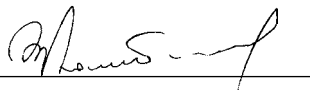


**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель министра



В.В. Колбанов

11 апреля 2003 г.

Регистрационный № 21-0103

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МЕДИЦИНСКИХ
УСКОРТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОНОВ**

Инструкция по применению

Учреждение-разработчик: ГУ «Научно-исследовательский институт онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова»

Авторы: д-р техн. наук, проф. И.Г. Тарутин, канд. техн. наук А.Г. Страж, Г.В. Гацкевич

1. ВВЕДЕНИЕ

Контроль качества радиотерапевтического оборудования является составной частью гарантии качества лучевой терапии — системы мероприятий по контролю качества всего технологического процесса лучевой терапии. Поскольку аппараты для облучения больных являются главным элементом в процессе лучевого лечения, проверка качества их работы имеет особое значение для достижения успешного результата.

Медицинские ускорители электронов, предназначенные для проведения облучения онкологических больных, представляют собой сложные электрофизические установки, требующие квалифицированного обслуживания и тщательного контроля характеристик фотонного излучения и электронов. Унификация методов контроля осуществляется с помощью специальных протоколов контроля качества.

Настоящий протокол создан по заданию Министерства здравоохранения Республики Беларусь в рамках социального заказа, предусмотренного «Программой ограничения медицинского облучения населения», принятой Министерством здравоохранения РБ 25 июня 2000 г. (Постановление № 20).

Протокол разработан на основе анализа существующих протоколов других стран мира, а также рекомендаций международных организаций. В протоколе учтены требования белорусских нормативных документов для кабинетов и отделений лучевой терапии, действующих в 2002 г.

Для оценки качества дозиметрических характеристик протокол предусматривает использование разработанных в 1999 г. белорусских протоколов для определения поглощенной дозы в лучевой терапии фотонными пучками высокой энергии и электронами.

Протокол предусматривает проверку характеристик медицинских ускорителей электронов, впервые установленных в лечебном учреждении, а также после их модернизации. Кроме этого в протоколе указан порядок текущих проверок характеристик ускорителей: ежедневных, еженедельных, ежеквартальных и годовых.

Настоящий протокол не распространяется на проверку технических характеристик различных систем ускорителей, не влияю-

щих непосредственно на геометрию облучения и предусмотренных инструкциями по эксплуатации, входящими в комплект технической документации.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПОДЛЕЖАЩИЕ КОНТРОЛЮ, И ТОЛЕРАНТНЫЕ УРОВНИ

Контролю качества на медицинских ускорителях электронов подвергаются пять групп характеристик:

- характеристики системы радиационной безопасности;
- геометрические характеристики полей облучения;
- характеристики устройств, применяемых для укладки пациентов;
- характеристики систем управления, влияющих на геометрию облучения;
- дозиметрические характеристики полей облучения.

2.1. Характеристики системы радиационной безопасности

На медицинских ускорителях электронов проверяются следующие параметры безопасности:

- информационные табло;
- предупреждающие звуковые сигналы;
- дверные блокировки на входе в процедурное помещение;
- аварийные выключатели;
- система механической безопасности пациента;
- сигнализатор радиационного фона;
- работоспособность механического ключа ускорителя;
- наличие заземляющих штанг в шкафах высоковольтного питания;
- источник аварийного освещения;
- системы телевизионного наблюдения и громкоговорящей связи.

2.2. Геометрические характеристики выходных устройств ускорителя

На медицинском ускорителе электронов проверяются следующие геометрические характеристики:

- девиация изоцентра; величина отклонения центра стандартного поля облучения от геометрической оси вращения штатива не должна превышать 2 мм при любом угле поворота штатива;

- установка нулевого положения штатива; величина углового отклонения штатива от положения «0» не должна превышать $0,5^\circ$;
- установка нулевого положения механизма диафрагмы; величина углового отклонения нулевого положения механизма диафрагмы от положения «0» не должна превышать $0,5^\circ$;
- совпадение оси вращения диафрагмы с осью светового имитатора поля облучения; величина отклонения центра светового поля облучения от оси вращения диафрагмы не должна превышать 2 мм.

2.3. Параметры устройств, применяемых при укладке пациентов

На медицинском ускорителе электронов проверяются следующие параметры, необходимые для точного размещения пациента на лечебном столе:

- яркость светового имитатора поля облучения; величина яркости должна быть не менее 40 лк;
- наведение световых, механических и лазерных боковых, латерального и обратного центраторов на изоцентр; допустимая величина отклонения от изоцентра — не более 2 мм в любую сторону;
- перемещения деки терапевтического стола и тормозов; перемещения должны быть свободными, без заеданий; тормоза должны срабатывать без отказов;
- клиновидные фильтры, решетки, теневые блоки; не должны иметь вмятин, сколов, облупившейся краски;
- подвесная платформа для установки формирующих принадлежностей; не должна иметь вмятин на направляющих;
- совпадение размеров поля с величинами, указанными на шкалах излучателя; допустимое отклонение не более 2 мм.

2.4. Параметры системы управления аппаратом

- пульт управления или управляющий компьютер; должны безотказно работать в режимах имитации излучения и при работе с пучками фотонов и электронов;
- установка заданных углов ротации, задаваемая системой управления; задаваемая с пульта управления величина угловых отклонений от заданного положения не должна превышать $0,5^\circ$;

- скорость ротации;
- установка заданных размеров поля с пульта управления или управляющего компьютера; допустимое отклонение не более 2 мм.

2.5. Дозиметрические характеристики

– Симметрия радиационного поля относительно указателей центра поля; допустимый предел отклонения границ поля от центра — не более 2 мм;

– совпадение границ светового и радиационного полей; допустимый предел отклонения не более 2 мм по каждой стороне поля;

– калибровка мониторов пульта управления ускорителем по дозе; допустимое отклонение цены мониторной единицы от величины дозы в сантигреях, определяемой в максимуме дозы в водном фантоме, не более 1%; проверка осуществляется для всех энергий фотонов и электронов;

– стабильность цены мониторной единицы в течение дня; допустимое отклонение цены мониторной единицы на всех энергиях фотонов и электронов в течение одного дня не должно превышать 1%;

– долговременная стабильность цены мониторной единицы; допустимое отклонение цены мониторной единицы на всех энергиях фотонов и электронов в течение одного квартала не должно превышать 1%;

– мощность поглощенной дозы в стандартных условиях; допустимое отклонение цены мощности мониторных единиц в минуту от величины мощности поглощенной дозы в сантигреях, определяемой в максимуме в водном фантоме, не более 2%; проверка осуществляется для всех энергий фотонов и электронов;

– энергия фотонов и электронов; допустимое отклонение от заданной величины энергии фотонов и электронов не более 2%;

– зависимость мощности поглощенной дозы от размеров поля облучения;

– влияние платформы для установки формирующих принадлежностей на мощность поглощенной дозы;

– мощность поглощенной дозы в стандартной точке при установке клиновидных фильтров.

3. МЕТОДИКИ ПРОВЕРКИ ПОДЛЕЖАЩИХ КОНТРОЛЮ ХАРАКТЕРИСТИК

3.1. Проверка характеристик системы радиационной безопасности

3.1.1. Проверка информационных табло и табло безопасности

Проверяются информационные табло, расположенные на пульте управления ускорителем, а также табло, сигнализирующие о выпуске излучения. К таковым относятся табло с надписью «Не входить» над дверью в процедурное помещение, табло красного, желтого и зеленого цвета, характеризующие состояния включения ускорителя: включение ускорителя (зеленый цвет), перевод его в состояние готовности (желтый цвет) и включение излучения (красный цвет). Проверка начинается с контроля горящих лампочек при включении ускорителя. Затем аппарат включается и контролируется включение ламп, сигнализирующих о выпуске излучения. После выключения аппарата снова контролируется зажигание ламп, характеризующих выключенное состояние аппарата.

При компьютерном управлении ускорителем осуществляется проверка надписей на экране монитора, характеризующих включение и выключение выпуска излучения.

Проверка осуществляется дежурным оператором с отметкой в специальном протоколе контроля качества, форма которого приведена в Приложении 2.

