

**МУ 2.6.1.2944-11. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная
безопасность. Контроль эффективных доз облучения пациентов при
проведении медицинских рентгенологических исследований. Методические
указания (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ
19.07.2011) (ред. от 30.10.2019)**

№ МУ 2.6.1.2944-11 // Документ действующий

Утверждаю
Руководитель Федеральной службы
по надзору в сфере защиты прав
потребителей и благополучия человека,
Главный государственный
санитарный врач
Российской Федерации
Г.Г.ОНИЩЕНКО
19 июля 2011 года
Дата введения -
19 июля 2011 года

2.6.1. ИОНИЗИРУЮЩЕЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ

МЕДИЦИНСКИХ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

МУ 2.6.1.2944-11

1. Разработаны Федеральным бюджетным учреждением науки "Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. профессора П.В. Рамзаева" Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (ФБУН НИИРГ).
2. Рекомендованы к утверждению Комиссией по государственному санитарно-эпидемиологическому нормированию при Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (протокол от 02.06.2011 N 1).
3. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом

5. Введены взамен МУК 2.6.1.1797-03 "Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях".

1. Область применения

1.1. Методические указания "Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований" (далее - Методические указания или МУ) являются документом, развивающим основные положения [СанПиН 2.6.1.2523-09](#) "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)", [СП 2.6.1.2612-10](#) "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)", [СанПиН 2.6.1.1192-03](#) "Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований".

1.2. Настоящими МУ должны руководствоваться в своей деятельности органы и организации Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, службы радиационной безопасности (радиационного контроля), организации, аккредитованные установленным порядком на право проведения радиационного контроля.

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

- исследования общего назначения (рентгенография, рентгеноскопия);
- стоматологические исследования;
- компьютерную томографию;
- интервенционные исследования;
- маммографию;
- ударно-волновую литотрипсию.

1.4. В целях обеспечения единства методических подходов к дозиметрическому контролю облучения граждан в рамках ЕСКИД настоящие Методические указания устанавливают:

- перечень исходных данных, необходимых для определения эффективных доз облучения пациентов;
- алгоритмы с таблицами параметров для расчета эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований, указанных в [п. 1.3](#), а в случае интервенционных исследований и максимальной поглощенной дозы в коже.

1.5. Настоящие МУ должны использоваться при подготовке радиационно-гигиенических паспортов организаций и статистической [формы 3-ДОЗ](#).

2. Нормативные ссылки

- 2.1. Федеральный [закон](#) от 09.01.96 N 3-ФЗ "О радиационной безопасности населения".
- 2.2. Федеральный [закон](#) от 30.03.99 N 52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения".
- 2.3. [СанПиН 2.6.1.2523-09](#) "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)".
- 2.4. [СП 2.6.1.2612-10](#) "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)".
- 2.5. [Приказ](#) МЗ РФ от 24.07.97 N 219 "О создании единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения граждан".
- 2.6. [СанПиН 2.6.1.1192-03](#) "Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований".

3. Общие положения

- 3.1. При проведении медицинского исследования с использованием ионизирующего излучения необходимо оценить значение эффективной дозы облучения пациента.
- 3.2. 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 (ПДП), измеренное с помощью проходной ионизационной камеры).
- 3.3. Значения эффективных доз рассчитывались с помощью компьютерной программы EDEREX (Effective Dose Estimation at Roentgen Examinations), разработанной в Федеральном радиологическом центре ФБУН НИИРГ. Программа позволяет в режиме реального времени рассчитать значения средних поглощенных доз в более чем 20 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 (публикация N 60 МКРЗ) 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 в качестве "стандартных" для проведения такого рода расчетов (табл. 3.1).

