2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ,
РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях

Методические указания
МУК 2.6.1.1797—03

gost.e-ecolog.ru

1. Методические указания разработаны: Федеральным радиологическим Центром при СПб НИИРГ (А. Н. Барковский, В. Ю. Голиков); СПб НИИРГ (С. А. Кальницкий); Кафедрой радиационной гигиены РМАПО (И. В. Голикова, Е. П. Ермолина, В. А. Перцов); Департаментом госсанэпиднадзора Минздрава России (С. И. Иванов, Г. С. Перминова, Б. Б. Спасский); НПЦ «Медицинская радиология» (Е. С. Фрид, В. А. Солдатов); ЗАО «Медицинская технология Лтд» (В. В. Васильев).

2. Утверждены Главным государственным санитарным врачом, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г. Г. Онищенко 16 декабря 2003 г.

3. Вводятся взамен МУК 2.6.1.962—00 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях» с 1 марта 2004 г.

Содержание

1. Область применения 72

2. Нормативные ссылки 72

3. Общие положения 73

4. Определение эффективных доз облучения пациентов при проведении обычных и стоматологических рентгенологических исследований 74

5. Определение эффективной дозы облучения пациентов при проведении компьютерной томографии 78

6. Определение эффективной дозы облучения пациентов при проведении маммографии 81

Приложение 1 Значения коэффициентов перехода к эффективной дозе для рентгенодиагностических процедур различных органов и систем и рентгеностоматологических процедур 83

Приложение 2 Средние значения эффективных доз для наиболее распространенных рентгенологических процедур с типичными значениями напряжений на рентгеновской трубке и экспозициями, установленными на основе экспертных оценок 92

7. Библиографические данные 98

УТВЕРЖДАЮ
Главный государственный санитарный врач Российской Федерации,
Первый заместитель Министра здравоохранения Российской Федерации
Г. Г. Онищенко
16 декабря 2003 г.
Дата введения: 1 марта 2004 г.

2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях

Patient Effective Dose Control in X-Ray Examinations

Методические указания
МУК 2.6.1.1797—03

1. Область применения

1.1. Настоящие методические указания по методам контроля (далее – *методические указания*) предназначены для определения эффективных доз облучения пациентов при проведении рентгенодиагностических исследований.

1.2. Методические указания предназначены для:

- лечебно-профилактических учреждений;
- организаций, осуществляющих производственный контроль в рентгеновских кабинетах;
- органов госсанэпиднадзора.

1.3. Методические указания распространяются на следующие виды медицинских рентгенологических исследований:

- рентгенологические исследования общего назначения;
- рентгеностоматологические исследования;
- компьютерную томографию;
- маммографию.

2. Нормативные ссылки

2.1. Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» № 3-ФЗ от 09.01.96.

2.2. Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30.03.99.

2.3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП 2.6.1.758—99.

2.4. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) СП 2.6.1.799—99.

2.5. Приказ МЗ РФ от 24.07.97 № 219 «О создании единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан».

2.6. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. СанПиН 2.6.1.1192—03.

3. Общие положения

3.1. Медицинское облучение является вторым по значимости источником облучения населения Российской Федерации (после природных источников). Вклад медицинского облучения в коллективную дозу облучения населения Российской Федерации достигает 30 % и практически полностью формируется за счет диагностических и профилактических рентгенологических медицинских исследований, охватывающих все возрастные группы населения. Наряду с этим, в медицинской рентгенологии существуют значительные потенциальные возможности снижения доз облучения пациентов без ухудшения качества диагностической информации. Одной из важнейших предпосылок уменьшения лучевых нагрузок пациентов является организация системы контроля и учета доз медицинского облучения. Необходимость этого определяется требованиями Федерального закона «О радиационной безопасности населения» и Нормами радиационной безопасности (НРБ-99).

3.2. Согласно НРБ-99 при проведении профилактических и научных рентгенологических исследований практически здоровых лиц установлен норматив годовой эффективной дозы облучения – 1 мЗв. При проведении диагностических рентгенологических исследований пределы доз не устанавливаются, однако дозы облучения пациентов необходимо контролировать для решения следующих задач:

- оптимизации проведения рентгенологических исследований на основе принципа – максимум диагностической информации при минимально возможных уровнях облучения;
- накопления и анализа информации о дозах медицинского облучения населения при проведении рентгенологических исследований с целью установления разумно достижимых контрольных уровней медицинского облучения;
- оценки вклада медицинского облучения в коллективную дозу облучения населения различных регионов страны для целенаправленного улучшения медицинского обслуживания.

3.3. Эффективная доза – величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Определение значения эффективной дозы на практике представляет значительные сложности, т. к. она не может быть непосредственно измерена и требует проведения сложных расчетов. Исходные данные для расчета эффективной дозы облучения пациентов должны включать:

- технические характеристики рентгеновской аппаратуры (напряжение на аноде рентгеновской трубки, толщина и материал фильтра);
- геометрические характеристики рентгенологического исследования (область исследования, размеры поля облучения, геометрия облучения);
- дозиметрические характеристики рентгенологического исследования (радиационный выход рентгеновского излучателя и экспозиция (количество электричества) или значение произведения дозы на площадь, измеренное с помощью проходной ионизационной камеры).

3.4. В настоящих методических указаниях под медицинским облучением пациентов понимается облучение при проведении рентгенологических исследований в диагностических целях.

3.5. Значения эффективных доз облучения пациентов были рассчитаны с помощью оригинальной компьютерной программы EDEREX (Effective Dose Estimation at Roentgen Examinations), разработанной в Федеральном радиологическом центре при СПб НИИ радиационной гигиены. Программа позволяет в режиме реального времени рассчитать значения средних доз в 22 органах и тканях тела человека и эффективную дозу с учетом параметров рентгенологической процедуры, возраста и телосложения пациента.

Расчеты эффективной дозы в соответствии с ее определением проводились для условного человека имеющего полный набор мужских и женских органов. В качестве моделей были использованы антропоморфные гетерогенные фантомы тела взрослого человека, а также детей в возрасте: новорожденного, 1, 5, 10 и 15 лет, рекомендованные МКРЗ в качестве «стандартных» для проведения такого рода расчетов (табл. 3.1).

3.6. В настоящих методических указаниях приведены средние значения коэффициентов перехода (дозовых коэффициентов) от характеристик поля излучения и параметров рентгенологических процедур, наиболее часто встречающихся на практике, к значениям эффективных доз облучения пациентов различного возраста. При существенном отличии параметров телосложения конкретного пациента от «стандартного» человека (табл. 3.1) или набора параметров конкретной рентгенологической процедуры от рассмотренных в настоящих методических указаниях, значения эффективной дозы могут быть рассчитаны с помощью программы EDEREX для любого конкретного случая.

Таблица 3.1

Параметры телосложения «стандартного» человека, использованные в расчетах

Возраст, лет	Вес, кг	Рост, см	Размеры торса, см	
			Передне-задний	Боковой
0	3,5	51,5	9,8	12,7
1	9,3	75	13	17,6
5	19	109	15	22,9
10	31,9	138,6	16,8	27,8
15	54,4	164	19,6	34,5
Взрослый	71,1	174	20	40

4. Определение эффективных доз облучения пациентов при проведении обычных и стоматологических рентгенологических исследований

4.1. Определение эффективной дозы облучения пациентов при рентгенологических исследованиях основано на использовании одного из двух инструментальных методов: измерение произведения дозы на площадь или измерение радиационного выхода рентгеновского излучателя.