3.1.2. Проверка предупреждающих звуковых сигналов

Предупреждающие звуковые сигналы подаются при включении излучения, его выключении, а также при возникновении аварийной ситуации. Сигнализатор радиационного фона может подать звуковой сигнал в случае превышения контрольного уровня мощности дозы.

Проверка осуществляется при включении излучения (открытии затвора, выводе источника излучения в рабочее положение и т.п.), при перекрытии излучения (закрытии затвора, возврате источника в положение хранения и т.п.). Проверка звукового сигнала сигнализатора радиационного фона осуществляется путем снижения порога срабатывания прибора до нулевого значения, после чего заданный порог срабатывания восстанавливается.

3.1.3. Проверка дверных блокировок на входе в процедурное помещение

Проверка дверных блокировок на входе в процедурное помещение осуществляется дежурным оперативным персоналом перед началом работы аппарата. Проверяются два вида блокирования:

1. После включения излучателя открывается дверь в процедурное помещение. При этом излучение должно выключиться.

2. Включается выпуск излучения при открытой двери в процедурное помещение. Аппарат не должен включить излучение.

Проверка обоих видов блокирования проводится три раза, после чего делается отметка о работоспособности системы в протоколе контроля качества, форма которого приведена в Приложении 2.

3.1.4. Проверка аварийных выключателей

Аварийные выключатели располагаются на пульте ускорителя (красные кнопки, кнопки с надписью «Стоп», функциональные клавиши с надписью «Стоп» на клавиатуре управляющего компьютера), а также в различных местах процедурного помещения. При проверке кнопки (клавиши) нажимаются при включенном излучении. Излучение должно быть прервано. При нажатии аварийных кнопок в процедурном помещении включение излучателя блокируется в любой момент времени. Для дальнейшей работы необходимо провести деблокирование аварийных выключателей в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Проверка аварийных выключателей осуществляется дежурным оператором не менее трех раз, после чего делается отметка в протоколе контроля качества, форма которого приведена в Приложении 2.

3.1.5. Проверка системы механической безопасности пациентов (стоп-рамки)

Система механической безопасности пациентов представляет собой стоп-рамку и предназначена для отключения аппарата, в том числе всех движений консоли и излучателя, для избежания столкновения пациента с движущимися частями аппарата.

При проверке необходимо при поданном напряжении на аппарат нажать стоп-рамку. Аппарат должен подать звуковой сигнал и отключить все движения консоли и излучателя. После нажатия деблокирующих кнопок или клавиш аппарат должен прийти в исходное

состояние. Проверка стоп-рамки осуществляется дежурным оператором не менее трех раз, после чего делается отметка в протоколе контроля качества, форма которого приведена в Приложении 2.

3.1.6. Проверка сигнализатора радиационного фона

Проверка сигнализатора радиационного фона осуществляется при включенном излучении. Прибор должен показать контрольный уровень излучения, характеризующий нормальную радиационную обстановку в процедурном помещении. Дежурным оператором делается отметка в протоколе контроля качества.

3.1.7. Проверка работоспособности ключа на пульте управления

Проверка заключается в попытке включить ускоритель при нахождении ключа в положении «Задание» или «Имитация». Ускоритель не должен включить излучение. Затем проверяется выключение ускорителя при переводе ключа из положения «Работа» в положение «Задание» или «Имитация». Ускоритель должен выключиться.

3.1.8. Проверка электрической безопасности ускорителя

Проверка осуществляется специалистами электроучастков учреждений либо соответствующих организаций, обслуживающих лечебное учреждение. После проверки величины сопротивления заземления составляется специальный протокол по утвержденной форме.

3.1.9. Проверка аварийного освещения

Осуществляется при выключении питающего напряжения на аппарате. Лампа аварийного освещения должна гореть в течение времени, достаточного для эвакуации пациента из процедурного помещения (10–15 мин).

3.1.10. Проверка систем телевизионного наблюдения и громкоговорящей связи

Проверка осуществляется с помощью визуального контроля качества телевизионного изображения и путем оценки качества передаваемой информации в обоих направлениях в системах громкоговорящей связи.

3.2. Проверка геометрических характеристик выходных устройств ускорителя

3.2.1. Проверка установки нулевого положения штатива ускорителя

Устанавливается с пульта управления аппарата или с помощью манипулятора положение штатива « 0° ». Устанавливается отвес на штативе таким образом, чтобы он проходил через деление « 0° » на шкале углов. Проверяется угол в нижней части лимба, через который проходит отвес. Штатив аппарата устанавливается в вертикальное положение в том случае, когда отвес проходит через деления лимба « 0° » и « 180° », а также через ось вращения штатива, если она указана на аппарате. Проверка установки « 0 » осуществляется при двух направлениях вращения штатива.

3.2.2. Проверка установки нулевого положения механизма диафрагм

На лечебном столе вертикально устанавливается пластина из полистирола с нанесенными на ней перпендикулярными линиями, проходящими через центр пластины. Вертикальность линий проверяется отвесом. Консоль аппарата устанавливается под углом 90° . Совмещается перекрестие, имеющееся на аппарате, с перекрестием на пластине, установленной на столе. После совмещения линий производится отсчет на шкале механизма поворота диафрагм.

3.2.3. Проверка совпадения оси вращения диафрагмы с осью светового имитатора поля облучения

Штатив аппарата устанавливается в положение « 0° ». Наилучшим способом проверки является применение специального конуса. Конус прикрепляется к выходному окну излучателя. Острие стандартного конуса должно совпадать с осью вращения коллиматора. Конец острия конуса должен совпадать с осью вращения консоли аппарата. Конус позволяет также проверять девиацию изоцентра и правильность показаний дальномера. На лечебном столе прикрепляется лист бумаги, и острие конуса подводится вплотную к ней. Отмечается точка соприкосновения конуса с бумагой. После этого начинают поворачивать диафрагму вокруг вертикальной оси, через каждые 15° отмечая такие же точки. В результате на бумаге

будет нарисована замкнутая кривая, максимальный размер по любому диаметру которой не должен превышать 2 мм. После этого конус убирается. На бумагу проецируется перекрестие светового поля-имитатора. Повторяется вращение коллиматора с отметкой через 15° точек пересечения перекрестия с бумагой. На бумаге появляется вторая замкнутая кривая, максимальный размер по любому диаметру которой не должен превышать 2 мм. Расстояние между центрами двух нарисованных кривых не должно превышать 2 мм. Вторая часть процедуры должны быть повторена при расстоянии «источник — поверхность» (РИП), увеличенном на 20 см. Расхождение показаний также не должно превышать 2 мм.

3.2.4. Проверка правильности показаний светового указателя РИП облучаемого объекта

Правильность показаний дальномера проверяется в диапазоне РИО ± 20 см. Лучшим способом проверки является считывание показаний дальномера на плоскости, проходящей через изоцентр. Плоскость устанавливается по конусу (переднему центратору). Если в комплекте ускорителя конус отсутствует, он должен быть изготовлен пользователем. Конус приставляется «пяткой» к нижней плоскости диафрагмы. Длина конуса рассчитывается по данным фирмы-изготовителя о расстоянии от нижней плоскости диафрагмы до изоцентра. Расхождение величины РИО, установленного по конусу, с показанием оптического дальномера не должно превышать 2 мм. Далее можно проверить правильность показаний дальномера на других расстояниях. При этом необходимо измерить величину изменения РИП по шкалам лечебного стола либо с помощью независимой металлической линейки. Предел расхождения показаний — 2 мм.

3.2.5. Проверка размеров светового поля облучения

Размеры светового поля сравниваются на стандартном РИП с величинами, указанными на шкалах аппарата. Для каждой стороны поля отклонение не должно превышать 2 мм. Контроль осуществляется для полей 5 × 5, 10 × 10, 20 × 20 см и максимального по каждой стороне. Проверяется величина отклонения и для углов консоли, отличных от вертикального.

3.2.6. Проверка девиации изоцентра

На излучатель устанавливается стандартный конус, острие которого находится в изоцентре. Консоль аппарата устанавливается в положение 0° . На столе устанавливается пластина с острием, которое подводится к острию конуса. После этого консоль аппарата поворачивается на углы 30° , 60° , 90° и т.д. В каждом положении измеряется расстояние между остриями и на бумаге рисуется образовавшийся овал или окружность. Изоцентром будет являться центр этой окружности. Ее диаметр не должен превышать 3 мм. При отклонении основного острия от центра более чем на 2 мм в любую сторону необходимо внести поправки в положение конуса и повторить измерение.