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

3.4. В настоящих МУ приведены алгоритмы и значения коэффициентов перехода, позволяющие рассчитать эффективные дозы облучения пациентов различного возраста для наиболее часто встречающихся на практике рентгенологических процедур. Численные значения коэффициентов перехода соответствуют значениям эффективной дозы при проведении данного рентгенологического исследования, полностью определяемого набором технических, геометрических и дозиметрических параметров (п. 3.2), нормированным на значение поглощенной дозы в воздухе на расстоянии 1 м от фокуса трубки (K_e , мкЗв/(мГр × м²)), либо на значение ПДП, измеренное за время проведения исследования (K_d , мкЗв/(сГр × см²)).

3.5. Значения коэффициентов перехода и , приведенные в МУ, могут использоваться только при условии соответствия параметров проведения исследования, для которого рассчитывается эффективная доза, указанным в МУ. При отсутствии соответствующего набора параметров проведения исследования в таблицах МУ расчет эффективной дозы должен проводить медицинский физик или квалифицированный специалист в области радиационной защиты пациентов, прошедший обучение по определению эффективных доз при проведении рентгенологических исследований.

4. Определение эффективных доз облучения

пациентов при проведении рентгенологических исследований

общего назначения

4.1. Определение эффективной дозы облучения пациентов при рентгенологических исследованиях общего назначения (рентгенография, рентгеноскопия) основано на

использовании одной из двух измеряемых на практике величин: ПДП (сГр x см²) или радиационного выхода рентгеновского излучателя (мГр x м²/(мА x с)).

4.2. Для расчета эффективной дозы необходима следующая дополнительная информация, характеризующая:

поле рентгеновского излучения во время проведения рентгенологической процедуры:

- значение анодного напряжения на рентгеновской трубке, кВ;
- толщину и материал общего фильтра рентгеновского излучателя (в настоящих МУ принято значение общего фильтра рентгеновского излучателя, эквивалентное 3 - 5 мм А1);
- значение количества электричества, мА · с;

геометрические параметры проведения рентгенологической процедуры:

- область исследования (например, легкие, череп);
- проекцию (передне-задняя (облучение от груди к спине), задне-передняя, боковая);
- размеры поля излучения (ширина и высота поля излучения на приемнике изображения), см x см;
- фокусное расстояние (расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения (РИП), см;

возраст пациента:

- от новорожденного до полугода;
- от полугода до 2 лет;
- от 2 до 7 лет;
- от 7 до 12 лет;
- от 12 до 17 лет;
- от 17 лет и старше.

4.3. Определение эффективной дозы облучения пациентов на основе результатов измерения произведения дозы на площадь.

4.3.1. Значение ПДП при проведении рентгенологического исследования определяется по результатам измерений дозиметрами, использующими в качестве детектора проходную ионизационную камеру, устанавливаемую на выходе излучения из рентгеновской трубки. 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. В связи с этим, метод оценки эффективных доз облучения пациентов с помощью показаний проходной камеры является приоритетным.

4.3.2. Использование измерителей произведения дозы на площадь обязательно при проведении рентгенологических медицинских исследований общего назначения методом рентгеноскопии.

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

$$E = \Phi \times K_d, \text{ мкЗв}, (4.1)$$

где:

Φ - измеренная величина произведения дозы на площадь, сГр $\times$ см²;

K_d - коэффициент перехода от значения ПДП к эффективной дозе у пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке, мкЗв/(сГр $\times$ см²).

Пример 1.

Взрослому пациенту провели рентгеноскопию кишечника (при расположении рентгеновской трубки над столом и общем фильтре 3 мм А1). Измеренное значение произведения дозы на площадь = 1500 сГр $\cdot$ см².

В [таблице 1.6 приложения 1](#) значение дозового коэффициента (соответствующее выбранному режиму исследования пациента) = 2,0 мкЗв/(сГр $\cdot$ см²). Подставляем значения и , в формулу (4.1) и рассчитываем значение эффективной дозы:

$$E = 2,0 \text{ мкЗв}/(\text{сГр} \cdot \text{см}^2) \cdot 1500 \text{ сГр} \cdot \text{см}^2 = 3000 \text{ мкЗв} = 3,0 \text{ мЗв}.$$

Пример 2.

