное помещение для хранения элементов системы и вспомогательного оборудования.

Перед началом монтажных работ выполняется подготовка технических проемов, необходимых для размещения оборудования.

Остальные требования по организации заноса оборудования в здание и доставке его к месту установки следует уточнить у производителя.

3.2. РЧ-кабина

Для экранирования МР-томографа от внешних радиочастотных помех и обеспечения нормального функционирования оборудования процедурная должна быть оснащена РЧ-кабиной (требования к составу и размерам указаны в п. 2.1).

Последовательность выполнения работ по монтажу оборудования может меняться, однако типовой порядок установки РЧ-кабины выглядит следующим образом:

- Подготовка помещения для установки РЧ-кабины:
 - демонтаж (при наличии) труб и радиаторов системы отопления, водопроводных и канализационных стояков, силовых и сигнальных кабелей⁷;
 - внутренняя отделка других помещений (комнаты управления, технической);
 - перенос (при наличии) высоковольтных кабелей, идущих вдоль/над РЧ-кабиной;
 - подготовка монтажного проема в помещении.
- Монтаж пола и стен, а также монтажного проема в РЧ-кабине.
- Установка МР-томографа.
- Завершение работ по монтажу РЧ-кабины.
- Отделочные работы в процедурной⁸.

⁷ Наличие водопроводных труб вблизи или над РЧ-кабиной может привести к ее повреждению или деформации.

⁸ Чистовую заделку проемов между РЧ-кабиной и строительными конструкциями здания поставщик МР-томографа и/или РЧ-кабины, как правило, не выполняет.

Порядок работ следует согласовать со всеми исполнителями на этапе проектирования, так как проведение большинства из них невозможно при включенном магнитном поле.

3.3. Смотровое окно

РЧ-экранированное смотровое окно в процедурной должно обеспечивать беспрепятственный обзор пациента. В случае установки МР- томографа под углом к смотровому окну, требуется предусмотреть в проекте МР-совместимую видеокамеру, для наблюдения за пациентом.

3.4. Двери

Дверь в процедурную, по сути, является дверью в РЧ-кабину. Отдельная дверь в РЧ-кабину не устанавливается.

Рекомендуется планировать помещения таким образом, чтобы дверь в процедурную была одна. Данная дверь является самым «слабым» элементом РЧ-экранирования и, как правило проблемы с качеством экранирования связаны с износом ламелей двери. Дополнительная дверь в процедурной снижает качество экранирования, с течением времени данный эффект может усиливаться, приводя к ухудшению качества изображения.

Вход в процедурную должен располагаться так, чтобы исключить столкновение каталки, в случае перевоза МПП, со столом пациента МР-томографа. Оптимальное расположение входа – когда каталка заводится параллельно или под острым углом к столу пациента. При перпендикулярном направлении движения каталки от входа в процедурную до стола пациента расстояние от двери до стола должно составлять не менее 2 м.

Дверь в процедурную должна открываться наружу для обеспечения возможности ее открытия при квенче. Это является обязательным требованием для вновь проектируемых объектов. В случае невозможности обеспечения открытия двери наружу для реконструируемых/ перепрофилируемых помещений необходимо предусмотреть открывающийся наружу аварийный клапан (лючок) для выравнивания давления. Размещение данного клапана должно быть обозначено в ТП.

При размещении двери в процедурную вне комнаты управления необходимо обеспечить контроль доступа (в том числе визуальный) из комнаты управления.

В связи с необходимостью контроля доступа в кабинете МРТ зону III необходимо оборудовать дверью с замком. При этом должны быть выполнены следующие требования:

- возможность автоматического (по сигналу пожарной автоматики), дистанционного (из помещения пожарного поста) и ручного открывания дверей;

- переключение на ручное управление с возможностью блокировки в открытом состоянии для беспрепятственного выхода на путь эвакуации;
- способ открывания дверей должен быть легкодоступен и четко обозначен.

3.5. Подвод медицинских газов

Использование медицинских газов в кабинете МРТ может включать, но не ограничиваться подводом кислорода, азота и других газов в процедурную, и определяется медико-техническим заданием. Также следует учитывать необходимость подвода вакуума для некоторых типов МР-совместимого дополнительного оборудования (например, аппарата искусственной вентиляции легких).