Возможно применение и других приспособлений для проверки девиации изоцентра, например кубика из любого материала с размерами граней 4–5 см, на двух противоположных боковых, верхней и нижней гранях которого тщательно нанесены кресты, причем их центры должны проходить через центры граней, а линии быть параллельными его ребрам. Центры световых указателей поля должны совпадать с центрами крестов на гранях кубика при углах поворота консоли аппарата 0° , 90° , 180° и 270° . Отклонение пересечений фиксируется на бумаге таким же образом, как и в случае применения конуса. Далее определяется положение изоцентра и вычисляется максимальное отклонение.

3.3. Проверка характеристик устройств, применяемых при укладке пациентов

3.3.1. Проверка боковых и латерального центраторов

Боковые центраторы (обычные световые или лазерные) проецируют на объект, находящийся на лечебном столе, линии в виде креста. Все углы поворота на аппарате должны быть установлены в положение 0° . На столе устанавливается пластина с нанесенным на ней крестом, одна линия которого расположена строго вертикально, а другая — строго горизонтально. Пластина устанавливается в положение, при котором центр креста будет совпадать с центром креста светового поля аппарата, повернутого на угол 90° , а затем на угол 270° . Далее аппарат поворачивается в положение 0° . Кресты

боковых центраторов должны совпадать с центром креста, нанесенного на пластине. Расхождение центров не должно превышать 2 мм. Расхождение вертикальных и горизонтальных линий также не должно превышать 2 мм на расстоянии 20 см от центра поля во все стороны. Линия, создаваемая латеральным (задним) центратором, не должна отклоняться от латеральной линии светового поля более чем на 2 мм.

Очень удобным для проверки геометрических параметров аппаратов лучевой терапии является устройство «Iso-align» американской фирмы «Medtec». Оно позволяет проводить любые проверки геометрических параметров гамма-терапевтических аппаратов и медицинских ускорителей под любыми углами консоли аппарата.

3.3.2. Проверка горизонтальности положения деки лечебного стола при ее перемещениях и тормозов

Проверка осуществляется по уровню при продольных и поперечных перемещениях деки. Допустимое отклонение края стола не более 5 мм при нагрузке на край стола 80 кг. Тормоза должны срабатывать надежно, без заеданий и люфтов.

3.3.3. Проверка величин перемещений деки лечебного стола

Проверяются величины вертикального, продольного и поперечного движения деки стола при управлении ими с помощью ручного пульта-манипулятора, а также от системы управления ускорителем. Задаются величины смещений или конечных положений деки. Величина перемещений проверяется с помощью металлической линейки.

3.3.4. Проверка клиновидных фильтров, теневых блоков

Контролируются клиновидные фильтры, формирующие блоки, вкладыши, на которых крепятся фильтры и блоки, подвески, в которых крепятся вкладыши. Фильтры и блоки не должны иметь вмятин. Если они изготовлены из свинца, то должны быть полностью окрашены во избежание контакта персонала со свинцом. Должны быть проверены механизмы крепления подвесок, вкладышей, фильтров и блоков на надежность для предотвращения их падения на пациента при различных углах поворота консоли. Проверяется правильность функционирования системы электронного кодирования клиновидных фильтров, если такая система на аппарате установлена.

3.3.5. Проверка подвесной платформы для установки фильтров и блоков

Проверяется надежность фиксации платформы к выходной плоскости диафрагмы, а также ее горизонтальность в положении «0» консоли и излучателя аппарата. Горизонтальность проверяется с помощью уровня. Отклонение от горизонтали не должно превышать $0,5^\circ$.

3.3.6. Проверка контактов тубусов, вкладышей, плат для установки фильтров и блоков

Проверяется правильность функционирования системы электронного кодирования платформ для размещения тубусов и вкладышей, самих тубусов и вкладышей, если такая система на аппарате установлена. На экране системы управления должны указываться установленные платформы, тубусы и вкладыши. При неправильной их установке система управления должна блокировать работу ускорителя и сигнализировать на экране о неисправности.

3.4. Проверка характеристик системы управления ускорителя

3.4.1. Проверка пульта управления или управляющего компьютера

Проверяется работоспособность пульта управления и управляющего компьютера в режиме имитации излучения, а также с пучком в режиме применения фотонов и электронов, при нескольких экспозициях, трех-четырех размерах поля облучения и углах поворота штатива. Программы облучения должны быть выполнены без сбоев и прерываний.

3.4.2. Проверка таймеров

Проверяется правильность показаний таймера для трех значений времени экспозиции: реального времени сеанса облучения на момент проверки и для вдвое большего и вдвое меньшего времени. Разница показаний основного и контрольного таймеров, а также момента выключения излучения не должна превышать 1 с для механического таймера и 0,01 мин для электронного. При отсутствии контрольного встроенного таймера проверка осуществляется с помощью переносного (ручного) секундомера.

3.4.3. Проверка установки углов ротации, задаваемых системой управления

Проверка осуществляется путем задания углов поворота консоли (угла ротации) с пульта управления или управляющего компьютера. Отклонение от заданного значения не должно превышать $0,5^\circ$.

3.4.4. Проверка величины угловой скорости ротации

Проверка осуществляется путем задания угла поворота консоли и рассчитанного времени вращения с пульта управления или управляющего компьютера. Время поворота консоли на заданный угол проверяется с помощью контрольного секундомера, после чего рассчитывается скорость движения. Допустимое отклонение угла ротации от заданного не должно превышать $0,5^\circ$, а времени движения от заданного не должно превышать значений, указанных в п. 3.4.2.

3.4.5. Проверка установки размеров поля, задаваемых с помощью системы управления

Проверка осуществляется путем задания размеров поля управляющим компьютером. Проверяются размеры поля 5×5 см, 10×10 см, 20×20 см и максимальный на уровне изоцентра. Допустимое отклонение не должно превышать 2 мм.

3.5. Контроль дозиметрических характеристик, влияющих на точность отпуска дозы

3.5.1. Необходимое оборудование

Для контроля дозиметрических параметров медицинских ускорителей электронов необходимо иметь:

- поверенный клинический дозиметр с набором ионизационных камер для измерения пучков фотонов и электронов;
- автоматизированный водный фантом с трехкоординатным перемещающим устройством, компьютерным управлением и пакетом программ для управления фантомом, а также для обработки и представления полученной дозиметрической информации;
- электрометр (или иной прибор), позволяющий измерять отношение сигналов от двух дозиметрических камер;
- матричный дозиметр для быстрой проверки симметрии радиационного поля («quick check»);
- гомогенный твердотельный фантом.

3.5.2. Необходимые термины и определения

Эффективный центр ионизационной камеры для измерений фотонов — эффективный центр цилиндрической ионизационной камеры для фотонов с энергией выше 1 МэВ расположен на расстоянии 0,6 внутреннего радиуса рабочего объема камеры от ее геометрического центра по направлению к источнику излучения.

Эффективный центр ионизационной камеры для измерений электронов — эффективный центр цилиндрической ионизационной камеры для электронов с энергией выше 4 МэВ расположен на расстоянии 0,5 внутреннего радиуса рабочего объема камеры от ее геометрического центра по направлению к источнику электронов. Для плоскопараллельной камеры (например камеры Маркуса) эффективный центр расположен на внутренней поверхности входного окна.

Размер радиационного поля облучения. За размер радиационного поля вдоль оси OX (оси OY) принимают расстояние между двумя точками на кривой профильного распределения мощности поглощенной дозы, снятой на поверхности фантома на стандартном РИП, в которых значение мощности дозы составляет 50% от мощности дозы в центре радиационного поля.

РИП — расстояние от источника излучения до поверхности фантома (объекта).

РИД — расстояние от источника излучения до детектора (измерительной камеры).

Индекс качества излучения (TPR^{20}_{10}). Индекс качества фотонного излучения равен отношению мощностей поглощенных доз, измеренных в водном фантоме на глубинах 20 и 10 см соответственно на РИД = 100 см.