Рентгеновский аппарат оборудован проходной ионизационной камерой.

Проведено рентгенографическое исследование грудной клетки в прямой и боковой проекции 16-летнего пациента. Значение ПДП при снимке в прямой проекции составило 25 сГр $\times$ см², а при снимке в боковой проекции - 20 сГр $\times$ см².

Находим в [табл. 1.5](#) Прилож. 1 значение дозовых коэффициентов, соответствующих выбранным режимам исследования пациента, $K_d = 1,7 \text{ мкЗв}/(\text{сГр} \times \text{см}^2)$ и $K_d = 1,5 \text{ мкЗв}/(\text{сГр} \times \text{см}^2)$.

Значение эффективной дозы у пациента будет равно:

$$\begin{aligned} E &= 1,7 \text{ мкЗв}/(\text{сГр} \times \text{см}^2) \times 25 \text{ сГр} \times \text{см}^2 + \\ &+ 1,5 \text{ мкЗв}/(\text{сГр} \times \text{см}^2) \times 20 \text{ сГр} \times \text{см}^2 = 72,5 \text{ мкЗв} = \\ &= 0,073 \text{ мЗв}. \end{aligned}$$

4.4. Определение эффективной дозы облучения пациентов на основе результатов 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 периодически измеряемых значений радиационного выхода рентгеновского излучателя.

4.4.2. Под радиационным выходом рентгеновского излучателя в (мГр х м²)/(мА х с) понимается отношение мощности поглощенной дозы в воздухе в мГр/с, измеренной на расстоянии 1 м от фокуса рентгеновской трубки на оси первичного пучка рентгеновского излучения при заданных значениях анодного напряжения, к значению анодного тока.

4.4.3. Для целей определения эффективных доз у пациентов значения радиационного выхода рентгеновского излучателя должны измеряться не реже одного раза в год во всем диапазоне рабочих значений анодного напряжения рентгеновской трубки. Кроме того, измерения радиационного выхода должны проводиться каждый раз после ремонта, замены или изъятия комплектующих изделий рентгеновского аппарата, настройки или регулировки их технических параметров, влияющих на генерирование рентгеновского излучения. Измерения проводятся организациями, аккредитованными в установленном порядке на техническую компетентность и независимость.

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

$$E = R \times i \times t \times K_e, \text{ мкЗв, (4.2)}$$

где:

R - радиационный выход рентгеновского излучателя (мГр х м²)/(мА х с);

i - ток рентгеновской трубки, мА;

t - время проведения исследования, с;

K_e - коэффициент перехода от значения радиационного выхода рентгеновского излучателя 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/(мГр х м²).

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:

Пример.

Пациенту в возрасте 30 лет провели рентгенографию грудной клетки в задне-передней проекции.

Параметры рентгенологического исследования: размер поля (30 х 40) см², фокусное расстояние 150 см, U = 90 кВ, количество электричества (экспозиция) i х t = 25 мА х с.

В соответствии с протоколом испытаний эксплуатационных параметров рентгеновского аппарата радиационный выход для анодных напряжений U_k = 80 кВ и U_{k+1} = 100 кВ, составил R_k = 0,059 мГр х м²/(мА х с) и R_{k+1} = 0,08 мГр х м²/(мА х с), соответственно. Подставляя эти значения в [формулу \(4.3\)](#), рассчитываем значение радиационного выхода для U = 90 кВ: R = 0,059 + (0,08 - 0,059) х [(90 - 80) / (100 - 80)] = 0,07 мГр х м²/(мА х с).

Находим в [табл. 1.6](#) Прилож. 1 значение дозового коэффициента, соответствующее выбранному режиму, K_e = 100 мкЗв/(мГр х м²). Подставляем значения R, i х t и K_e в [формулу \(4.2\)](#) и рассчитываем значение эффективной дозы: E = 0,07 х 25 х 100 = 175 мкЗв = 0,18 мЗв.