4.2. Исходная информация для определения эффективной дозы облучения пациента должна включать:

а) характеристики, определяющие поле рентгеновского излучения во время проведения рентгенологической процедуры:

- значение анодного напряжения на рентгеновской трубке, кВ;
- толщину и материал дополнительного фильтра (в настоящих методических указаниях принят дополнительный фильтр толщиной 2 мм Al);
- значение произведения дозы на площадь за время проведения рентгенологической процедуры, сГр · см^2;
- значение радиационного выхода, мР · м^2/(мА · с);
- значение экспозиции (количества электричества), мА · с;

б) параметры рентгенологического исследования:

- область исследования (легкие, череп и т. п.);
- проекция (передне-задняя, задне-передняя, боковая);
- размеры поля облучения (высота и ширина пучка на приемнике изображения), см^2;
- фокусное расстояние (расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения), см;

в) сведения о пациенте:

- возраст пациента (0—0,5 года; 0,5—3 года, 3—8 лет, 8—13 лет, 13—19 лет, старше 19 лет).

4.3. Определение эффективных доз облучения пациентов с помощью измерителя произведения дозы на площадь.

4.3.1. Определение индивидуальной эффективной дозы E облучения пациентов с помощью измерителя произведения дозы на площадь проводится в соответствии с методическими указаниями по методам контроля МУК 2.6.1.760—99 «Определение индивидуальных эффективных доз облучения пациентов при рентгенологических исследованиях с использованием измерителей произведения дозы на площадь». Использование измерителей произведения дозы на площадь обязательно при проведении рентгенологических медицинских исследований методом рентгеноскопии.

4.3.2. Значение произведения дозы на площадь при проведении рентгенологического исследования определяется по результатам измерений дозиметрами, использующими в качестве детектора проходную ионизационную камеру, устанавливаемую на рентгеновском излучателе.

4.3.3. Измеритель произведения дозы на площадь работает в режиме реального времени, поэтому его показания отражают временные изменения в параметрах генерирования рентгеновского излучения, что обеспечивает достоверность результатов измерений и позволяет контролировать стабильность параметров рентгеновского аппарата в период его эксплуатации. Накопленная статистическая информация при использовании проходных камер позволит сравнить дозовую нагрузку на пациентов при различных методах исследований и ввести контрольные уровни облучения для основных дозообразующих рентгенологических процедур.

4.3.4. Значение эффективной дозы E облучения пациента данного возраста при проведении рентгенологического исследования определяется с помощью выражения:

$$E = \Phi \cdot K_d, \text{ мкЗв}, \quad \text{где} \qquad (4.1)$$

Φ – измеренная величина произведения дозы на площадь, сГр · см^2;

K_d – коэффициент перехода к эффективной дозе облучения пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке, мкЗв/(сГр · см^2).

4.4. Определение эффективной дозы облучения пациента с помощью измерения радиационного выхода рентгеновского излучателя.

4.4.1. Если рентгеновский аппарат не оборудован измерителем произведения дозы на площадь, определение эффективной дозы облучения пациента проводят с использованием измеренных значений радиационного выхода рентгеновского излучателя.

4.4.2. В рамках настоящих методических указаний радиационный выход рентгеновского излучателя в (мР · м^2)/(мА · с) – это мощность экспозиционной дозы в мР/с, измеренная на расстоянии 1 м от фокуса рентгеновской трубки на оси первичного пучка рентгеновского излучения при заданных значениях анодного напряжения, приведенная к значению анодного тока 1 мА. Измерения проводятся при общей фильтрации излучения, регламентируемой действующей нормативно-технической документацией на рентгенодиагностические аппараты различного типа.

4.4.3. Значения радиационного выхода рентгеновского излучателя для каждого медицинского рентгеновского диагностического аппарата, не оснащенного измерителем произведения дозы на площадь, должны измеряться не реже одного раза в год во всем диапазоне рабочих значений анодного напряжения рентгеновской трубки. Такие измерения должны также проводиться каждый раз после ремонта, замены или изъятия комплектующих изделий рентгеновского аппарата, настройки или регулировки их технических параметров, влияющих на генерирование рентгеновского излучения, а также при проведении испытаний на соответствие требованиям радиационной безопасности, при оформлении санитарно-эпидемиологического заключения на аппарат. Измерения проводятся организациями, аккредитованными на соответствующую техническую компетентность.

Результаты измерений оформляются в виде протокола (акта), форма которого утверждается руководителем аккредитованной организации, осуществляющей контроль эксплуатационных параметров аппарата. В протоколе указываются сведения об организации, проводившей измерения, организации, в которой эксплуатируется рентгеновский аппарат, и приводятся результаты измерений радиационного выхода рентгеновского излучателя.

4.4.4. Значение эффективной дозы E облучения пациента данного возраста при проведении рентгенологического исследования определяется с помощью выражения:

$$E = R \cdot i \cdot t \cdot K_e, \text{ мкЗв}, \quad \text{где} \tag{4.2}$$

R – радиационный выход рентгеновского излучателя, (мР · м^2)/(мА · с);

i – ток рентгеновской трубки, мА;

t – время проведения исследования, с;

K_e – коэффициент перехода к эффективной дозе облучения пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке, мкЗв/(мР · м^2).

4.4.5. Значение радиационного выхода R для данного значения анодного напряжения на рентгеновской трубке U определяется с помощью линейной интерполяции с

использованием двух измеренных величин радиационного выхода R_k и R_{k+1} для ближайших значений анодного напряжения U_k и U_{k+1} ($U_k < U < U_{k+1}$) с использованием выражения:

$$R = R_k + (R_{k+1} - R_k) \cdot \frac{U - U_k}{U_{k+1} - U_k} \qquad (4.3)$$

4.5. Средние значения дозовых коэффициентов K_e и K_d для рентгенодиагностических исследований различных органов и систем и рентгеностоматологических исследований приведены в прилож. 1. В табл. 1.1—1.6 приведены коэффициенты перехода к эффективной дозе для рентгенологических процедур для следующих возрастных групп пациентов:

- от новорожденного до полугода (табл. 1.1);
- от полугода до трех лет (табл. 1.2);
- от трех до восьми лет (табл. 1.3);
- от восьми до тринадцати лет (табл.1.4);
- от тринадцати до девятнадцати лет (табл. 1.5);
- старше девятнадцати лет (табл. 1.6).

В табл. 1.7 приведены коэффициенты перехода к эффективной дозе для рентгенологических процедур при исследовании конечностей вне зависимости от возраста пациента.

В табл. 1.8—1.10 приведены дозовые коэффициенты для стоматологических рентгенологических процедур вне зависимости от возраста пациента.

4.6. Относительная погрешность значений дозовых коэффициентов K_e и K_d, рассчитанных для «стандартного» фантома, составляет ± 10 %. Усреднение значений дозовых коэффициентов K_e и K_d по возрасту (росту и весу) пациентов вносит дополнительную погрешность не более ± 20 %. Усреднение значений дозовых коэффициентов K_e и K_d по напряжению на рентгеновской трубке вносит дополнительную погрешность не более ± 20 %. Таким образом, приведенные в прилож. 1 значения дозовых коэффициентов K_e и K_d имеют относительную погрешность ± 30 %.

4.7. Примеры пользования табл. 1.1—1.6 для расчета эффективной дозы облучения пациентов.

Пример 1. *Определение эффективной дозы облучения пациента с помощью измерителя произведения дозы на площадь.*

Рентгеновский аппарат РУМ-20 М оборудован проходной ионизационной камерой дозиметра рентгеновского клинического ДРК-1.

Пациенту в возрасте 16 лет провели рентгеноскопию желудка в задне-передней проекции.