Полутень на профильном распределении относительной поглощенной дозы — расстояние, на котором происходит спад мощности поглощенной дозы от 80 до 20% от величины поглощенной дозы в центре поля облучения.

Симметрия радиационного поля — характеристика поля облучения, которая состоит в том, что расхождения между измеренными значениями поглощенных доз в двух любых точках, симметрично расположенных относительно центральной оси пучка излучения, взятых в области равномерного поля облучения, не должны превышать $\pm 3\%$.

Область равномерности радиационного поля — область поля облучения на стандартной глубине водного фантома, ограниченная контуром, определяемым стандартом МЭК (см. Приложение 1).

Цена мониторной единицы — среднее значение поглощенной дозы в сГр в водном фантоме на стандартной глубине и для стандартного поля за одну единицу показаний мониторной камеры.

3.5.3. Контроль дозиметрических параметров излучения

3.5.3.1. Контроль совпадения размеров радиационного поля с размерами, указанными на шкалах аппарата

Измерения проводятся на пучках фотонов одной энергии. Шта- тив аппарата устанавливается в положение 0°.

Устанавливается световое поле (по шкалам аппарата) размером 10 × 10 см при стандартном значении РИО.

Проверка может быть осуществлена двумя методами: с помо- щью ионизационной камеры и с помощью фотопленок.

1. Ионизационная камера с равновесным колпачком из латуни толщиной 2 мм для фотонов с энергией до 6 МэВ и 4 мм для фото- нов с энергией 15 МэВ и выше устанавливается в воздухе на рас- стоянии, равном стандартному РИО. Ось камеры должна совпадать с перекрестием светового поля. Измеряется мощность дозы в цен- тре радиационного поля. С помощью системы дозиметрического контроля (автоматизированного водного фантома) определяются две точки на главной оси X, а затем на главной оси Y (с одной и другой стороны от центра поля), в которых значения мощности дозы составляют 50% от мощности дозы в центре радиационного поля. Сумма расстояний от центра поля до точек расположения 50% значений дозы должна совпадать с величиной размеров поля, указанных на шкалах аппарата или в системе управления ускорите- лем. Расхождение не должно превышать 2 мм.

2. Фотопленка в конверте размещается на терапевтическом столе или в специальном планшете типа «Iso-align» или «КЮС-гамма». В первом случае на конверте карандашом проводятся линии, совпа- дающие с границами светового поля. Маркируется также крестом центр светового поля облучения. Планшеты сами по себе имеют эти маркировки, поэтому никаких линий проводить не надо. Затем

проводится облучение пленки. Необходимая доза подбирается для каждого типа используемой пленки экспериментально.

После проявления пленки проводится анализ радиационного поля и определяются размеры поля облучения по главным осям, которые сравниваются со значениями, указанными на шкалах аппарата. Точное определение границ поля осуществляется с помощью денситометра. Расхождение не должно превышать 2 мм.

Такая же проверка проводится для максимального размера поля. Проводится проверка и для углов поворота штатива 90° и 270° .

Измерения проводятся инженерами групп контроля качества с отметкой в специальном протоколе (см. Приложение 5).

3.5.3.2. Контроль симметрии радиационных полей относительно главных осей поля облучения

Проверка может быть осуществлена тремя методами: с помощью ионизационной камеры, матричной системы «quick check» и с помощью фотопленок.

Измерения проводятся на пучках фотонов. Излучатель аппарата устанавливается в положение 0° .

1. Устанавливается световое поле (по шкалам аппарата) размером 10×10 см на стандартном РИО. Ионизационная камера с равновесным колпачком устанавливается в водном фантоме на глубине 10 см в центре поля облучения. Поверхность воды должна находиться на РИО 10 см. Ось камеры должна совпадать с перекрестием светового поля. Измеряется мощность дозы в данной точке поля. С помощью системы дозиметрического контроля (автоматизированного водного фантома) определяются две точки на главной оси X, а затем на главной оси Y (с одной и другой стороны от центра поля), в которых значения мощности дозы составляют 50% от мощности дозы в центре радиационного поля. Расстояния от данных точек до центра поля не должны отличаться друг от друга более чем на 2 мм. Аналогично находятся точки, в которых значения мощности дозы составляют 90% от мощности дозы в центре радиационного поля. Расстояния от этих точек до центра поля также не должны отличаться друг от друга более чем на 2 мм. Измерения проводятся на полях размерами 10×10 , 20×20 см и на максимальном поле.

2. Устанавливается световое поле (по шкалам аппарата) размером 10×10 см на стандартном РИП. Прибор для быстрого определения симметрии радиационного поля «Quick check» располагается таким образом, чтобы его оси совпадали с главными осями радиационного поля, а центр поля регистрации — с центром поля облучения. При измерении на фотонах на поверхность матрицы накладывается слой органического стекла (полиметилметакрилата) толщиной 2–3 см. Сравнение проводится по показаниям ионизационных камер прибора в точках измерения. Максимальный размер поля определяется размерами поля регистрации прибора. Расхождение доз в точках, расположенных на главных осях поля облучения, не должно превышать $\pm 3\%$.

3. Устанавливается световое поле (по шкалам аппарата) размером 10×10 см на стандартном РИП. Фотопленка в конверте размещается на терапевтическом столе или в специальном планшете типа «Iso-align» или «КЮС-гамма». В первом случае на конверте карандашом проводятся линии, совпадающие с границами светового поля. Маркируется также крестом центр светового поля облучения. Планшеты сами по себе имеют эти маркировки, поэтому никаких линий проводить не надо. Затем проводится облучение пленки. Необходимая доза подбирается для каждого типа используемой пленки экспериментально. После проявления пленки проводится анализ радиационного поля и определяется расстояние между границами на каждой стороне поля и центрами полей. Точное определение границ поля осуществляется с помощью денситометра. Определяются также значения доз по главным осям в каждом направлении от центра на равных расстояниях. Расхождение доз в точках, расположенных на главных осях и на равных расстояниях от центра поля облучения, не должно превышать $\pm 3\%$.

Такая же проверка проводится для максимального размера поля. Проводится проверка и для углов поворота штатива 90° и 270° .

Измерения проводятся инженерами групп контроля качества с отметкой в специальном протоколе.

3.5.3.3. Контроль совпадения границ светового и радиационного полей облучения

Измерения проводятся на пучках фотонов. Излучатель аппарата устанавливается в положение 0° .

Проверка может быть осуществлена двумя методами: с помощью ионизационной камеры и с помощью фотопленок.

1. Устанавливается световое поле (по шкалам аппарата) размером 10×10 см на стандартном РИО.

Ионизационная камера с равновесным колпачком из латуни толщиной 2 мм для фотонов с энергией до 6 МэВ и 4 мм для фотонов с энергией 15 МэВ и выше устанавливается в воздухе на расстоянии, равном стандартному РИО. Ось камеры должна совпадать с перекрестием светового поля. Измеряется мощность дозы в центре радиационного поля. С помощью системы дозиметрического контроля (автоматизированного водного фантома) определяются по две точки на главной оси X, а затем на главной оси Y (с одной и другой стороны от центра поля), в которых значения мощности дозы составляют 50% от мощности дозы в центре радиационного поля. Сумма расстояний от центра поля до точек расположения 50% значений дозы должна совпадать с величиной размера поля, определенного по световому полю на том же расстоянии от источника излучения. Расхождение не должно превышать 2 мм.

2. Фотопленка в конверте размещается на терапевтическом столе или в специальном планшете типа «Iso-align» или «КЮС-гамма». В первом случае на конверте карандашом проводятся линии, совпадающие с границами светового поля. Маркируется также крестом центр светового поля облучения. Планшеты сами по себе имеют эти маркировки, поэтому никаких линий проводить не надо. Затем проводится облучение пленки. Необходимая доза подбирается для каждого типа используемой пленки экспериментально. После проявления проводится анализ светового и радиационного полей и определяется совпадение границ радиационного поля со значениями, указанными на шкалах аппарата. Точное определение границ поля осуществляется с помощью денситометра.

Такая же проверка проводится для максимального размера поля. Проводится проверка и для углов поворота штатива 90° и 270° .

Измерения проводятся инженерами групп контроля качества с отметкой в специальном протоколе.