4.5. Средние значения коэффициентов перехода и для рентгенологических процедур общего назначения приведены в [приложении 1](#). В [таблицах 1.1 - 1.6](#) приведены значения коэффициентов перехода к эффективной дозе для следующих возрастных групп пациентов:

- от новорожденного до полугода ([таблица 1.1](#));
- от полугода до двух лет ([таблица 1.2](#));
- от двух лет до семи лет ([таблица 1.3](#));
- от семи лет до двенадцати лет ([таблица 1.4](#));
- от двенадцати лет до семнадцати лет ([таблица 1.5](#));
- семнадцать лет и старше ([таблица 1.6](#)).

В [таблице 1.7](#) приведены значения коэффициентов перехода и для рентгенологических процедур при исследовании конечностей вне зависимости от возраста пациента.

4.6. Приведенные в [табл. 1.1 - 1.6](#) значения коэффициентов перехода K_e могут быть пересчитаны от значений расстояния от источника до приемника РИПтаб, указанных в таблицах, к другим значениям РИП' с помощью соотношения:

Значения коэффициентов перехода K_d практически не зависят от значений РИП, используемых при проведении рентгенологических процедур общего назначения.

4.7. Относительная погрешность значений дозовых коэффициентов K_e и K_d , рассчитанных для "стандартного" фантома, составляет $\pm 10\%$. Усреднение значений дозовых коэффициентов K_e и K_d по возрасту (росту и весу) пациентов вносит дополнительную погрешность не более $\pm 20\%$. Усреднение значений дозовых коэффициентов K_e и K_d по напряжению на рентгеновской трубке вносит дополнительную погрешность не более $\pm 20\%$. Таким образом, приведенные в [Прилож. 1](#) значения дозовых коэффициентов K_e и K_d имеют относительную погрешность $\pm 30\%$.

5. Определение эффективных доз облучения

пациентов при проведении рентгенологических

стоматологических исследований

5.1. Рентгенологические стоматологические исследования (РСИ) являются одними из наиболее распространенных видов рентгенологических исследований населения. Стоматологические рентгеновские аппараты и, соответственно, технологии проведения РСИ разделяются на следующие группы:

- рентгеновские аппараты для контактной съемки зубов. В этом случае пучок излучения выходит из рентгеновской трубки, находящейся снаружи от пациента, а приемник излучения располагается в полости рта. Эта технология предназначена, в основном, для получения снимков отдельных зубов верхней и нижней челюстей;
- пантомографические (ортопантомографические) рентгеновские аппараты предназначены для получения развернутого (панорамного) изображения слоя, включающего всю зубочелюстную систему или отдельные ее части;

- дентальные компьютерные томографы, дающие возможность выявить положение, форму, размеры, строение и получить цифровое трехмерное изображение всей зубочелюстной системы, челюстно-лицевой области, верхнечелюстных пазух и височно-нижнечелюстных суставов пациента за одно исследование.

5.2. Для рентгеновских аппаратов, предназначенных для контактной съемки отдельных зубов, расчет эффективной дозы облучения пациента, подвергающегося диагностическому исследованию на этом типе аппаратов, проводится либо с помощью [формулы 4.1](#) с использованием измеренного значения ПДП, либо с помощью [формулы 4.2](#) с использованием значения радиационного выхода аппарата. Значения коэффициентов K_d и K_e для перечня исследований, проводимых на этом типе рентгеновских стоматологических аппаратов, приведены в Прилож. 2 ([табл. 2.1](#)).

5.3. На ортопантомографических рентгеновских аппаратах проводится панорамная съемка зубов и цефалография. Расчет эффективной дозы облучения пациента, подвергающегося диагностическому исследованию на этом типе аппаратов, проводится либо с помощью [формулы 4.1](#), либо с помощью [формулы 4.2](#). Значения коэффициентов K_d и K_e для перечня исследований, проводимых на этом типе рентгеновских стоматологических аппаратов, приведены в Прилож. 2 ([табл. 2.2](#)).