Параметры рентгенологического исследования: размер поля 20 × 20 см^2, фокусное расстояние 40 см, U = 70 кВ, дополнительный фильтр 2 мм Al, экспозиция (количество электричества) $i \cdot t$ = 90 мА · с.

Измеренное значение произведения дозы на площадь Φ = 1 500 сГр · см^2.

Находим в табл. 1.5 прилож. 1 значение дозового коэффициента, соответствующее выбранному режиму исследования пациента, K_d = 1,3 мкЗв/(сГр · см^2). Подставляем значения Φ и K_d, в формулу (1) и рассчитываем значение эффективной дозы: E = 1,3 · 1 500 = 1 950 мкЗв = 1,95 мЗв.

Пример 2. *Определение эффективной дозы облучения пациента с помощью измеренного радиационного выхода рентгеновского излучателя.*

Пациенту в возрасте 30 лет на третьем рабочем месте аппарата РЕНЕКС провели рентгенографию грудной клетки в задне-передней проекции.

Параметры рентгенологического исследования: размер поля 30 × 40 см^2, фокусное расстояние 150 см, U = 90 кВ, дополнительный фильтр 2 мм Al, экспозиция (количество электричества) $i \cdot t$ = 25 мА · с.

В соответствии с протоколом испытаний технических параметров рентгеновского аппарата РЕНЕКС радиационный выход, измеренный с помощью универсального диагностического дозиметра PTW NOMEX для анодных напряжений U_k = 80 кВ и U_{k+1} = 100 кВ, составил R_k = 6,8 мР · м^2/(мА · с) и R_{k+1} = 9,2 мР · м^2/(мА · с), соответственно. Подставляя эти значения в формулу (4.3), рассчитываем значение радиационного выхода для U = 90 кВ: R = 6,8 + (9,2 – 6,8) · (90 – 80) / (100 – 80) = 8,0 мР · м^2/(мА · с).

Находим в табл. 1.6 прилож. 1 значение дозового коэффициента, соответствующее выбранному режиму K_e = 0,86 мкЗв/(мР · м^2). Подставляем значения R, $i \cdot t$ и K_e в формулу (4.2) и рассчитываем значение эффективной дозы: E = 8 · 25 · 0,86 = 172 мкЗв = 0,17 мЗв.

4.8. В прилож. 2 (справочное) представлены средние значения эффективных доз для наиболее распространенных рентгенологических процедур с типичными значениями напряжений на рентгеновской трубке и экспозициями, установленными на основе экспертных оценок. Данные в таблицах представлены для тех же возрастных групп, что и в прилож. 1 (см. п. 4.6). Табл. 2.1—2.6 предназначены для сопоставления этих данных с результатами, полученными на основе инструментальных методов контроля эффективных доз облучения пациентов.

Временно, по согласованию с санитарно-эпидемиологической службой, до внедрения вышеописанных инструментальных методов, допускается использовать материалы, приведенные в прилож. 2, для оценки эффективных доз облучения пациентов.

5. Определение эффективной дозы облучения пациентов при проведении компьютерной томографии

5.1. Распределение поглощенной дозы рентгеновского излучения в теле пациента при проведении медицинского исследования методом компьютерной томографии существенно отличается от такового при использовании традиционных методов рентгенографии или рентгеноскопии. В случае компьютерной томографии распределение поглощенной дозы в исследуемом объеме более однородно за счет ротационной геометрии облучения. Перепад дозы от края к центру облучаемого объема (для средних размеров тела человека) составляет 2—3 раза, в то время как для традиционных методов рентгенографии или рентгеноскопии перепад дозы в передне-задней (задне-передней) геометрии облучения пациента в 5—10 раз больше.

5.2. Для описания распределения дозы в воздухе на оси вращения источника рентгеновского излучения (величина, аналогичная радиационному выходу обычного рентгеновского аппарата) или распределения поглощенной дозы внутри пациента при проведении отдельного сканирования (один скан) используют так называемый томографический индекс дозы (CTDI), определяемый следующим образом:

$$CTDI = \frac{1}{d} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} D(x) \cdot dx, \quad \text{где} \qquad (5.1)$$

D(x) – распределение дозы вдоль направления, перпендикулярного плоскости сканирования;
d – ширина одного скана.

При выполнении практических измерений предлагается использовать величину называемую практическим томографическим индексом дозы ($CTDI_w$), отличающимся от теоретического аналога ограниченными пределами интегрирования распределения поглощенной дозы (100 мм):

$$CTDI_w = \frac{1}{d} \cdot \int_{-50}^{+50} D(x) \cdot dx \qquad (5.2)$$

Ограничение интегрирования пределами от –50 мм до 50 мм является вполне достаточным для обычно используемых значений толщины отдельного скана (от 2 до 10 мм).

5.3. Метод оценки эффективной дозы при проведении компьютерного исследования основан на измерениях в физических фантомах, имитирующих тело пациента. При этом измеряется распределение дозы при выполнении одного скана в сканируемом и близлежащих к нему участках тела с целью определения величины $CTDI_w$. Затем, используя дозовые коэффициенты, оценивается значение эффективной дозы.

5.4. Измерения проводятся в соответствии со специальной методикой в гомогенных цилиндрических фантомах, изготовленных из полиметилметакрилата. Для моделирования в этих целях тела детей (0—15 лет) фантомы должны иметь диаметр 16 см и длину 15 см. Тело взрослого человека разбивается на две анатомические части (голова плюс шея и туловище), каждая из которых моделируется цилиндрами диаметрами 16 и 32 см, соответственно. Измерения производятся в четырех точках на глубине 1 см и в центре фантома. Значение $CTDI_w$ в сканируемом слое, являющееся оценкой средней поглощенной дозы в этом слое, определяется как:

$$CTDI_w = \frac{2}{3} \cdot CTDI_{100,c} + \frac{1}{3} \cdot CTDI_{100,p}, \quad \text{где} \qquad (5.3)$$

$CTDI_{100,c}$ – результат измерения в центре фантома (мГр);
$CTDI_{100,p}$ – среднее значение результатов измерений в четырех точках на глубине 1 см в фантоме (мГр).

Значение $CTDI_w$ зависит от физико-технических характеристик аппаратуры (напряжения на трубке, фильтрации, толщины скана и др.) и пропорционально значению мАс.

5.5. После этого для характеристики исследования в целом определяют значение произведения дозы на длину сканирования при исследовании соответствующей анатомической секции (индекс «i») DLP_i (мГр · см):

$$DLP_i = {}_n CTDI_w \cdot d \cdot N \cdot I, \quad \text{где} \qquad (5.4)$$

${}_nCTDI_w$ – нормированное на единицу мАс значение практического томографического индекса дозы (мГр/мАс);
d – толщина скана;
N – число сканов;
I – значение мАс на один скан.

5.6. Используя значение DLP, эффективную дозу (E_i) при сканировании какой либо из двух (индекс «i») вышеупомянутых анатомических секций тела человека определяют следующим образом:

$$E_i = e_{DLP} \cdot DLP \ , \quad \text{где} \tag{5.5}$$

e_{DLP} – значение дозового коэффициента (мЗв · мГр$^{-1}$ · см$^{-1}$) для i-той анатомической секции, нормированное на значение DLP в стандартном дозиметрическом фантоме.

Используют следующие значения дозовых коэффициентов для взрослых пациентов: 0,0023 мЗв · мГр$^{-1}$ · см$^{-1}$ при сканировании головы и 0,0081 мЗв · мГр$^{-1}$ · см$^{-1}$ при сканировании туловища.