3.5.3.4. Проверка совпадения центров светового и радиационного полей

Измерения проводятся на пучках фотонов в положении штатива ускорителя 0° .

После проверки совпадения границ светового и радиационного полей вычисляется положение центров этих полей путем деления величины размеров полей на два. Положение центров не должно отличаться друг от друга более чем на 2 мм.

Измерения следует повторить для различных размеров полей вплоть до максимальных, а также под углами 90° и 270° .

3.5.3.5. Проверка цены мониторной единицы поглощенной дозы фотонов и электронов в стандартных условиях

Проверка осуществляется путем измерения поглощенной дозы фотонов и электронов в стандартных условиях при заданном числе мониторных единиц системы управления ускорителем.

Измерения поглощенных доз фотонов и электронов осуществляются по следующим протоколам:

- «Белорусский протокол для определения поглощенной дозы в лучевой терапии фотонными пучками высоких энергий» (1999);
- «Белорусский протокол для определения поглощенной дозы в лучевой терапии пучками электронов высоких энергий» (1999).

При проведении ежеквартального контроля делается вывод о долговременной стабильности цены мониторной единицы на всех значениях энергии фотонов и электронов. Если в предыдущий период эксплуатации на ускорителе проводились ремонтные работы, связанные с неисправностями системы мониторинга дозы, проверка стабильности цены мониторной единицы не проводится.

3.5.3.6. Проверка стабильности показаний мониторов дозы в течение дня

Определяется цена мониторной единицы в начале, середине и конце рабочего дня. Отличия цены мониторной единицы от установленного (заданного) в процессе наладки значения не должны превышать 1%.

3.5.3.7. Проверка зависимости мощности дозы фотонов и электронов от размеров полей облучения

Измеряются значения поглощенных доз при заданном числе мониторинговых единиц (см. 3.5.3.5) для полей облучения размерами 3×3 , 5×5 , 8×8 , 10×10 , 15×15 , 20×20 , 25×25 , 30×30 , 35×35 , 40×40 см на стандартной глубине (10 см) в воде. Зависимость цены мониторинговой единицы от размеров поля облучения определяется путем нормировки измеренных значений поглощенной дозы по величине поглощенной дозы для поля 10×10 см.

Строится график полученной зависимости, который сравнивается с графиком, полученным во время предыдущих измерений. Расхождения не должны превышать 2%.

Примечания:

1. Зависимость цены мониторинговой единицы от размеров поля облучения определяется для каждой энергии тормозного излучения.

2. При планировании сеанса облучения поля прямоугольной формы необходимо приводить к эквивалентному квадратному полю.

Сторону эквивалентного квадратного поля определяют по формуле:

$$A_{\text{экв}} = \frac{2 \times A \times B}{A + B}$$

или $A_{\text{экв}} = \frac{2 \times A \times B}{A + B} \times \frac{1}{4 \times \ln(1 + \dots)}$,

где A и B — длина и ширина прямоугольного поля.

3.5.3.8. Измерение мощности дозы фотонов для полей с клиновидными фильтрами

Проверка осуществляется для прямоугольных полей при значениях углов поворота консоли ускорителя и коллиматора излучателя, равных 0° . Измерения проводятся в водном фантоме на стандартной глубине. Измеряется отношение мощности дозы при установленном на платформе клиновидном фильтре к мощности поглощенной дозы в стандартном открытом поле размером 10×10 см. Ось ионизационной камеры должна быть перпендикулярна оси симметрии клиновидного фильтра. Для каждого фильтра измере-

ния проводятся для нескольких размеров поля. Для каждого поля измерения проводятся при двух углах поворота коллиматора — 0° и 180° . При этом результаты измерений усредняются.

3.5.3.9. Измерение мощности дозы с установленной платформой, предназначенной для размещения фильтров и блоков

Проверка осуществляется в условиях, приведенных в п. 3.5.3.5. Проводится проверка для полей 5×5 , 10×10 см и максимального. Измеряется поглощенная доза на стандартной глубине с платформой и без платформы. Определяется коэффициент ослабления пучка излучения в материале платформы, который равен отношению этих доз.

$$K = \frac{D}{D_0} \quad (D_0 \text{ — поглощенная доза при отсутствии платформы}).$$

Примечание: если в системах планирования облучения коэффициент ослабления не используется, в группу планирования подаются значения цены мониторной единицы, определенной при наличии платформы и без нее.

3.5.3.10. Проверка линейности показаний мониторов

Определяются показания основной мониторной ионизационной камеры в следующих диапазонах поглощенных доз: 1, 10, 100, 200, 500. Затем методом наименьших квадратов вычисляется отклонение показаний мониторной камеры от линейности в каждом диапазоне дозы. Отклонение от линейности не должно превышать 1%. Измерения проводятся как на пучках фотонов, так и на пучках электронов всех энергий, выводимых из ускорителя.

3.5.3.11. Проверка зависимости показаний мониторов от мощности дозы

Определяются значения цены мониторной единицы в стандартных условиях при всех значениях мощности поглощенной дозы, используемой на ускорителе для пучков фотонов (в воде на глубине 10 см) и электронов (в воде на глубине максимума поглощенной дозы). Отклонение цены мониторной единицы от заданной величины не должно превышать 1%.

3.5.3.12. Проверка зависимости показаний мониторов дозы от положения излучателя

Проверка мониторов осуществляется под углом поворота штатива 0° , а также под углами 90° и 270° . Проверяется выборочно (при одном значении энергии фотонов и трех значениях энергии электронов) цена мониторной единицы. При последующих проверках цена мониторной единицы проверяется на других значениях энергии фотонов и электронов. Отклонение цены мониторной единицы от заданной величины не должно превышать 1%.

3.5.3.13. Проверка проникающей способности тормозного излучения

Проверка проникающей способности тормозного излучения представляет собой проверку стабильности энергии тормозного излучения.

Углы поворота штатива ускорителя и коллиматора излучателя устанавливаются равными 0° . Устанавливается световое поле по шкалам аппарата размером 10×10 см на поверхности водного фантома при стандартном значении РИП. Водный фантом устанавливается таким образом, чтобы плоскость поверхности воды была перпендикулярна центральной оси пучка излучения. Ионизационная камера устанавливается в воде по оси пучка фотонного излучения в центре поля облучения таким образом, чтобы ее эффективный центр находился на уровне поверхности воды. Ось камеры должна совпадать с перекрестием светового поля.

С помощью анализатора дозового поля (автоматизированного водного фантома и устройства трехмерного перемещения ионизационной камеры) измеряются глубинные распределения поглощенной дозы вдоль оси пучка падающего излучения, нормируемые на максимум поглощенной дозы для всех энергий фотонного излучения.

Определяются:

- глубина максимума поглощенной дозы;
- величина поглощенной дозы на глубине 10 см;
- величина поглощенной дозы на глубине 20 см;

Вычисляется отношение величин поглощенной дозы на глубинах 20 и 10 см D_{20}/D_{10} . Полученное отношение не должно отличаться более чем на 2% от измеренного при проведении приемосдаточных испытаний, а также предыдущих проверок.

3.5.3.14. Проверка проникающей способности электронов

Проверка проникающей способности электронов представляет собой проверку стабильности энергии электронов.

Углы поворота штатива ускорителя и коллиматора излучателя устанавливаются равными 0° . Устанавливается световое поле по шкалам аппарата размером 10×10 см на поверхности водного фантома при стандартном значении РИП. Водный фантом устанавливается таким образом, чтобы плоскость поверхности воды была перпендикулярна центральной оси пучка излучения. Ионизационная камера устанавливается в воде по оси пучка электронов в центре поля облучения таким образом, чтобы ее эффективный центр находился на уровне поверхности воды. Ось камеры должна совпадать с перекрестием светового поля. С помощью анализатора дозового поля (автоматизированного водного фантома и устройства трехмерного перемещения ионизационной камеры) измеряются глубинные распределения поглощенной дозы электронов вдоль оси пучка падающего излучения, нормируемые на максимум поглощенной дозы для всех энергий электронов.

По величине 50% глубинной дозы R_{50} определяется средняя энергия электронов на поверхности фантома. Методика вычислений приведена в Белорусском протоколе для определения поглощенной дозы в лучевой терапии пучками электронов высоких энергий или в документе МАГАТЭ № 381 «The Use of Plane Parallel Ionization Chambers in High Energy Electron and Photon Beams» (табл. XII). Значение энергии не должно отличаться более чем на 2% от значения энергии, полученного во время приемосдаточных работ, а также при проведении предыдущих проверок.