5.4. Дентальный компьютерный томограф позволяет провести построение 3D-объемного изображения всей сканируемой области и отдельных зон зубочелюстной системы в различных режимах визуализации костных и мягких тканей. Расчет эффективной дозы облучения пациента, подвергающегося исследованию на этом типе аппаратов, проводится либо с помощью [формулы 4.1](#), либо с помощью [формулы 4.2](#). Значения коэффициентов K_d и K_e для исследований, проводимых на этом типе рентгеновских стоматологических аппаратов, приведены в Прилож. 2 ([табл. 2.3](#)).

Пример 1.

Сделан снимок резцов верхней челюсти при напряжении на трубке 60 кВ и значении количества электричества $mA \cdot s = 1,6$. В соответствии с протоколом испытаний эксплуатационных параметров рентгеновского аппарата радиационный выход для напряжения = 60 кВ составил = $0,036 \text{ мГр} \cdot \text{м}^2/(\text{мА} \cdot \text{с})$. В [таблице 2.1 приложения 2](#) значение дозового коэффициента, соответствующее выбранному режиму = $3 \text{ мкЗв}/(\text{мГр} \cdot \text{м}^2)$.

Значение эффективной дозы у пациента будет равно:

$$E = 0,036 (\text{мГр} \cdot \text{м}^2)/(\text{мА} \cdot \text{с}) \cdot 1,6 \text{ мАс} \cdot 3 (\text{мкЗв}/(\text{мГр} \cdot \text{м}^2)) = 0,17 \text{ мкЗв}.$$

Пример 2.

Проведена панорамная съемка зубов при напряжении на трубке 64 кВ. Значение ПДП составило $15 \text{ сГр} \cdot \text{см}^2$.

Находим в [табл. 2.2](#) Прилож. 2 значение дозового коэффициента, соответствующее выбранному режиму, $K_d = 0,8 \text{ мкЗв}/(\text{сГр} \cdot \text{см}^2)$.

Значение эффективной дозы у пациента будет равно:

$$E = 15 \text{ сГр} \cdot \text{см}^2 \cdot 0,8 \text{ мкЗв}/(\text{сГр} \cdot \text{см}^2) = 12 \text{ мкЗв}.$$

Пример 3.

Проведено исследование зубов на дентальном компьютерном томографе 3D Accuitomo при напряжении на трубке 80 кВ, времени экспозиции 17 с и токе 4 мА. Зона облучения 60 x 60 мм. В соответствии с протоколом испытаний эксплуатационных параметров рентгеновского аппарата радиационный выход для напряжения $U = 80$ кВ составил $R = 0,04$ мГр x м2/(мА x с).

Находим в [табл. 2.3](#) Прилож. 2 значение дозового коэффициента, соответствующее выбранному режиму, $K_e = 29$ мкЗв/(мГр x м2).

Значение эффективной дозы у пациента будет равно:

$$E = 0,04(\text{мГр} \times \text{м}^2)/(\text{мА} \times \text{с}) \times 68 \text{ мА} \times \text{с} \times \\ \times 29 (\text{мкЗв}/(\text{мГр} \times \text{м}^2)) = 79 \text{ мкЗв}.$$

6. Определение эффективной дозы облучения

пациентов при проведении исследований на рентгеновском компьютерном томографе

6.1. 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 (КТ) 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 геометрии облучения пациента в 5 - 10 раз больше.

6.2. Основными дозиметрическими параметрами при проведении КТ являются:

- компьютерно-томографический индекс дозы (Computed Tomography Dose Index, далее - CTDI) - интеграл профиля дозы за один оборот рентгеновской трубки, нормализованный к ширине рентгеновского луча. Служит мерой поглощенной дозы излучения за один оборот рентгеновской трубки. Является единственным непосредственно измеряемым дозиметрическим параметром при КТ. Единица измерения - мГр. Величина CTDI определяется техническими параметрами протокола КТ-исследования (сила тока и напряжение рентгеновской трубки, время ротации, коллимация среза), конструктивными особенностями сканера (геометрическая эффективность детектора, фильтрация рентгеновского излучения) и не зависит от характеристик пациента;

- произведение дозы на длину (Dose Length Product, далее - DLP) - является мерой поглощенной дозы излучения за все КТ-исследование с учетом длины сканируемой области и количества сканирований. Является производным расчетным параметром от CTDI. Единица измерения - мГр x см;

- эффективная доза является производным расчетным параметром от значения DLP.