Очевидно, что при использовании тех же параметров процедуры значение эффективной дозы у детей будет выше из-за меньшего размера тела. Для определения $CTDI_w$ и DLP для детей независимо от сканируемой области тела используют фантом диаметром 16 см. В табл. 5.1 приведены значения дозовых коэффициентов e_{DLP} для детей различного возраста в виде соответствующих множителей по отношению к коэффициентам для взрослого пациента.

Таблица 5.1

Коэффициенты перехода от значения DLP в фантоме диаметром 16 см к значению эффективной дозы у детей различного возраста

Область исследования	e_{DLP} для взрослых, мЗв · мГр$^{-1}$ · см$^{-1}$	Множитель в зависимости от возраста, годы					
		> 15	15	10	5	1	0
Голова	0,0023	1,0	1,2	2,0	3,2	5,1	9,5
Туловище	0,0081	1,0	1,2	1,8	2,6	4,0	7,9

5.7. Пример расчета эффективной дозы облучения пациента при проведении томографического исследования.

Томографическое исследование грудной клетки. Пациент: возраст 30 лет.

Исходные данные: измеренное нормированное значение $_nCTDI_w$ для данного режима исследования составляло 0,085 мГр/мАс, ширина скана – 2,5 см, количество сканов – 11, значение мАс на один скан – 756.

Подставляем значения в формулу (5.4) и рассчитываем значение DLP: DLP = 0,085 · 2,5 · 11 · 756 = 1768 мГр · см. Далее по формуле (5.5) рассчитываем значение эффективной дозы: E = 0,0081 · 1768 = 14,3 мЗв.

6. Определение эффективной дозы облучения пациентов при проведении маммографии

6.1. К проведению маммографии предъявляются специальные требования: используются рентгеновские трубки с молибденовым, родиевым и реже вольфрамовым анодом; фильтрация излучения должна соответствовать 0,03 мм Mo или 0,5 мм Al; напряжение на аноде трубки должно быть низким, как правило, 21—35 кВ; расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения не должно быть меньше 60 см. Согласно современным международным критерия качества проведения маммографии входная доза на поверхности груди (толщиной 5 см в состоянии компрессии) не должна превышать 10 мГр.

6.2. Процедура оценки эффективной дозы за счет внешнего облучения пациента при проведении маммографии складывается из нескольких этапов:

- измеряется значение входной поверхностной дозы при облучении молочной железы;
- рассчитывается среднее значение дозы в молочной железе;
- рассчитывается значение эффективной дозы.

6.3. Для определения входной поверхностной дозы $D_{пов.}$ используют:

- значение произведения дозы на площадь DAP (сГр · см^2), измеренное с помощью проходной ионизационной камеры. Измерение DAP необходимо производить вплотную к молочной железе на съемочном столике. Для получения значения входной дозы используют формулу:

$$D_{пов.} = 10 \cdot \frac{DAP}{S}, \text{ мГр} \quad \text{где}$$

S– площадь пучка излучения в плоскости ионизационной камеры, см^2.

- значение радиационного выхода R рентгеновского излучателя, (мР · м^2)/(мА · с). Для получения значения входной дозы (мГр) используют формулу:

$$D_{пов.} = \frac{87 \cdot R}{(L-l)^2} \cdot i \cdot t, \quad \text{где}$$

L – расстояние от фокуса трубки до поверхности съемочного столика, см;
l – толщина компрессированной груди, см;
i – ток рентгеновской трубки, мА;
t – время проведения исследования, с.

6.4. Для целей радиационной защиты необходимо определить среднее значение поглощенной дозы в молочной железе $D_ж$. Так как в этих исследованиях используется низкоэнергетическое фотонное излучение, его ослабление по толщине молочной железы будет значительным. Коэффициент перехода от значения измеренной входной дозы к средней дозе в молочной железе $K_ж$ был определен на основании расчетов и фантомных экспериментов. Его значение в диапазоне используемых комбинаций анодного напряжения и фильтрации излучения варьируется в пределах 0,13—0,60 в зависимости от анодного напряжения на трубке U и толщины компрессированной груди. Значения коэффициента $K_ж$ приведены в табл. 6.1. Таким образом, среднее значение дозы в молочной железе рассчитывается следующим образом:

$$D_ж = K_ж \cdot D_{пов.}, \text{ мГр} \qquad (6.1)$$

Таблица 6.1

Значения коэффициента $K_{ж}$ для расчета средней дозы в молочной железе

U, кВ	*Толщина компрессированной груди (l), см			
	2	4	6	8
30—35	0,60	0,40	0,30	0,25
21—29	0,32	0,20	0,15	0,13
* для промежуточных значений толщины компрессированной груди следует пользоваться линейной интерполяцией табличных значений.				

6.5. Для оценки вклада в эффективную дозу облучения молочной железы необходимо значение средней эквивалентной дозы в молочной железе умножить на взвешивающий фактор 0,05. При оценке значения эффективной дозы вкладом облучения остальных органов от рассеянного излучения пренебрегают. Таким образом, значение эффективной дозы рассчитывается следующим образом:

$$E = 0{,}05 \cdot D_{Ж}, \text{ мЗв} \qquad (6.2)$$

Приложение 1

Значения коэффициентов перехода к эффективной дозе для рентгенодиагностических процедур различных органов и систем и рентгеностоматологических процедур

Таблица 1.1

Возраст пациента – от новорожденного до полугода						
Тип процедуры	Проекция	Размер поля ($a \times b$), см^2	Фокусное расстояние, см	Напряжение на трубке, кВ	K_e, $\frac{\text{мкЗв}}{\text{мР}\cdot\text{м}^2}$	K_d, $\frac{\text{мкЗв}}{\text{сГр}\cdot\text{см}^2}$
Легкие (г)	ЗП	13 × 18	100	50—70	2,8	13
Легкие (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	3,7	10
Легкие (г)	Б	13 × 18	100	60—80	3,3	16
Легкие (г)	Б	18 × 24	100	60—80	4,3	11
Легкие (с)	ЗП	15 × 15	40	60	20,7	15
Череп (г)	ПЗ	13 × 18	100	50—70	1,0	5,0
Череп (г)	Б	13 × 18	100	50—70	0,7	3,0
Позвоночник (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	5,4	14
Позвоночник (г)	Б	18 × 24	100	50—70	3,8	10
Плечо, ключица (г)	ПЗ	13 × 18	100	50—60	3,2	15
Таз (г)	ПЗ	9 × 12	100	50—60	2,6	26
Тазобедр. суставы (г)	ПЗ	12 × 9	100	50—60	1,6	16
Бедро (г)	ПЗ	13 × 18	100	50	1,5	7,0
Брюшная полость (г)	ЗП	12 × 18	100	50—70	3,1	16
Брюшная полость (г)	Б	12 × 18	100	50—70	2,9	15
Урография (г)	ПЗ	12 × 18	100	50—70	4,9	25
Цистография (г)	ПЗ	12 × 18	100	50—70	3,3	17