3.5.3.15. Проверка равномерности полей тормозного излучения

Углы поворота штатива ускорителя и коллиматора излучателя устанавливаются равными 0° . Устанавливается световое поле (по шкалам аппарата и монитору) размером 10×10 см. Водный фантом устанавливается таким образом, чтобы плоскость поверхности воды была перпендикулярна центральной оси пучка излучения, а РИП было равно 100 см. Ионизационная камера устанавливается в воде на стандартной глубине 10 см в центре поля облучения. Ось камеры должна совпадать с перекрестием светового поля. Сни-

маются профильные кривые вдоль главных осей X и Y. В анализ включается длина профиля без полутени, определяемая в Приложении 1. Радиационное поле считается равномерным вдоль данной оси, если выполнены требования МЭК, приведенные в Приложении 1. Такие же измерения проводятся и для полей размерами 25×25 см и максимального поля.

Проверка осуществляется на всех энергиях тормозного излучения, выводимого из ускорителя, а также под углами поворота штатива 90° и 270° .

3.5.3.16. Проверка стабильности равномерности полей тормозного излучения

Стабильность равномерности полей тормозного излучения контролируется при текущих проверках настоящей характеристики. Допускается проверка равномерности профилей под одним углом штатива за одну проверку. При проведении следующей проверки характеристика измеряется под другими углами поворота штатива. Проверка проводится на всех энергиях фотонов, выводимых из ускорителя.

3.5.3.17. Проверка равномерности полей электронов

Углы поворота штатива ускорителя и коллиматора излучателя устанавливаются равными 0° . Устанавливается стандартный тубус размером 10×10 см. Водный фантом устанавливается таким образом, чтобы плоскость поверхности воды была перпендикулярна центральной оси пучка излучения, а РИП было равно 100 см. Ионизационная камера устанавливается в воде на глубине максимума ионизации для проверяемой энергии в центре поля облучения. Ось камеры должна совпадать с перекрестием светового поля. Снимаются профильные кривые вдоль главных осей X и Y. В анализ включается длина профиля без полутени, определяемая в Приложении 1. Радиационное поле считается равномерным вдоль данной оси, если выполнены требования МЭК, приведенные в Приложении 1.

Такие же измерения проводятся и для тубусов с максимальными размерами поля.

В случае применения на ускорителе тубусов с переменными размерами поля облучения проверка равномерности осуществляется и для данного тубуса на полях размерами 10×10 см и максимальном.

Проверка осуществляется на всех энергиях электронов, выводимых для ускорителя, а также под углами поворота штатива 90° и 270°.

3.5.3.18. Проверка стабильности равномерности полей электронов

Стабильность равномерности полей облучения электронами контролируется при текущих проверках настоящей характеристики. Допускается проверка равномерности профилей под одним углом штатива за одну проверку. При проведении следующей проверки характеристика измеряется под другими углами поворота штатива. Проверка проводится на всех энергиях электронов, выводимых из ускорителя.

4. КОНТРОЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ПРИЕМКЕ НОВОГО УСКОРИТЕЛЯ В КЛИНИЧЕСКУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Передача ускорителя для клинического применения осуществляется следующим образом.

На первом этапе проверяются характеристики в соответствии с техническими условиями на ускоритель в присутствии представителей фирмы-производителя. В результате проверки составляется протокол приемки ускорителя по форме, представляемой фирмой.

На втором этапе проводится повторная проверка характеристик ускорителя, измеряемых на первом этапе, а также дополнительных характеристик, имеющих значение при применении ускорителя в клинической практике. Кроме того, проводится измерение характеристик пучков фотонов и электронов, которые должны быть установлены в системах планирования облучения больных на ускорителе. Набор данных, необходимых для установки в системах планирования, определяется техническими условиями на эти системы.

4.1. Проверяемые характеристики на втором этапе

4.1.1. Характеристики системы радиационной безопасности

- Информационные табло;
- предупреждающие звуковые сигналы;

- дверные блокировки на входе в процедурное помещение;
- аварийные выключатели;
- система механической безопасности пациента;
- сигнализатор радиационного фона;
- работоспособность ключа на пульте управления;
- наличие заземляющих штанг в шкафах высоковольтного питания;
- источник аварийного освещения;
- системы видеоконтроля за пациентом;
- системы аудиоконтроля за пациентом.

4.1.2. Геометрические характеристики аппарата

На медицинском ускорителе электронов проверяются следующие геометрические характеристики:

- девиация изоцентра;
- установка нулевого положения штатива;
- установка нулевого положения механизма диафрагмы;
- совпадение оси вращения диафрагмы с осью светового имитатора поля облучения.

4.1.3. Параметры устройств, применяемых при укладке пациентов

- Показания светового и механического указателей РИП облучаемого объекта;
- яркость светового имитатора поля облучения; величина яркости должна быть не менее 40 лк;
- наведение световых, механических и лазерных боковых, латерального и обратного центраторов на изоцентр;
- перемещения деки терапевтического стола и тормозов;
- клиновидные фильтры, решетки, теневые блоки;
- подвесная платформа для установки формирующих принадлежностей;
- совпадение размеров поля с величинами, указанными на шкалах излучателя.

4.1.4. Параметры системы управления аппаратом

- Пульт управления или управляющий компьютер;
- установка заданных углов ротации, задаваемая системой управления;

- скорость ротации;
- установка заданных размеров поля с пульта управления или управляющего компьютера.

4.1.5. Дозиметрические характеристики

- Симметрия радиационного поля относительно указателей центра поля;
- совпадение границ светового и радиационного полей;
- калибровка мониторов пульта управления ускорителем по дозе;
- мощность поглощенной дозы в стандартных условиях;
- энергия фотонов и электронов;
- зависимость мощности поглощенной дозы от размеров поля облучения;
- влияние платформы для установки формирующих принадлежностей на мощность поглощенной дозы;
- мощность поглощенной дозы в стандартной точке при установке клиновидных фильтров.

Методики проверки характеристик изложены в разделе 3 настоящего документа.

После окончания измерений составляется протокол измерений для передачи ускорителя в клиническую практику (см. Приложение 2).

5. КОНТРОЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ЗАМЕНЕ ИСТОЧНИКА ИЗЛУЧЕНИЯ, ГЕНЕРАТОРА СВЧ-МОЩНОСТИ, МОНИТОРНЫХ ИОНИЗАЦИОННЫХ КАМЕР И ДРУГИХ УСТРОЙСТВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЕЙ ОБЛУЧЕНИЯ

При замене источника излучения, генератора СВЧ-мощности, мониторных ионизационных камер и их управляющей электроники и других устройств, влияющих на характеристики полей облучения, необходимо проводить проверку следующих дозиметрических характеристик пучков фотонов и электронов:

- симметрия радиационного поля относительно указателей центра поля;
- совпадение границ светового и радиационного полей;
- калибровка мониторов пульта управления ускорителем по дозе фотонов и электронов;

– мощность поглощенной дозы фотонов и электронов в стандартных условиях;

– все значения энергии фотонов и электронов.

Методики проверки характеристик изложены в разделе 3 настоящего документа.

После окончания измерений составляется протокол передачи ускорителя в клиническую практику (см. Приложение 3).

6. ПЕРИОДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Периодический контроль характеристик медицинских ускорителей электронов вводится с целью проверки их постоянного соответствия техническим требованиям на аппарат. Контроль качества работы аппаратов лучевой терапии является составным элементом программы гарантии качества лучевого лечения больных.

Периодический контроль подразделяется на ежедневный, еженедельный, квартальный и годовой. Каждый из видов контроля включает проверку ряда характеристик, осуществляемую:

– при ежедневном контроле — обслуживающим техническим персоналом;

– при еженедельном контроле — техническим персоналом учреждения, обслуживающим аппарат, и инженерами по контролю качества (медицинскими физиками);

– при квартальном контроле — техническим персоналом учреждения, обслуживающим аппарат, и инженерами по контролю качества (медицинскими физиками);

– при годовом контроле — техническим персоналом учреждения, обслуживающим аппарат, и инженерами по контролю качества (медицинскими физиками).