6.3. Метод оценки эффективной дозы при проведении КТ-исследования основан на измерениях поглощенной дозы в физических фантомах, имитирующих тело пациента. Измерения проводятся в гомогенных цилиндрических фантомах, изготовленных из полиметилметакрилата, в соответствии со специальной методикой. Тело пациента разбивается на две анатомические части (голова + шея и туловище), которые моделируются цилиндрами с диаметрами 16 см и 32

см, соответственно. Допускается моделирование туловища педиатрического пациента цилиндром диаметром 16 см. Измерения производятся в четырех точках на глубине 1 см и в центре фантома. По результатам измерений определяется взвешенное значение в сканируемом слое, являющееся оценкой средней поглощенной дозы в этом слое за один оборот рентгеновской трубки:

где - результат измерения в центре фантома (мГр);

- среднее значение результатов измерений в четырех точках на глубине 1 см в фантоме (мГр).

Значение зависит от физико-технических характеристик аппаратуры (напряжения на трубке, фильтрации, толщины скана и др.) и пропорционально значению количества электричества (мАс) за один скан.

6.4. При технологии последовательного сканирования для характеристики исследования определяют значение произведения дозы на длину сканирования при исследовании соответствующей анатомической секции (индекс "i") DLP_i (мГр x см):

где:

- нормированное на единицу мА x с значение взвешенного компьютерно-томографического индекса дозы (мГр/мА x с);

d - толщина скана, см;

N - число сканов;

I - значение мА x с на один скан.

6.5. При спиральной и многосрезовой технологиях сканирования часто увеличивают скорость движения стола пациента, что приводит к пропорциональному снижению дозы его облучения. Для характеристики скорости движения стола пациента используют такой технический параметр, как питч. Питч - это отношение сдвига стола за полную (360°) ротацию рентгеновской трубки к общей коллимации пучка рентгеновского излучения. Питч (далее - p, отн. ед.) рассчитывают по формуле:

где:

- сдвиг стола за полную ротацию, см;

N - число каналов сбора информации (количество сканируемых за одну ротацию срезов);

T - толщина среза, определяемая физической коллимацией, см.

Дозиметрическим параметром, учитывающим влияние питча на дозу облучения, является объемный взвешенный индекс - $CTDI_{vol}$, который рассчитывают по формуле:

где:

$CTDI_w$ - взвешенное значение компьютерно-томографического индекса дозы;

p - значение питча.

6.6. Для характеристики поглощенной дозы излучения за *i*-ое сканирование значение DLP_i рассчитывают по формуле:

$$DLP_i = CTDI_{vol} \times Li, \text{ мГр} \times \text{см}, (6.5)$$

где Li - длина *i*-й области сканирования.

Значение DLP_{tot} , характеризующее поглощенную дозу излучения за все КТ-исследование, рассчитывают по формуле:

где:

DLP_{tot} - произведение дозы на длину за все КТ-исследование, мГр × см;

i - количество сканирований.

Символ означает, что суммируется вклад в дозу облучения всех *i*-х сканирований в рамках данного КТ-исследования (например, при сканировании нескольких анатомических областей или при исследовании до и после внутривенного введения контрастного вещества). Значения DLP_{tot} и DLP_i отображаются на консоли компьютерных томографов, произведенных после 2002 г. Если полное КТ-исследование состоит из одного сканирования, то $DLP_{tot} = DLP_i$.