Таблица 1.2

Возраст пациента – от полугода до трех лет						
Тип процедуры	Проекция	Размер поля ($a \times b$), $см^2$	Фокусное расстояние, см	Напряжение на трубке, кВ	K_e, $\frac{мкЗв}{мР \cdot м^2}$	K_d, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot см^2}$
Легкие (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	2,3	5,8
Легкие (г)	Б	18 × 24	100	60—80	2,5	6,8
Легкие (с)	ЗП	20 × 20	40	60—70	20	7,3
Череп (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—60	0,80	2,0
Череп (г)	Б	18 × 24	100	50—60	0,50	1,4
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	9 × 13	80	50—70	0,30	1,8
Шейный отд. позв. (г)	Б	9 × 13	80	50—70	0,50	3,2
Грудн. отд. позв. (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	3,7	9,4
Грудн. отд. позв. (г)	Б	18 × 24	100	50—70	1,7	4,4
Поясн. отд. позв. (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	4,3	11
Поясн. отд. позв. (г)	Б	18 × 24	100	50—70	2,0	5,2
Плечо, ключица (г)	ПЗ	13 × 18	100	50—60	1,7	7,9
Ребра, грудина (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	3,8	10
Таз, крестец (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	3,6	9,0
Тазобедр. суставы (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	2,7	6,9
Бедро (г)	ПЗ	13 × 18	100	50—60	0,10	0,5
Брюшная полость (г)	ЗП	18 × 24	100	50—60	2,2	5,5
Брюшная полость (г)	Б	18 × 24	100	50—60	2,1	5,5
Желудок (с)	ЗП	15 × 15	40	60	9,0	6,0
Желудок (г)	ЗП	18 × 24	100	50—60	2,4	6,1
Желудок (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—60	3,5	8,9
Кишечник (с)	ЗП	13 × 18	40	60	13	8,4
Кишечник (г)	ЗП	18 × 24	100	50—60	2,1	5,2
Кишечник (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—60	3,5	8,6
Холецистография (г)	ЗП	13 × 18	100	50—60	1,6	7,7
Урография (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	4,4	11
Цистография (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—60	2,9	7,3

Таблица 1.3

Возраст пациента – от трех до восьми лет						
Тип процедуры	Проекция	Размер поля ($a \times b$), $см^2$	Фокусное расстояние, см	Напряжение на трубке, кВ	K_e, $\frac{мкЗв}{мР \cdot м^2}$	K_d, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot см^2}$
Легкие (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	1,5	3,7
Легкие (г)	Б	18 × 24	100	60—80	1,7	4,6
Легкие (с)	ЗП	20 × 20	40	60—70	13	4,5
Череп (г)	ПЗ	18 × 24	80	50—70	0,34	0,55
Череп (г)	Б	18 × 24	80	50—70	0,26	0,45
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	15 × 15	80	50—60	0,20	0,56
Шейный отд. позв. (г)	Б	15 × 15	80	50—60	0,16	0,49
Грудн. отд. позв. (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	2,5	6,1
Грудн. отд. позв. (г)	Б	18 × 24	100	50—70	1,0	2,7
Поясн. отд. позв. (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	2,5	6,2
Поясн. отд. позв. (г)	Б	18 × 24	100	50—70	1,0	2,7
Плечо, ключица (г)	ПЗ	13 × 18	80	50—60	1,2	3,5
Ребра, грудина (г)	ПЗ	18 × 24	100	60—80	2,9	7,2
Таз, крестец (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	2,7	6,8
Таз, крестец (г)	Б	18 × 24	100	50—70	1,2	3,1
Тазобедр. суставы (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	2,4	5,9
Бедро (г)	ПЗ	13 × 18	100	50—60	0,035	0,12
Брюшная полость (г)	ЗП	24 × 30	100	50—70	2,2	3,2
Брюшная полость (г)	Б	18 × 24	100	50—70	1,3	3,5
Желудок (с)	ЗП	20 × 20	40	60—70	9,0	3,2
Желудок (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	1,3	3,2
Желудок (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	2,3	5,7
Желудок (г)	Б	18 × 24	100	50—70	1,4	3,8
Кишечник (с)	ЗП	20 × 20	40	60—70	13	4,4
Кишечник (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	1,5	3,8
Кишечник (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	2,6	6,4
Холецистография (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	1,7	4,1
Урография (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	1,7	4,3
Цистография (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	1,6	3,8

Таблица 1.4

Возраст пациента – от восьми до тринадцати лет						
Тип процедуры	Проекция	Размер поля ($a \times b$), $см^2$	Фокусное расстояние, см	Напряжение на трубке, кВ	K_e, $\frac{мкЗв}{мР \cdot м^2}$	K_d, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot см^2}$
Легкие (г)	ЗП	24 × 30	100	50—70	1,7	2,6
Легкие (г)	Б	24 × 30	100	60—80	2,0	3,1
Легкие (с)	ЗП	20 × 20	40	60—70	8,9	3,5
Череп (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	0,15	0,36
Череп (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,12	0,31
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	13 × 18	80	50—70	0,33	0,94
Шейный отд. позв. (г)	Б	13 × 18	80	50—70	0,16	0,53
Грудн. отд. позв. (г)	ПЗ	24 × 30	100	50—70	2,8	4,2
Грудн. отд. позв. (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,66	1,8
Поясн. отд. позв. (г)	ПЗ	24 × 30	100	50—70	2,5	3,8
Поясн. отд. позв. (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,57	1,5
Плечо, ключица (г)	ПЗ	13 × 18	80	50—60	0,30	0,86
Ребра, грудина (г)	ПЗ	24 × 30	100	60—70	2,8	4,2
Таз, крестец (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	2,3	5,8
Таз, крестец (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,77	2,1
Тазобедр. суставы (г)	ПЗ	24 × 30	100	50—70	2,3	3,6
Бедро (г)	ПЗ	13 × 18	80	50—60	0,02	0,1
Брюшная полость (г)	ЗП	24 × 30	100	60—80	1,9	2,8
Брюшная полость (г)	Б	24 × 30	100	60—80	1,3	2,1
Желудок (с)	ЗП	15 × 15	40	60—70	3,3	2,3
Желудок (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	0,80	2,0
Желудок (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,87	2,3
Кишечник (с)	ЗП	20 × 20	40	60—70	9,2	3,6
Кишечник (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	1,1	2,8
Холецистография (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	0,88	2,2
Урография (г)	ЗП	24 × 30	100	50—70	1,5	2,3
Цистография (г)	ЗП	24 × 30	100	50—70	1,5	2,2

Таблица 1.5

Возраст пациента – от тринадцати до девятнадцати лет						
Тип процедуры	Проекция	Размер поля ($a \times b$), $см^2$	Фокусное расстояние, см	Напряжение на трубке, кВ	K_e, $\frac{мкЗв}{мР \cdot м^2}$	K_d, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot см^2}$
Легкие (г)	ЗП	24 × 30	100	50—70	1,7	2,6
Легкие (г)	Б	24 × 30	100	60—80	2,0	3,1
Легкие (с)	ЗП	20 × 20	40	60—70	8,9	3,5
Череп (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	0,15	0,36
Череп (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,12	0,31
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	13 × 18	80	50—70	0,33	0,94
Шейный отд. позв. (г)	Б	13 × 18	80	50—70	0,16	0,53
Грудн. отд. позв. (г)	ПЗ	24 × 30	100	50—70	2,8	4,2
Грудн. отд. позв. (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,66	1,8
Поясн. отд. позв. (г)	ПЗ	24 × 30	100	50—70	2,5	3,8
Поясн. отд. позв. (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,57	1,5
Плечо, ключица (г)	ПЗ	13 × 18	80	50—60	0,30	0,86
Ребра, грудина (г)	ПЗ	24 × 30	100	60—70	2,8	4,2
Таз, крестец (г)	ПЗ	18 × 24	100	50—70	2,3	5,8
Таз, крестец (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,77	2,1
Тазобедр. суставы (г)	ПЗ	24 × 30	100	50—70	2,3	3,6
Бедро (г)	ПЗ	13 × 18	80	50—60	0,02	0,1
Брюшная полость (г)	ЗП	24 × 30	100	60—80	1,9	2,8
Брюшная полость (г)	Б	24 × 30	100	60—80	1,3	2,1
Желудок (с)	ЗП	15 × 15	40	60—70	3,3	2,3
Желудок (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	0,80	2,0
Желудок (г)	Б	18 × 24	100	50—70	0,87	2,3
Кишечник (с)	ЗП	20 × 20	40	60—70	9,2	3,6
Кишечник (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	1,1	2,8
Холецистография (г)	ЗП	18 × 24	100	50—70	0,88	2,2
Урография (г)	ЗП	24 × 30	100	50—70	1,5	2,3
Цистография (г)	ЗП	24 × 30	100	50—70	1,5	2,2