Газопроводы медицинских газов должны быть гальванически изолированы от РЧ-кабины. Место прохождения и способ подключения газовых линий необходимо согласовать с производителем РЧ-кабины.

Подвод газов внутри РЧ-кабины должен осуществляться трубопроводами или шлангами из немагнитных материалов. Допускается использование только МР-совместимого оборудования, в том числе газовых розеток.

В связи с тем, что отключение сверхпроводящего магнита – длительный и ресурсоемкий процесс, подвод медицинских газов следует предусмотреть еще на этапе проектирования МРТ-кабинета. При этом предусматривается модификация РЧ-кабины, установка дополнительных фильтров и разводка газовых линий в процедурной.

3.6. Вывод квенч-трубы

Квенч – процесс выброса низкотемпературного газообразного гелия из системы охлаждения сверхпроводникового магнита. Он может произойти из-за неисправности или при аварийном отключении магнита нажатием соответствующей кнопки – «квенч-кнопки». При этом происходит быстрое (порядка 20 с) повышение температуры гелия, преобразование его из жидкого состояния в газообразное и, как следствие, – резкое увеличение его объема и выброс из «бочки магнита» в трубу выброса гелия (рис. 4). Длина факела газообразного гелия при выбросе зависит от модели МР-томографа и может достигать 11 м. При этом часть газообразного гелия может заполнять процедурную, что приводит к охлаждению предметов вблизи магнита, образованию дымки, вытеснению воздуха из процедурной⁹.

⁹ Это относится к сверхпроводящим МР-томографам с гелиевым охлаждением, однако на сегодняшний день существуют «безгелиевые» МР-томографы, объем хладагента в которых пренебрежимо мал.



Рисунок 4 – Выброс гелия при квенче

Для обеспечения безопасности при квенче кабинет МРТ оснащается аварийным газоотводным каналом с его удалением за пределы здания МО (рис. 5). Ошибки при проектировании данного канала могут привести к следующим последствиям:

- причинению вреда здоровью в результате выброса гелия (асфиксия вследствие снижения парциального давления кислорода и переохлаждение) – при отсутствии необходимых ограждений и предупреждающих знаков вблизи вывода;
- повреждению оборудования (вплоть до критических, таких как разрыв бочки и повреждение здания) – при неправильном монтаже канала.

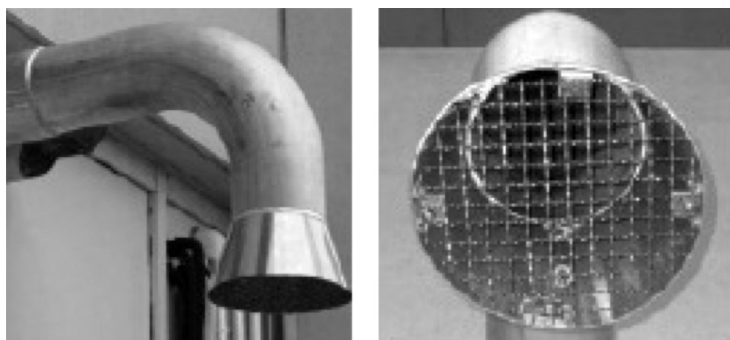


Рисунок 5 – Аварийный газоотводный канал

Требования к выполнению аварийного газоотводного канала в значительной степени варьируются в зависимости от модели МР-томографа и его

расположения и в общем случае включают, но не ограничиваются следующим перечнем:

- материал, диаметр и толщина стенки трубы (как правило, могут применяться алюминиевые трубы или трубы из нержавеющей стали с диаметром до 400 мм, в зависимости от конфигурации);
- максимальное давление, которое выдерживает труба;
- исполнение швов (гофрированные и спиральные трубы не допускаются) и точек крепления;
- исполнение шахты для прокладки трубы (совместная прокладка квенч-трубы в одной шахте с другими коммуникациями недопустима);
- теплоизоляция при прокладке внутри здания;
- исполнение вывода (длина, угол наклона, защита от попадания посторонних предметов, осадков, защита окружающих поверхностей и пр.);
- расстояния до открывающихся окон, дверей, входов приточной вентиляции;
- размеры зоны вокруг аварийного канала, доступ в которую ограничен – следует установить ограждение, обеспечивающее доступ сервисной службы (размеры этой зоны могут быть до 6 м в диаметре и определяются производителем).