6.7. Эффективная доза является производным расчетным параметром от значения DLP_{tot} . Для расчета эффективной дозы используется формула:

где: DLP_i - произведение дозы на длину за *i*-тое сканирование, мГр · см;

k_i - дозовый коэффициент для *i*-той анатомической области (таблица 6.1), мЗв/(мГр · см).

Таблица 6.1

Значения дозовых коэффициентов k_i , мЗв/(мГр · см),

в зависимости от области исследования и возраста пациента

Область исследования	Возраст пациента, годы					
	0 - 0,5	0,5 - 2	2 - 7	7 - 12	12 - 17	взрослые
16 см фантом						
Голова	0,0059	0,0048	0,0035	0,0027	0,0018	0,0014
Шея	0,022	0,018	0,013	0,011	0,0073	0,0060
Голова/шея	0,0078	0,0066	0,0051	0,0043	0,0030	0,0025
Грудная клетка	0,026	0,020	0,014	0,011	0,0069	-
Брюшная полость	0,031	0,024	0,017	0,013	0,0079	-
Таз	0,034	0,027	0,019	0,014	0,0087	-

Нижние конечности	0,00150	0,000990	0,000550	0,000360	0,00016	-
Грудная клетка/брюшная полость	0,028	0,022	0,016	0,012	0,0073	-
Брюшная полость/таз	0,032	0,026	0,018	0,014	0,0083	-
Грудная клетка/брюшная полость/таз	0,030	0,024	0,017	0,013	0,0078	-
Все тело	0,019	0,016	0,013	0,012	0,0087	-
32 см фантом						
Грудная клетка	0,059	0,047	0,033	0,026	0,016	0,012
Брюшная полость	0,072	0,056	0,039	0,030	0,018	0,014
Таз	0,077	0,060	0,042	0,033	0,020	0,015
Нижние конечности	0,0027	0,0018	0,0010	0,000680	0,00030	0,00020
Грудная клетка/брюшная полость	0,065	0,051	0,036	0,028	0,017	0,013
Брюшная полость/таз	0,075	0,059	0,041	0,031	0,019	0,015
Грудная клетка/брюшная полость/таз	0,069	0,054	0,038	0,029	0,018	0,014
Все тело	0,043	0,038	0,031	0,027	0,020	0,017

Если сканированию во время КТ-исследования подвергалась только одна из частей тела (таблица 6.1), то расчет эффективной дозы упрощается:

где: - дозовый коэффициент для соответствующей анатомической области мЗв/(мГр · см).

Пример 1.

Проведены КТ-исследования грудной клетки у взрослого пациента и у ребенка 10 лет. Значение DLP составили: для взрослого пациента 750 мГр · см (320 мм фантом), для ребенка 10 лет - 500 мГр · см (160 мм фантом).

Определим значение эффективной дозы по формуле 6.8:

$$\begin{aligned}
 E \text{ (взрослый)} &= 750 \text{ мГр} \cdot \text{см} \cdot 0,012 \text{ мЗв/(мГр} \cdot \text{см)} = \\
 &= 9,0 \text{ мЗв;}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E \text{ (ребенок 10 лет)} &= 500 \text{ мГр} \cdot \text{см} \cdot 0,011 \text{ мЗв/(мГр} \cdot \text{см)} = \\
 &= 5,5 \text{ мЗв.}
 \end{aligned}$$

Пример 2.

В ходе КТ-исследования было выполнено сканирование шеи и грудной клетки у взрослого пациента. При сканировании шеи значение составило 470 мГр · см (160 мм фантом), а при сканировании грудной клетки - 400 мГр · см (320 мм фантом). Определим значение эффективной дозы по формуле 6.7:

$$E = 470 \text{ мГр} \cdot \text{см} \cdot 0,006 \text{ мЗв}/(\text{мГр} \cdot \text{см}) + \\ + 400 \text{ мГр} \cdot \text{см} \cdot 0,012 \text{ мЗв}/(\text{мГр} \cdot \text{см}) = 7,6 \text{ мЗв}.$$

7. Определение эффективной дозы

и максимальной поглощенной дозы в коже у пациентов

при проведении интервенционных исследований

7.1. К интервенционным исследованиям относят рентгенологические исследования, характеризующиеся сложностью проведения или введением в организм дополнительных веществ и приспособлений. Как правило, это хирургические вмешательства, проводимые чрескожным путем с использованием специальных инструментов под контролем рентгеновской визуализации. Эти исследования можно подразделить на два класса: диагностические и терапевтические. Терапевтические интервенционные исследования представляют собой рентгенологические исследования, совмещенные с хирургическими лечебными манипуляциями.