Контроль качества медицинских ускорителей электронов не заменяет технического обслуживания аппарата, которое осуществляется в соответствии с техническими требованиями, изложенными в инструкции по эксплуатации. Проведение еженедельного, квартального и годового контроля качества работы аппаратов не отменяет ежедневного контроля. Результаты проверок заносятся в протоколы, форма которых приведена в Приложениях 3, 4, и 5.

Форма протокола годовой проверки характеристик аппарата такая же, как и форма протокола проверки характеристик нового аппарата (Приложение 2).

6.1. Ежедневный контроль

При ежедневном контроле проверяются:

1. Параметры системы радиационной безопасности:
 - информационные табло (методика проверки изложена в п. 3.1.1);
 - предупреждающие звуковые сигналы (п. 3.1.2);
 - дверные блокировки на входе в процедурное помещение (п. 3.1.3);
 - аварийные выключатели (п. 3.1.4);
 - система механической безопасности пациента (п. 3.1.5);
 - сигнализатор радиационного фона (п. 3.1.6);
 - аварийное освещение (п. 3.1.9);
 - системы телевизионного наблюдения и громкоговорящей связи (п. 3.1.10).
 2. Геометрические параметры аппарата:
 - показания светового указателя РИП облучаемого объекта (методика проверки изложена в п. 3.2.4);
 - световой имитатор поля облучения (п. 3.2.5).
 3. Параметры устройств, применяемых при укладке пациентов:
 - боковые, латеральный и обратный центраторы (п. 3.3.1).
- Форма протокола проверки приведена в Приложении 3.

6.2. Еженедельный контроль

Перед проведением еженедельного контроля качества характеристик медицинского ускорителя электронов в обязательном порядке проводятся проверки, предусмотренные ежедневным контролем характеристик (п. 6.1).

При проведении еженедельного контроля проверяются:

1. Характеристики системы радиационной безопасности:
 - работоспособность ключа на пульте управления ускорителем (методика проверки изложена в п. 3.1.7).
2. Геометрические характеристики:
 - установка нулевого положения штатива ускорителя (методика проверки изложена в п. 3.2.1);

- установка нулевого положения механизма диафрагм (п. 3.2.2);
- горизонтальность положения деки лечебного стола и действие тормозов при ее перемещениях (п. 3.3.2);
- величины перемещений деки лечебного стола (п. 3.3.3);
- клиновидные фильтры, теневые блоки (п. 3.3.4);
- подвесная платформа для установки фильтров и блоков (п. 3.3.5);
- контакты тубусов, вкладышей, плат для установки фильтров и блоков (п. 3.3.6).

3. Характеристики системы управления ускорителем:

- пульта управления или управляющего компьютера (п. 3.4.1);
- таймеров (п. 3.4.2);
- установка углов ротации, задаваемая системой управления (п. 3.4.3);
- установка размеров поля, задаваемая системой управления (п. 3.4.5).

4. Дозиметрические характеристики, влияющие на точность отпуска дозы:

- совпадение размеров радиационного поля с размерами, указанными на шкалах аппарата (п. 3.5.3.1).

Форма протокола проверки приведена в Приложении 4.

6.3. Квартальный контроль

Перед проведением квартального контроля качества характеристик медицинского ускорителя электронов в обязательном порядке проводятся проверки, предусмотренные ежедневным (п. 6.1) и еженедельным контролем характеристик (п. 6.2).

При проведении квартального контроля проверяются:

1. Геометрические характеристики:
 - совпадение оси вращения механизма диафрагм с осью светового имитатора поля облучения (п. 3.2.3);
 - девиации изоцентра (п. 3.2.6).
2. Характеристики системы управления ускорителем:
 - величины угловой скорости ротации (п. 3.4.4).
3. Дозиметрические характеристики:
 - симметрия радиационных полей относительно главных осей поля облучения (методика проверки изложена в п. 3.5.3.2);

- совпадение границ светового и радиационного полей облучения (п. 3.5.3.3);
 - совпадение центров светового и радиационного полей (п. 3.5.3.4);
 - цена мониторной единицы поглощенной дозы фотонов и электронов в стандартных условиях и ее долговременная стабильность (п. 3.5.3.5);
 - стабильность показаний мониторов дозы в течение дня (п. 3.5.3.6);
 - мощность дозы фотонов для полей с клиновидными фильтрами (п. 3.5.3.8);
 - мощность дозы с установленной платформой, предназначенной для размещения фильтров и блоков (п. 3.5.3.9);
 - линейность показаний мониторов (п. 3.5.3.10);
 - зависимость показаний мониторов от мощности дозы (п. 3.5.3.11);
 - зависимость показаний мониторов дозы от положения излучателя (п. 3.5.3.12);
 - проникающая способность тормозного излучения (п. 3.5.3.13);
 - проникающая способность электронов (п. 3.5.3.14);
 - равномерность полей тормозного излучения (п. 3.5.3.15);
 - стабильность равномерности полей тормозного излучения (методика проверки изложена в п. 3.5.3.16);
 - равномерность полей электронов (п. 3.5.3.17);
 - стабильность равномерности полей электронов (п. 3.5.3.18).
- Форма протокола проверки приведена в Приложении 5.

6.4. Годовой контроль

Регламент проведения годового обследования медицинского ускорителя электронов повторяет регламент приемки ускорителя в клиническую практику после его установки в клинике. Протокол годового обследования повторяет протокол, составленный при приемке ускорителя в лечебную практику, и приведен в Приложении 2.

6.5. Порядок заполнения протоколов

При заполнении протоколов в графах, предназначенных для подтверждения работоспособности проверяемого устройства, ста-

вится знак «+». В графах, относящихся к характеристикам, имеющим толерантные уровни, проставляется значение отклонения от заданного уровня.

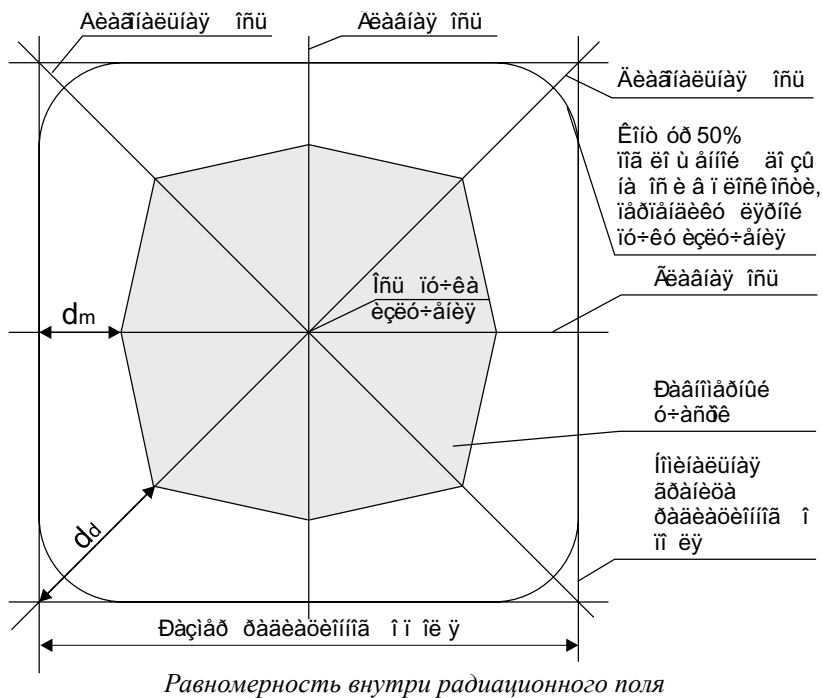
Если проверяемое устройство не работает или проверяемая характеристика имеет отклонение от заданного значения, превышающее толерантный уровень, проверяющее лицо должно принять следующие меры по восстановлению характеристики:

1. Повторить проверку характеристики.

2. Если повторение проверки не привело к устранению неисправности, проверяющее лицо обязано вызвать сервисного инженера, который приступает к диагностированию неисправности или отклонения значения проверяемой характеристики выше толерантного уровня и к последующему устранению неисправности. Если неисправность не устраняется в течение дня, в графу данной характеристики вносится знак «-». Если неисправность устранена быстро и начато лечение больных, в соответствующую графу вносится знак «+».