3.7. Работы после поднятия магнитного поля

Монтажные работы могут выполняться разными независимыми организациями. Следствием такого разделения часто являются изменение последовательности выполнения работ, корректировка графиков и пр. Важно отметить, что после установки сверхпроводящего магнита и проведения работ по шиммированию (компенсации неоднородности поля) перечень допустимых манипуляций в кабинете МРТ крайне ограничен:

- допускается монтаж ограждающих конструкций из пластика или дерева без применения тяжелой строительной техники;
- могут быть проведены замеры электромагнитных полей и РЧ-помех (за исключением замеров в непосредственной близости от МР-томографа).

Работы, связанные с изменением количества ферромагнитных материалов (как увеличением, так и уменьшением) вблизи томографа, могут быть проведены только после снятия магнитного поля. Однако его восстановление – длительный и дорогостоящий процесс, а в данном случае вероятным исходом является невозможность компенсации неоднородности поля и, как следствие, полная невозможность восстановления работы МР-томографа.

4. ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

4.1. Предупреждающие знаки

Все оборудование, применяемое в процедурной, должно быть оснащено маркировкой о классе МР-совместимости (рис.6). Кроме того, рекомендуется оснащать соответствующей маркировкой МР-несовместимые предметы и оборудование кабинета МРТ, которые потенциально могут быть внесены в процедурную: каталки, огнетушители и др.



МР-безопасный
(MR-safe)



МР-совместимый
при определенных условиях
(MR-conditional)



МР-небезопасные
(MR-unsafe)

Рисунок 6 – Маркировка МР-совместимости

Область контролируемого доступа должна быть ограничена предупреждающими знаками (приложение Б) о присутствии сильного магнитного поля и возможном воздействии на активные имплантируемые медицинские изделия – ИМИ (электрокардиостимуляторы, водители ритма и пр.), ферромагнитные объекты и чувствительные электронные приборы.

Места расположения предупреждающих знаков должны определяться по фактическому распределению индукции магнитного поля (изолиния 0,5 мТл). В случаях, когда ОКД выходит за пределы процедурной, предупреждающие знаки должны быть установлены на входе в помещение, индукция магнитного поля в котором превышает 0,5 мТл. Следует отметить, что их видимость должна быть обеспечена как при открытых, так и при закрытых дверях, поэтому целесообразно размещение рядом с дверью и дублирование разметкой на полу.

4.2. Кнопка аварийного сброса поля (квенч-кнопка)

Кабинет МРТ оснащается кнопкой аварийного отключения магнита (в некоторых случаях – двумя: в процедурной и в комнате управления). Эта кнопка (рис.7) применяется в случае угрозы жизни или здоровью человека, однако следует понимать, что ее нажатие приведет к необходимости проведения дорогостоящих и затратных по времени восстановительных работ.

Расположение кнопок аварийного сброса поля следует обозначить в ТП. Конструкция должна обеспечить защиту от случайного нажатия. Кроме того, следует разместить предупреждающие знаки рядом с кнопками.



Рисунок 7 – Квенч-кнопка

Примечание: Некоторые МР-системы также оборудованы кнопкой выключения питания, расположенной в комнате управления. При ее нажатии отключаются все электрические системы томографа, кроме сверхпроводящей катушки, создающей постоянное магнитное поле. Расположение этой кнопки также должно быть отмечено в ТП.

4.3. Ферромагнитные детекторы

Для обеспечения безопасного проведения МРТ-исследования в соответствии с рекомендациями Американской коллегии радиологов следует использовать детекторные системы, позволяющие обнаружить ферромагнитные материалы и проконтролировать корректность данных, полученных в результате опроса [4]. В кабинетах МРТ ДЗМ с этой целью используются ручные металлодетекторы, однако они реагируют на все металлические объекты, в том числе МР-безопасные.

На сегодняшний день производители предлагают два типа стационарных детекторов: рамочный и стоечный варианты (рис. 8).