Таблица 1.6

Возраст пациента – больше девятнадцати лет (взрослые)						
Тип процедуры	Проекция	Размер поля ($a \times b$), $см^2$	Фокусное расстояние, см	Напряжение на трубке, кВ	K_e, $\frac{мкЗв}{мР \cdot м^2}$	K_d, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot см^2}$
Легкие (г)	ЗП	30 × 40	100	80—90	2,1	2,0
Легкие (г)	ЗП	30 × 40	150	80—90	0,86	1,9
Легкие (г)	Б	30 × 40	150	90—100	0,69	1,5
Легкие (с)	ЗП	30 × 30	60	80	4,7	2,1
Легкие (с) +УРИ	ЗП	30 × 30	60	60	3,2	1,4
Флюорография легких	ЗП	35 × 35	100	80	1,9	1,8
Череп (г)	ПЗ	24 × 30	100	60—70	0,44	0,71
Череп (г)	Б	24 × 30	100	60—70	0,20	0,30
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	18 × 24	80	70—80	0,33	0,54
Шейный отд. позв. (г)	Б	18 × 24	80	70—80	0,74	1,3
Грудн. отд. позв. (г)	ПЗ	24 × 30	100	80	1,4	2,2
Грудн. отд. позв. (г)	ПЗ	15 × 40	100	80	0,76	1,4
Грудн. отд. позв. (г)	Б	24 × 30	100	80	0,83	1,3
Грудн. отд. позв. (г)	Б	15 × 40	100	80	0,74	1,4
Поясн. отд. позв. (г)	ПЗ	24 × 30	100	80	1,6	2,5
Поясн. отд. позв. (г)	ПЗ	15 × 40	100	80	1,1	2,1
Поясн. отд. позв. (г)	Б	24 × 30	100	90	0,62	1,0
Поясн. отд. позв. (г)	Б	15 × 40	100	90	0,57	1,1
Плечо, ключица (г)	ПЗ	24 × 18	100	70—80	0,32	0,9
Ребра, грудина (г)	ПЗ	30 × 40	100	80	2,7	2,5
Ребра, грудина (г)	ПЗ	24 × 30	100	80	1,6	2,4
Таз, крестец (г)	ПЗ	40 × 30	100	80—90	2,1	2,0
Таз, крестец (г)	Б	30 × 24	100	90—100	0,79	1,3
Тазобедр. суставы (г)	ПЗ	24 × 30	100	70—90	2,0	3,1
Бедро (г)	ПЗ	15 × 40	100	70—80	0,28	0,54
Пищевод (с)	ЗП	20 × 35	60	90—100	3,6	2,1
Пищевод (с) +УРИ	ЗП	20 × 35	60	60—70	2,3	1,4
Желудок (с)	ЗП	24 × 30	60	90—100	3,4	1,9
Желудок (с) +УРИ	ЗП	24 × 30	60	80	2,9	1,6
Желудок (г)	ЗП	18 × 24	100	70—80	0,60	1,6
Желудок (г)	Б	18 × 24	100	70—80	0,52	1,4
Кишечник (с)	ЗП	30 × 30	60	90—100	4,8	2,2
Кишечник (г)	ЗП	30 × 40	100	90—100	2,2	2,0
Кишечник (г)	Б	30 × 40	100	100	1,4	1,3
Холецистография (г)	ЗП	18 × 24	100	90	0,5	1,3
Холецистография (г)	ЗП	24 × 30	100	90—100	1,0	1,6
Урография (г)	ЗП	40 × 30	100	80—90	1,4	1,4
Цистография (г)	ЗП	30 × 40	100	70—80	1,6	1,5

Примечания.

1. г – рентгенография, с – рентгеноскопия.
2. ПЗ – передне-задняя проекция, ЗП – задне-передняя проекция, Б – боковая проекция (в этом случае приведено среднее значение эффективной дозы из двух значений, рассчитанных для облучения слева и справа).
3. a – ширина поля, b – высота поля.
4. Значения дозовых коэффициентов приведены для дополнительного фильтра 2 мм Al.

Значения дозовых коэффициентов для рентгенологических исследований конечностей

Таблица 1 7

Область исследования	Проекция	Фокусное расстояние, см	Напряжение на трубке, кВ	K_e, мкЗв/мР · м^2
Верхние конечности				
Плечевой сустав	ПЗ	115	60	0,19
Плечевой сустав	Аксиальная	105	57	0,13
Плечо	П/Б	105	52	0,02/0,02
Локтевой сустав	ПЗ	105	52	0,01
Локтевой сустав	Б	105	52	0,01
Предплечье	ПЗ	105	52	0,01
Предплечье	Б	105	52	0,01
Запястье	Д.В.	105	52	0,01
Запястье	Б	105	52	0,01
Кисть	Б/Косая	105	52	0,01
Палец		105	52	0,01
Нижние конечности				
Шейка бедра	Аксиальная	105	70	1,46/0,73*
Бедренная кость	ПЗ/Б	115	70	0,70/0,12
Коленный сустав	ПЗ	115	55	0,01
Коленный сустав	Б	115	55	0,01
Мениск				
Коленная чашечка	ПЗ/Б/	105	55	0,01
Голень	Аксиальная			
Голеностопный сустав	ПЗ	105	55	0,01
Голеностопный сустав	Б	105	52	0,01
Пяточная кость	Б	105	52	0,01
Пяточная кость	Аксиальная	105	55	0,01
Стопа	Б	105	52	0,01
Плюсна	Косая	105	52	0,01
Пальцы ноги		105	52	0,01

Примечание:

* первая цифра соответствует размеру поля на приемнике 24 × 30 см, вторая – 18 × 24 см.

Значения дозовых коэффициентов для исследований на пленочных дентальных аппаратах

Таблица 1.8

Исследование	U, кВ	K_e, мкЗв/мР · м^2	K_d, мкЗв/(сГр · см^2)
Верхняя челюсть			
Резцы	60	2,5	4,0
Премоляры	63	1,8	3,0
Моляры	63	1,2	2,0
Съемка прикуса	70	3,3	4,4
Нижняя челюсть			
Резцы	60	1,3	2,0
Премоляры	63	0,9	1,5
Моляры	63	0,6	1,0
Съемка прикуса	70	1,7	2,2

Значения дозовых коэффициентов для исследований на панорамных дентальных аппаратах