При проведении еженедельного и квартального контроля характеристик в случае отклонения какой-либо характеристики выше толерантного уровня вызывается сервисная служба ускорителя для устранения обнаруженного расхождения. После настройки характеристика проверяется снова.

Приложение 1



Определение равномерного поля согласно требованиям МЭК

Размер поля F, см	Размеры, ограничивающие равномерное поле		
	D_m	D_d	D_{max}/D_{min}
$5 \leq F \leq 10$	1 см	2 см	1,06
$10 \leq F \leq 30$	0,1 F	0,1 F	1,06
$30 < F$	3 см	6 см	1,10

ПРОТОКОЛ

**проверки качества медицинского ускорителя электронов
после установки аппарата или годового обследования**

Аппарат _____ Дата _____

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Результат
1	2	3
<i>Характеристики системы радиационной безопасности:</i>		
Информационные табло		
Звуковая сигнализация		
Дверные блокировки		
Аварийные выключатели		
Система механической безопасности пациентов		
Сигнализаторы радиационного фона		
Системы наблюдения и связи с пациентом		
Аварийное освещение		
Указатель РИП		
Световое поле облучения		
Ключ на пульте управления		
Электрическая безопасность аппарата		
Сопротивление заземления	не более 4 Ом	
<i>Геометрические характеристики полей облучения:</i>		
Установка нулевого положения штатива аппарата	$\pm 0,5^\circ$	
Установка нулевого положения механизма диафрагмы	$\pm 0,5^\circ$	
Девиация изоцентра, отклонение в любую сторону	<2 мм	
Совпадение оси вращения диафрагмы с осью светового имитатора поля облучения	$\pm 0,5^\circ$	
<i>Характеристики устройств, применяемых при укладке пациентов:</i>		
Правильность показаний указателей РИП	<2 мм	
Боковые и латеральный центраторы	<2 мм	
Световой имитатор поля облучения	<2 мм	
Горизонтальность положения деки лечебного стола	$\pm 0,5^\circ$	

1	2	3
Перемещения деки лечебного стола	<2 мм	
Клиновидные фильтры, теньевые блоки		
Подвесная платформа для установки фильтров и блоков	±2 мм	
<i>Система управления и управляющая ЭВМ:</i>		
Проверка пульта управления или управляющего компьютера		
Таймер	<0,01 мин	
Проверка установки углов ротации, задаваемых системой управления	±0,5°	
Угловая скорость ротации (рассчитывается по величине угла ротации и времени его прохождения)	±0,5° ±0,01 мин	
Установка размеров поля, задаваемая системой управления	±2 мм	
<i>Дозиметрические характеристики:</i>		
Совпадение размеров радиационного поля с размерами, указанными на шкалах аппарата	±2 мм	
Симметрия радиационного поля относительно указателя центра поля	±2 мм или ±3%	
Совпадение границ светового и радиационного полей облучения	±2 мм	
Совпадение центров светового и радиационного полей	±2 мм	
Мощность поглощенной дозы в стандартных условиях фотонного излучения:		
– низкая энергия;		
– высокая энергия		
Определение цены мониторной единицы фотонного излучения:		
– низкая энергия;	1%	
– высокая энергия	1%	
Мощность поглощенной дозы в стандартных условиях излучения электронов:		
– 1-я энергия;	1%	
– 2-я энергия;	1%	
– 3-я энергия;	1%	
– 4-я энергия;	1%	
– 5-я энергия;	1%	
– 6-я энергия	1%	

Окончание таблицы

1	2	3
Определение цены мониторной единицы электронов:		
– 1-я энергия;	1%	
– 2-я энергия;	1%	
– 3-я энергия;	1%	
– 4-я энергия;	1%	
– 5-я энергия;	1%	
– 6-я энергия	1%	
Стабильность показаний мониторов дозы в течение дня	1%	
Зависимость мощности дозы от размеров полей облучения		
Мощность дозы фотонного излучения для полей с клиновидными фильтрами		
Мощность дозы фотонного излучения в стандартных условиях с установленной подвесной платформой		
Стабильность линейности показаний мониторов	2%	
Стабильность зависимости показаний мониторов от мощности дозы		
Стабильность зависимости показаний мониторов дозы от положения излучателя	1%	
Стабильность проникающей способности тормозного излучения:		
– низкая энергия;		
– высокая энергия		
Стабильность проникающей способности электронов:		
– 1-я энергия;	2%	
– 2-я энергия;	2%	
– 3-я энергия;	2%	
– 4-я энергия;	2%	
– 5-я энергия;	2%	
– 6-я энергия	2%	

Обследование проводили

(Ф.И.О., подпись)

Заведующий отделением

(Ф.И.О., подпись)

ПРОТОКОЛ

ежедневного обследования характеристик медицинского ускорителя электронов

Ускоритель _____ Месяц _____ Год _____

Дата	Контролируемая характеристика											Подпись оператора	Подпись зав. отделением
	Информационное табло	Звуковая сигнализация	Дверные блокировки	Аварийные выключатели	Механическая безопасность	Сигнализатор радиационного фона	Системы наблюдения	Аварийное освещение	Указатель РИП	Световое поле	Центраторы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													

Продолжение Приложения 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													

ПРОТОКОЛ
еженедельного контроля характеристик медицинского
ускорителя электронов

Ускоритель _____ Месяц _____ Год _____

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	Недели				
		1-я	2-я	3-я	4-я	5-я
Работоспособность ключа на пульте управления						
Установка нулевого положения штатива ускорителя	$\pm 0,5^\circ$					
Установка нулевого положения механизма диафрагмы	$\pm 0,5^\circ$					
Горизонтальность положения деки лечебного стола и проверка тормозов	± 5 мм при нагрузке на край стола 80 кг					
Заданные перемещения деки лечебного стола	± 2 мм					
Клиновидные и решетчатые фильтры и теньевые блоки						
Подвесная платформа для размещения фильтров и блоков						
Контакты тубусов, вкладышей, плат для установки фильтров и блоков						
Пульт управления или управляющий компьютер						
Таймеры	± 1 с или $\pm 0,01$ мин					
Установка углов поворота штатива, задаваемая системой управления	$\pm 0,5^\circ$					
Установка размеров поля, задаваемая системой управления	± 2 мм					
Совпадение размеров радиационного поля с размерами, указанными на шкалах аппарата	± 2 мм					
Стабильность цены мониторинговой единицы (на всех энергиях фотонов и электронов)	1%					
Дата и подпись лица, проводящего проверку						
Дата и подпись заведующего отделением						

ПРОТОКОЛ

**квартального контроля характеристик
медицинского ускорителя электронов**

Аппарат _____ Год _____

Контролируемая характеристика	Допустимое отклонение	I	II	III	IV
Совпадение оси вращения диафрагмы с осью светового имитатора поля облучения	± 2 мм				
Девияция изоцентра	± 2 мм в любую сторону				
Величина угловой скорости ротации	$\pm 0,5^\circ$				
Установка нулевого положения излучателя по оси В	$\pm 0,5^\circ$				
Установка нулевого положения механизма диафрагмы	$\pm 0,5^\circ$				
Совпадение оси вращения механизма диафрагмы с осью светового имитатора поля облучения	± 2 мм				
Девияция изоцентра, диаметр	< 3 мм				
Пульт управления и/или управляющий компьютер					
Установка углов ротации, конвергенции и поворота излучателя по оси В, задаваемых системой управления	$\pm 0,5^\circ$				
Угловая скорость ротации	$\pm 0,5^\circ/\text{с}$				
Установка размеров поля, задаваемая системой управления	± 2 мм				
Симметрия радиационного поля относительно указателей центра поля	± 2 мм или $\pm 3\%$				
Совпадение размеров радиационного поля с размерами, указанными на шкалах аппарата	± 2 мм				
Совпадение границ светового и радиационного полей облучения	± 2 мм				
Анализ долговременной стабильности цены мониторингной единицы	$\pm 2\%$				
Мощность поглощенной дозы в стандартных условиях					
Мощность поглощенной дозы для полей с клиновидными фильтрами					
Мощность поглощенной дозы в стандартных условиях с установленной платформой для размещения фильтров и блоков					