Рисунок 8 – Ферромагнитные детекторы: а – рамочного, б – стоечного типа

При установке ферромагнитного детектора необходимо придерживаться общих принципов, чтобы избежать ложного срабатывания детекторов:

- вблизи него не должны располагаться подвижные металлические объекты (например, лифты, моторы и пр.);
- детектор должен быть установлен на расстоянии от технической комнаты, в которой установлено оборудование для МР-томографа;
- вблизи детектора должен быть ровный пол.

Кроме того, требования к такому оборудованию могут включать ограничение на максимальное значение индукции магнитного поля в зоне его размещения (например, 0,5 мТл или менее), а также отсутствие ферромагнитных помех в радиусе 1–3 метров.

4.4. Пожарная безопасность

В процедурной невозможна установка пожарной сигнализации и системы пожаротушения, т.к. их функционирование оказывает влияние на работу самого МР-томографа. В связи с этим требуется установка датчиков дыма и датчиков газов на вытяжной вентиляции, что должно быть отражено в ТП.

Во всех помещениях кабинета МРТ недопустимо применение спринклерной системы пожаротушения.

По рекомендациям Американской коллегии радиологов в процедурной и комнате управления должно быть использовано только МР-безопасное или МР-совместимое при определенных условиях оборудование, в том числе оборудование для тушения (огнетушители и др.) [4].

4.5. Специальное оборудование

Следует обратить внимание на то, что, помимо отмеченного выше оборудования, кабинет МРТ оснащается дополнительным оборудованием, перечень которого зависит и от профиля МО, оказываемых медицинских услуг и должен быть согласован с заказчиком. При разработке проектной документации необходимо учесть возможность оснащения кабинета следующим оборудованием, включающим:

- противошоковую укладку;
- аварийную укладку;
- дефибрилятор (рекомендуется МР-совместимый);
- МР-совместимый монитор пациента*;
- МР-совместимые иглы*;
- оборудование для сердечно-легочной реанимации;
- МР-совместимый инжектор;
- МР-совместимый наркозный аппарат**;
- МР-совместимый аппарат ИВЛ**;
- МР-совместимый монитор жизненных функций (пульс, сатурация, пульсоксиметрия, ЭКГ и пр.)**;
- весы-ростомер (в том числе для детей грудного возраста).

* При проведении исследования с анестезией.

** При необходимости проведения исследования пациентам из ОРИТ.

5. ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

В данном разделе представлены некоторые часто встречающиеся ошибки, допускаемые на этапе проектирования кабинета МРТ.

5.1. Отсутствие описания технологического процесса

Целью проектирования является обеспечение эффективного функционирования кабинета МРТ. Подробное описание всех технологических процессов кабинета, начиная от подготовки к проведению исследования и заканчивая выдачей готового заключения, позволит избежать значительного числа ошибок. Ниже рассмотрены процессы, зачастую не учтенные на этапе проектирования.

5.1.1. Транспортировка малоподвижных больных. Определение потоков движения пациентов позволяет исключить проблемы при транспортировке малоподвижных больных; использование каталки, как правило, учитывается в проектной документации для обеспечения ее прохождения до процедурной (минимальная ширина дверного проема – 1,2 м по СП 158.13330.2014), однако перепады высот напольных покрытий зачастую остаются без внимания. На рисунке 9 на пути движения расположены ступеньки. Также к препятствиям, затрудняющим транспортировку, относятся порожки.

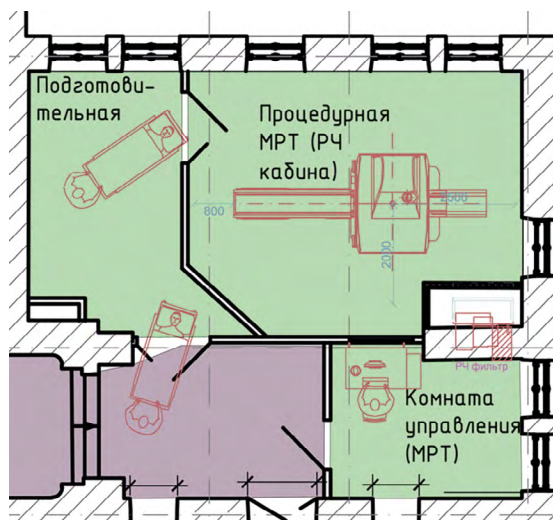


Рисунок 9 – Пример плана кабинета МРТ с ошибкой проектирования: ступеньки на пути движения каталки

Расположение комнаты управления в данном примере также является неоптимальным (см. п. 5.1.2).