Таблица 1.9

Программа	K_e, мкЗв/мР				K_d, мкЗв/(сГр · см^2)			
	60 кВ	70 кВ	80 кВ	90 кВ	60 кВ	70 кВ	80 кВ	90 кВ
Р1	0,10	0,12	0,13	0,14	6,3	7,0	7,1	7,4
Р2	0,10	0,12	0,13	0,14	6,3	7,0	7,1	7,4
Р3	0,020	0,023	0,029	0,032	1,27	1,32	1,57	1,67
Р4	0,07	0,08	0,10	0,12	4,3	4,7	5,5	6,4
Р5	0,07	0,08	0,10	0,12	4,3	4,7	5,5	6,4
Р6.1+Р6.2	0,07	0,08	0,10	0,12	4,3	4,7	5,5	6,4
Р7.1+Р7.2	0,07	0,08	0,10	0,12	4,3	4,7	5,5	6,4
Р8	0,07	0,08	0,10	0,12	4,3	4,7	5,5	6,4
Р9	0,07	0,08	0,10	0,12	4,3	4,7	5,5	6,4
Р10	0,10	0,12	0,13	0,14	6,3	7,0	7,1	7,4
Р11	0,10	0,12	0,13	0,14	6,3	7,0	7,1	7,4
Р12	0,13	0,15	0,17	0,18	8,0	8,5	9,3	9,7
Р13	0,006	0,010	0,013	0,015	0,36	0,57	0,78	0,93
Р14	0,10	0,12	0,13	0,14	6,3	7,0	7,1	7,4
Р15	0,10	0,12	0,13	0,14	6,3	7,0	7,1	7,4
Р16	0,08	0,10	0,11	0,12	4,7	5,7	6,2	6,7
Цефалостат	0,010	0,012	0,015	0,017	0,5	0,6	0,7	0,8

Примечания к таблице 1.9.

Программа Р1 – обычная рентгенограмма, полная.

Программа Р2 – обычная рентгенограмма, сокращенная (только зубы, без восходящих ветвей).

Программа Р3 – верхнечелюстные пазухи.

Программа Р4 – височно-нижнечелюстные суставы, латеральные (восходящие ветви).

Программа Р5 – съемка задних/передних участков височно-нижнечелюстных суставов.

Программа Р6.1 + программа Р6.2 – височно-нижнечелюстные суставы, латеральные при закрытом/открытом рте.

Программа Р7.1 + программа Р7.2 – съемка задних/передних участков височно-нижнечелюстных суставов при закрытом/открытом рте.

Программа Р8 – многослойная съемка, височно-нижнечелюстные суставы, латеральные.

Программа Р9 – многослойная съемка, височно-нижнечелюстные суставы, задние/передние участки.

Программа Р10 – обычная рентгенограмма, предпочтительна для обследования детей.

Программа Р11 – с постоянным 1,25-кратным увеличением, например для имплантологии.

Программа Р12 – рентгенограмма области фронтальных зубов с увеличенной толщиной, например для имплантологии.

Программа Р13 – томографическая съемка околоносовых пазух.

Программа Р14 – обычная съемка половины левой стороны.

Программа Р15 – обычная съемка половины правой стороны.

Программа Р16 – многослойная съемка в области боковых зубов.

Значения дозовых коэффициентов для исследований на ортопантомографе

Таблица 1.10

U, кВ	K_e, мкЗв/мР · м^2	K_d, мкЗв/(сГр · см^2)
Панорамная рентгенография		
64	0,16	6,1
66	0,16	6,4
74	0,19	7,4
80	0,21	8,2
Боковая краниограмма (цефалостат)		
68	0,05	0,9
68	0,05	0,9
70	0,05	0,9
72	0,05	0,9

Приложение 2
(справочное)

Средние значения эффективных доз для наиболее распространенных рентгенологических процедур с типичными значениями напряжений на рентгеновской трубке и экспозициями, установленными на основе экспертных оценок

Таблица 2.1

Возраст пациента – от новорожденного до полугода					
Область исследования	Метод исследования	Проекция	Напряжение, кВ	Экспозиция, мАс	Е, мкЗв
Легкие	г	ЗП	57	5	54
Легкие	г	Б	63	10	170
Легкие	с	ЗП	57	60	3 600
Череп	г	ПЗ	63	10	40
Череп	г	Б	57	10	20
Позвоночник	г	ПЗ	50	15	140
Позвоночник	г	Б	50	17	115
Плечо, ключица	г	ПЗ	50	8	45
Таз, крестец	г	ПЗ	50	11	50
Тазобедренные суставы	г	ПЗ	50	11	30
Бедро	г	ПЗ	50	8	20
Брюшная полость	г	ЗП	52	15	100
Брюшная полость	г	Б	57	20	170
Урография	г	ПЗ	50	15	130
Цистография	г	ПЗ	50	15	90

Таблица 2.2

Возраст пациента – от полугода до трех лет					
Область исследования	Метод исследования	Проекция	Напряжение, кВ	Экспозиция, мАс	Е, мкЗв
Легкие	г	ЗП	57	7	50
Легкие	г	Б	63	10	100
Легкие	с	ЗП	57	60	3 500
Череп	г	ПЗ	57	15	35
Череп	г	Б	52	10	10
Шейный отдел позвоночника	г	ЗП	52	15	10
Шейный отдел позвоночника	г	Б	52	15	10
Грудной отдел позвоночника	г	ПЗ	52	15	120
Грудной отдел позвоночника	г	Б	63	20	135
Поясн. отдел позвоночника	г	ПЗ	57	20	250
Поясн. отдел позвоночника	г	Б	63	25	200
Плечо, ключица	г	ПЗ	53	13	50
Ребра, грудина	г	ПЗ	57	15	170
Таз, крестец	г	ПЗ	52	15	110
Тазобедренные суставы	г	ПЗ	52	15	85
Бедро	г	ПЗ	52	10	2
Брюшная полость	г	ЗП	57	20	130
Брюшная полость	г	Б	63	22	180
Желудок	с	ЗП	57	60	1 600
Желудок	г	ЗП	57	20	140
Желудок	г	ПЗ	57	20	200
Кишечник	с	ЗП	57	60	2 300
Кишечник	г	ЗП	56	12	70
Кишечник	г	ПЗ	56	12	120
Холецистография	г	ЗП	52	20	70
Урография	г	ПЗ	57	20	260
Цистография	г	ПЗ	57	20	170

Таблица 2.3

Возраст пациента – от трех до восьми лет					
Область исследования	Метод исследования	Проекция	Напряжение, кВ	Экспозиция, мАс	Е, мкЗв
Легкие	г	ЗП	57	10	45
Легкие	г	Б	63	15	100
Легкие	с	ЗП	57	60	2 300
Череп	г	ПЗ	60	20	20
Череп	г	Б	57	15	10
Шейный отдел позвоночника	г	ЗП	57	10	6
Шейный отдел позвоночника	г	Б	57	10	5
Грудной отдел позвоночника	г	ПЗ	57	25	180
Грудной отдел позвоночника	г	Б	63	40	160
Поясн. отдел позвоночника	г	ПЗ	57	30	220
Поясн. отдел позвоночника	г	Б	63	40	160
Плечо, ключица	г	ПЗ	52	10	25
Ребра, грудина	г	ПЗ	57	6	50
Таз, крестец	г	ПЗ	57	35	280
Тазобедренные суставы	г	Б	60	40	170
Бедро	г	ПЗ	52	10	2
Брюшная полость	г	ПЗ	52	10	0,7
Брюшная полость	г	ЗП	57	20	130
Желудок	г	Б	63	40	210
Желудок	с	ЗП	53	60	1 200
Желудок	г	ЗП	53	10	30
Кишечник	с	ЗП	57	60	2 300
Кишечник	г	ЗП	57	12	50
Кишечник	г	ПЗ	57	12	90
Холецистография	г	ЗП	57	12	60
Урография	г	ЗП	57	12	60
Цистография	г	ЗП	57	12	55