Кроме того, следует учитывать необходимость использования МР-совместимых кресел и каталок в кабинете МРТ. Поступающих из других отделений МПП следует пересадить / переложить в МР-совместимое кресло / каталку за пределами зоны III, с этой целью должно быть предусмотрено отдельное помещение или часть помещения.

5.1.2. Сканирование на наличие имплантатов и других металлоконструкций в теле пациента должно производиться за пределами зоны III. При этом необходимо учитывать влияние кресел и каталок из ферромагнитных материалов на чувствительность ручных, рамочных и стоечных детекторов (МР-совместимые кресла и каталки, как правило, также содержат ферромагнитные элементы, например, подшипники, и могут влиять на показания прибора).

В вышеприведенном примере (рис.9) не указана линия индукции 0,5 мТл. В случае, если данная область для конкретного МР-томографа будет располагаться в подготовительной комнате, сканирование пациента ручным металлодетектором, а также замену кресел/каталок на МР-совместимые следует выполнять в коридоре.

5.1.3. Контроль состояния пациента во время исследования в случае размещения пульта управления так, как это показано на рисунке 9, возможен только с использованием видеосвязи, не отображенной в проектной документации. Кроме того, относительно большое расстояние от рабочего места оператора МР-томографа до входа в процедурную увеличивает время реакции в случае чрезвычайной ситуации.

5.1.4. Порядок действий в случае аварийной ситуации (при угрозе жизни или здоровью пациента, сотрудника МО) также должен учитываться при проектировании.

В данном примере указано, что дверь в процедурную открывается внутрь, что, согласно требованиям (п. 3.4), недопустимо без использования соответствующего клапана (аварийного люка). Отсутствие клапана в ТП приведет к тому, что он не будет установлен при монтаже.

5.2. Отсутствие зонирования

Соблюдение требований зонирования помещений кабинета МРТ в значительной степени обеспечивается на этапе проектирования.

Ограничение доступа пациентов и персонала МО в зоны III и IV часто игнорируется. В случае, когда процедурная комната и комната управления имеют

отдельные входы из общей подготовительной комнаты или коридора, доступ может быть ограничен, например, замком, разблокирующимся в случае срабатывания пожарной сигнализации и с пульта охраны.

Пример планировки, при которой возможно беспрепятственное проникновение пациента в процедурную комнату, показан на рисунке 10.

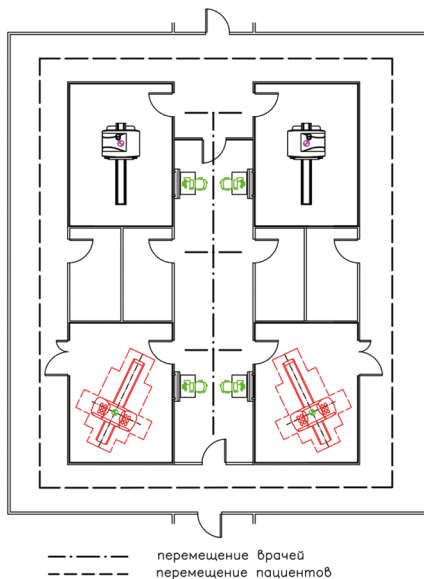


Рисунок 10 – Пример планировки, при которой возможно беспрепятственное проникновение пациента в процедурную комнату

К наиболее часто встречающимся ошибкам в проектной документации можно отнести полное отсутствие изолиний постоянного магнитного поля, в частности – области 0,5 мТл на чертежах или отображение данной области только в одной (горизонтальной) плоскости.

На рисунке 11 показан план размещения МР-томографа с картой изолиний, однако карта представлена лишь в горизонтальной плоскости. Значения индукции магнитного поля также отсутствуют.



Рисунок 11 – Пример некорректного отображения карты изолиний индукции магнитного поля

Помимо изолинии 0,5 мТл, следует также отметить необходимость обозначения данной области при помощи разметки на полу и предупреждающих знаков.

Размещение в области с высокой (0,5 мТл и более) индукцией магнитного поля зон ожидания для пациентов, рабочих мест (исключением является рабочее место оператора МРТ) недопустимо.

Отсутствие требований к ограничению доступа в проектной документации вероятно приведет к тому, что данные меры не будут предприняты. Так, в коридоре, смежном с процедурной кабинета МРТ, может быть организована зона ожидания для пациентов, пересекающаяся с областью, нахождение в которой лицам с активными ИМИ запрещено. Над процедурной часто могут располагаться кабинеты врачей и даже палаты стационара. Пример некорректного расположения комнаты отдыха персонала показан на рисунке 12.

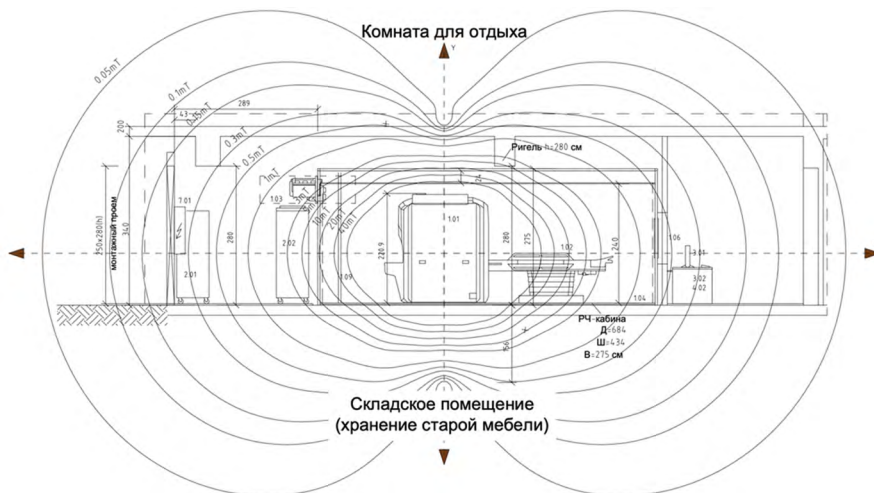


Рисунок 12 – Комната отдыха персонала располагается над процедурной МРТ

5.3. Отсутствие важных дополнительных сведений о планировке

5.3.1. В примере на рисунке 9 не отображена РЧ-кабина, внутренние габариты которой меньше, чем процедурной. Это может привести к тому, что не будет соблюдено минимально необходимое расстояние между корпусом МР-томографа с РЧ-кабиной.

5.3.2. На рисунке 13 представлен расширенный план из примера в п. 5.1.1, в котором техническая комната расположена удаленно (не смежно с процедурной). Такое размещение допустимо, хотя и не является оптимальным. Однако основные коммуникации из технической комнаты пойдут к РЧ-фильтру, который расположен в несущей стене. Для РЧ-фильтра и прокладки коммуникаций к нему потребуются выполнить проем значительных размеров, что может оказаться невозможным по конструктивным соображениям. Кроме того, в проекте не отображены места присоединения воздуховодов системы кондиционирования РЧ-кабины и не проработаны их трассы.

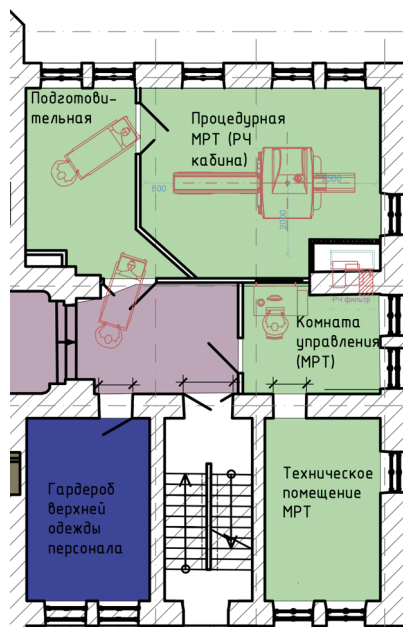


Рисунок 13 – Пример удаленного расположения технической комнаты относительно процедурной

5.4. Отсутствие важных дополнительных сведений о прилегающей территории

Каждый МР-томограф со сверхпроводящим магнитом оснащен выводом для аварийного сброса гелия. В случае размещения в доступных для персонала или посетителей МО местах вывод квенч-трубы должен быть огорожен. Применение информационных табличек не может считаться достаточным для ограничения доступа в опасную зону. Также недопустимо размещение вывода квенч-трубы вблизи открывающихся окон. Примеры некорректной организации аварийного сброса гелия показаны на рисунке 14.