Таблица 2.4

Возраст пациента – от восьми до тринадцати лет					
Область исследования	Метод исследования	Проекция	Напряжение, кВ	Экспозиция, мАс	Е, мкЗв
Легкие	г	ЗП	63	7	50
Легкие	г	Б	69	10	100
Легкие	с	ЗП	69	60	2 700
Череп	г	ПЗ	63	70	40
Череп	г	Б	57	60	20
Шейный отдел позвоночника	г	ЗП	57	30	30
Шейный отдел позвоночника	г	Б	63	25	16
Грудной отдел позвоночника	г	ПЗ	63	30	330
Грудной отдел позвоночника	г	Б	63	35	90
Пояснични. отдел позвоночника	г	ПЗ	63	30	300
Пояснични. отдел позвоночника	г	Б	69	40	110
Плечо, ключица	г	ПЗ	57	10	10
Ребра, грудина	г	ПЗ	63	40	440
Таз, крестец	г	ПЗ	63	30	270
Таз, крестец	г	Б	69	30	120
Тазобедренные суставы	г	ПЗ	63	30	270
Бедро	г	ПЗ	57	10	0,6
Брюшная полость	г	ЗП	63	30	230
Брюшная полость	г	Б	69	40	260
Желудок	с	ЗП	57	60	580
Желудок	г	ЗП	57	20	50
Желудок	г	Б	63	30	100
Кишечник	с	ЗП	63	60	2 200
Кишечник	г	ЗП	63	30	130
Холецистография	г	ЗП	63	30	110
Урография	г	ЗП	63	30	180
Цистография	г	ЗП	63	30	180

Таблица 2.5

Возраст пациента – от тринадцати до девятнадцати лет					
Область исследования	Метод исследования	Проекция	Напряжение, кВ	Экспозиция, мАс	Е, мкЗв
Легкие	г	ЗП	63	10	70
Легкие	г	Б	69	24	180
Легкие	с	ЗП	69	60	3 300
Легкие	ф	ЗП	70	50	470
Череп	г	ПЗ	69	70	70
Череп	г	Б	63	60	40
Шейный отдел позвоночника	г	ЗП	63	30	35
Шейный отдел позвоночника	г	Б	63	20	15
Грудной отдел позвоночника	г	ПЗ	69	50	450
Грудной отдел позвоночника	г	Б	76	60	230
Поясничн. отдел позвоночника	г	ПЗ	76	60	680
Поясничн. отдел позвоночника	г	Б	76	70	250
Плечо, ключица	г	ПЗ	57	10	3,2
Ребра, грудина	г	ПЗ	63	60	450
Таз, крестец	г	ПЗ	69	60	480
Таз, крестец	г	Б	76	150	720
Тазобедренные суставы	г	ПЗ	63	60	520
Бедро	г	ПЗ	63	30	7,1
Брюшная полость	г	ЗП	70	40	400
Брюшная полость	г	Б	80	90	760
Желудок	с	ЗП	76	60	1 100
Желудок	г	ЗП	69	30	80
Желудок	г	Б	69	40	130
Кишечник	с	ЗП	70	60	1 560
Кишечник	г	ЗП	69	30	230
Холецистография	г	ЗП	69	60	270
Урография	г	ЗП	69	60	330
Цистография	г	ЗП	69	60	360

Таблица 2.6

Возраст пациента – больше девятнадцати лет (взрослые)					
Область исследования	Метод исследования	Проекция	Напряжение, кВ	Экспозиция, мАс	Е, мкЗв
1	2	3	4	5	6
Легкие	г	ЗП	80	25	150
Легкие	г	Б	90	60	370
Легкие	с	ЗП	77	60	1 800
Легкие	с +УРИ	ЗП	63	32	400
Легкие	ф	ЗП	80	60	800
Череп	г	ПЗ	70	100	230
Череп	г	Б	70	100	100
Шейный отдел позвоночника	г	ЗП	70	80	140
Шейный отдел позвоночника	г	Б	70	80	310
Грудной отдел позвоночника	г	ПЗ	75	80	690
Грудной отдел позвоночника	г	Б	80	80	470
Поясничный отдел позвоночника	г	ПЗ	80	170	1 900
Поясничный отдел позвоночника	г	Б	90	250	1 400
Плечо, ключица	г	ПЗ	70	60	100
Ребра, грудина	г	ПЗ	75	80	780
Таз, крестец	г	ПЗ	80	150	2 200
Таз, крестец	г	Б	90	220	1 600
Тазобедренные суставы	г	ПЗ	75	120	1 500
Бедро	г	ПЗ	70	75	110
Пищевод	с	ЗП	90	60	2 000
Пищевод	с +УРИ	ЗП	60	30	240
Желудок	р/с	ЗП	88	60	1 800
Желудок	с +УРИ	ЗП	83	27	600
Желудок	г	ЗП	69	30	90
Желудок	г	Б	69	40	100
Кишечник	с	ЗП	90	60	2 600
Кишечник	г	ЗП	90	120	2 400
Кишечник	г	Б	95	140	2 000
Холецистография	г	ЗП	85	125	1 000
Урография	г	ЗП	80	60	600
Цистография	г	ЗП	69	60	480

Примечания.

1. г – рентгенография, с – рентгеноскопия, ф – флюорография, с + УРИ – рентгеноскопия с использованием УРИ.

2. ПЗ – передне-задняя проекция, ЗП – задне-передняя проекция, Б – боковая проекция (в этом случае приведено среднее значение эффективной дозы из двух значений, рассчитанных для облучения слева и справа).

3. *a* – ширина поля, *b* – высота поля.

4. Эффективные дозы приведены для дополнительного фильтра 2 мм Al.

7. Библиографические данные

1. Servomaa A., Rannikko S., Nikitin V., Golikov V., Ermakov I., Masarski L., Saltukova I. A topographically and anatomically unified phantom model for organ dose determination in radiation hygiene. STUK A87, Helsinki, Finland, August 1989.

2. Golikov V., Barkovski A., Barishkov N., Vlasov A., Cederblad A., Wallstrem E. Assessment of radiation doses to the patients in medical X-ray diagnostic. Gotheborg University, Gotheborg, July 1997.

3. Vladislav Golikov, Anatoli Barkovski, Nikolai Baryshkov, Alexander Vlasov. Assessment of radiation doses to the patients in medical X-ray diagnosis. Strahlenschutz für Mensch und Gesellschaft im Europa von Morgen. Ed. K.Mück, A.Hefner, and N.Vana. TÜV-Verlag, Köln, 2001.

4. Радиационная безопасность: Рекомендации МКРЗ, 1990, Публикация 60 МКРЗ: перевод с англ. М.: Энергоатомиздат, 1994.

5. Cristy M., Mathematical phantoms representing children of various ages for use in estimates of internal dose. Oak Ridge National Laboratory. ORNL/NUREG/TM-367, 1980.

6. Snyder W., Ford M., Warner G., Watson S. ORNL-5000, 1974.

7. ICRP Publication 74: Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation, Annals of the ICRP Vol. 26/3,1966.

8. Ставицкий Р. В. и др. Эквивалентные дозы в органах и тканях человека при рентгенологических исследованиях: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1989.

9. European Commission. European Guidelines on Quality Criteria for Computed Tomography (Luxembourg: EC) EUR 16262 (in press).

10. Shrimpton P.C. and B.F. Wall. Reference doses for paediatric computed tomography. Radiation protection Dosimetry, Vol.90, Nos 1-2, pp. 249-252, (2000).

11. Dance D.R. Monte Carlo calculation of conversion factors for the estimation of mean glandular breast dose. Phys. Med. Biol. 35, 1211-1219, (1990).

12. Кишковский А. Н. и др. Атлас укладок при рентгенологических исследованиях. Л.: Медицина, 1987. 520 с.

gost.e-ecolog.ru