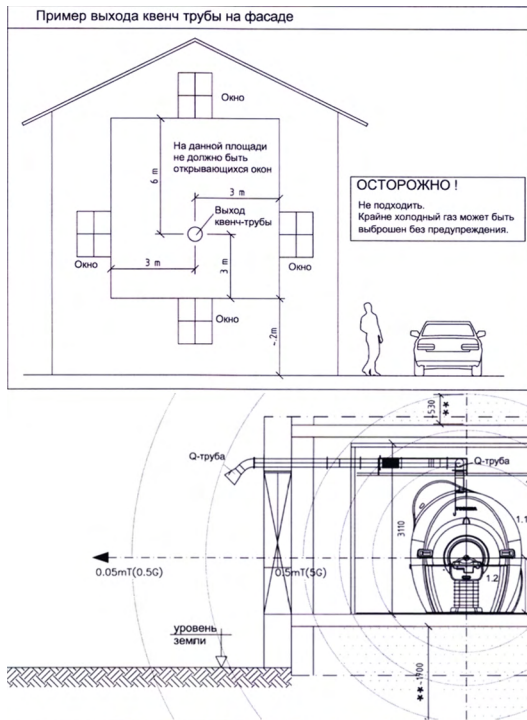


Рисунок 14 – Примеры некорректного вывода квенч-трубы

Следующий пример демонстрирует необходимость включения схемы прилегающей территории в проектную документацию. В связи с тем, что большинство производителей МР-томографов устанавливают ограничение на движение крупных магнитных объектов (таких как лифт, эскалатор, погрузчик, общественный транспорт и др.) вблизи томографа, отсутствие данных о проезжей части вдоль здания может привести к некорректной работе оборудования. На рисунке 15 приведен пример, когда в проекте не была указана проезжая часть вдоль здания со стороны процедурной кабинета МРТ.

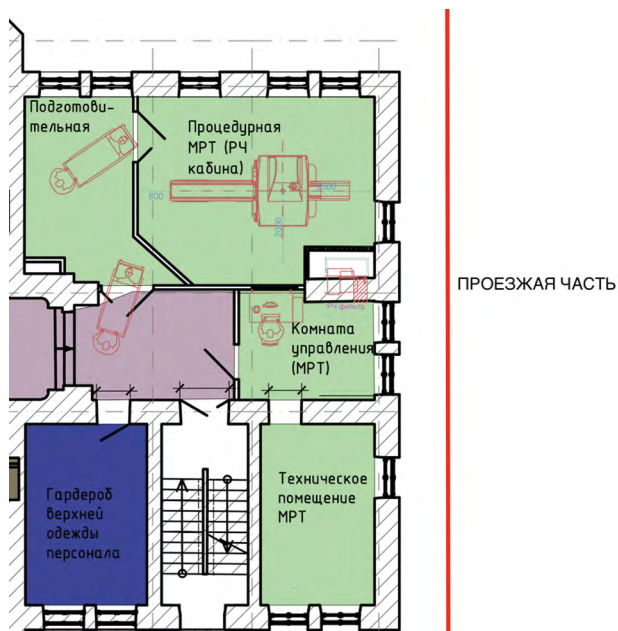


Рисунок 15 – В проекте не была указана проезжая часть вдоль здания со стороны процедурной МРТ

То же можно сказать и об ограничениях на минимальное расстояние до рентгеновского оборудования. При наличии таких объектов вблизи МР-томографа следует указывать расстояние до них на плане этажа для подтверждения согласованности с требованиями производителя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе представлены рекомендации, направленные на формирование общего перечня требований к проектной документации на кабинет МРТ с точки зрения обеспечения безопасности. Применение данных методических рекомендаций не отменяет обязанности разработчика четко следовать действующей нормативной документации, однако позволит максимально учесть все факторы риска еще на этапе проектирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сергунова К.А., Ахмад Е.С., Петряйкин А.В. [и др.]. Основы безопасности при проведении магнитно-резонансной томографии: методические рекомендации // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». М., 2019. Вып. 63. С. 56.
2. Сергунова К.А., Петряйкин А.В., Гомболевский В.А. [и др.]. Методические рекомендации по разработке инструкций по охране труда для персонала кабинета (отделения) магнитно-резонансной томографии // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». М., 2017. Вып. 7. С. 32.
3. Bronskill M.J. et al. AAPM REPORT NO. 20. Site planning for magnetic resonance imaging systems. New York, 1986. 59 p.
4. American College of Radiology Committee on MR Safety. ACR Manual on MR Safety // American College of Radiology. 2020. URL: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Radiology-Safety/MR-Safety/Manual-on-MR-Safety.pdf> (дата обращения: 20.10.2020).

Приложение А

Общий алгоритм проведения МР-исследования

Основное взаимодействие с пациентом при проведении исследования осуществляет рентгенолаборант кабинета МРТ. В общем случае осуществляется следующий порядок действий:

1. Проверка наличия предыдущих исследований.
2. Идентификация пациента.
3. Коммуникация с пациентом (описание процедуры, успокоение).
4. Определение антропометрических параметров (рост и вес).
5. Информирование и опрос.
6. Заполнение анкеты-опросника.
7. Переодевание.
8. Сканирование на наличие металлических объектов.
9. Укладка пациента с применением соответствующих РЧ-катушек и датчиков.
10. Проверка работоспособности систем аудио- и видеосвязи, инструктаж по применению «тревожной кнопки».
11. Установка катетера (в случае исследования с контрастированием).
12. Проведение исследования.
13. Переодевание.

Как правило, оператором МР-томографа также выступает рентгенолаборант, однако при сканировании сложных пациентов, настройку протоколов могут выполнять врач-рентгенолог совместно с медицинским физиком (инженером).

Длительность МР-исследования, как правило, составляет 30–60 минут, в зависимости от назначения (коротких исследований – от 15 минут). При этом в некоторых случаях в процедурной может находиться сопровождающий.

При проведении исследования малоподвижным пациентам или пациентам без сознания требуется дополнительное время на осмотр и укладку, предварительное проведение компьютерной томографии или рентгенографии. Также могут применяться системы мониторинга витальных функций, вентиляции легких и др.

После проведения исследования врач-рентгенолог анализирует и описывает полученные изображения за рабочей станцией врача (может располагаться удаленно). В зависимости от структуры медицинской организации заключение и снимки выдаются пациенту или передаются лечащему врачу, как правило, на следующий день после исследования.

Приложение Б

Пример информационного плаката о присутствии магнитного поля



**ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ
И ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ**

+ 7 (495) 276 04 36 127051, г. Москва, ул. Петровка, д. 24 tele-med.ai

ОСТОРОЖНО! МАГНИТНОЕ ПОЛЕ!

ВЫ НАХОДИТЕСЬ В ОБЛАСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОГО ТОМОГРАФА

 Внимание! Сильное магнитное поле.

 Внимание! Высокочастотное поле.

 Не входить с активными имплантатами:
кардиостимуляторами, водителями ритма, инсулиновыми
помпами и другими!

 Не входить с металлическими имплантатами!

 Возможно притягивание и размагничивание.
В кабинет МРТ запрещен вход с металлическими объектами:
ключами, часами, телефонами, кредитными картами, металли-
ческими монетами.

 Использовать только MR-совместимые огнетушители, каталки,
газовые баллоны, медицинские инструменты.

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»



ДЛЯ ЗАМЕТОК



ДЛЯ ЗАМЕТОК



ДЛЯ ЗАМЕТОК

Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики»

Выпуск 74

Составители:

*Семенов Дмитрий Сергеевич
Смирнов Алексей Владимирович
Ахмад Екатерина Сергеевна
Сергунова Кристина Анатольевна
Васильев Юрий Александрович
Солдатов Илья Владимирович
Морозов Сергей Павлович*

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ КАБИНЕТА МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Методические рекомендации

Отдел координации научной деятельности ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»
Технический редактор А.И. Овчарова
Компьютерная верстка Е.Д. Бугаенко

ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»
127051, г. Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1



+7 (495) 276-04-36



info@npcmr.ru



www.tele-med.ai