7.2. По сравнению с обычными рентгенологическими исследованиями интервенционные исследования характеризуются значительно большими уровнями облучения пациентов. Риск возникновения стохастических эффектов вследствие облучения пациентов оценивают с помощью эффективной дозы. При проведении некоторых интервенционных исследований существует риск возникновения детерминированных эффектов кожи (эритема, эпиляция). Порог возникновения временной эритемы соответствует поглощенной дозе излучения в коже, равной 2 Гр, а порог постоянной эпиляции - 7 Гр. Таким образом, при проведении интервенционных исследований необходимо контролировать значения двух параметров: эффективной дозы - для оптимизации проведения исследования с целью снижения риска возникновения отдаленных последствий (стохастических эффектов) и максимальной поглощенной дозы в коже (МПДК) - для предотвращения возникновения детерминированных эффектов.

7.3. Определение эффективной дозы и МПДК пациентов при проведении диагностических и терапевтических интервенционных рентгенологических исследований основано на использовании результатов измерений произведения дозы на площадь ПДП с помощью проходной камеры за время исследования.

7.4. Значение эффективной дозы у взрослого пациента за время проведения интервенционных исследований определяется с помощью выражения (4.1). Значения коэффициента перехода K_d в зависимости от анодного напряжения на рентгеновской трубке приведены для различных видов интервенционных исследований в табл. 3.1 - 3.6 Прилож. 3. Эти значения используют для расчета эффективной дозы у взрослых пациентов при проведении как диагностических, так и терапевтических интервенционных исследований. Значение K_d для промежуточного значения анодного напряжения на рентгеновской трубке определяется с помощью линейной интерполяции, как в п. 4.4.5.

7.5. Значения коэффициента перехода для оценки эффективной дозы у детей различного возраста при проведении интервенционных исследований сосудов сердца приведены в таблице 3.2.

7.6. Оценку значения МПДК пациента за время проведения интервенционного исследования можно выполнить с помощью выражения:

где: - измеренная величина ПДП, Гр · см²; - коэффициент перехода от измеренного значения ПДП к максимальной поглощенной дозе в коже пациента, мГр/(Гр · см²).

Значения мало зависят от напряжения на аноде рентгеновской трубки (спектра излучения) и поэтому приведены в [таблицах 3.7 - 3.9 приложения 3](#) вне зависимости от этого параметра. Для исследований сосудов сердца значения существенно различаются для диагностических и терапевтических интервенционных исследований.

Оценка значения МПДК пациента с помощью выражения (7.1) является сугубо предварительной. При возникновении лучевых реакций кожи необходимо выполнить ретроспективную оценку МПДК пациента с моделированием реальных условий его облучения.

7.7. При превышении в ходе проведения интервенционных исследований контрольных значений ПДП, приведенных в [таблице 7.1](#), возникает значительная вероятность возникновения кожной эритемы у пациента. При превышении контрольных значений ПДП следует наблюдать за состоянием кожи пациента в месте возможного переоблучения в течение 14 дней и при необходимости применять терапевтические меры.

Таблица 7.1

**Контрольные значения ПДП для предотвращения
детерминированных эффектов в коже**

Вид исследования	Контрольные значения ПДП, Гр · см²
Ангиография сосудов сердца	700
Ангиопластика сосудов сердца	300
Ангиография сосудов головного мозга и каротидных зон	600
Эмболизация сосудов головного мозга	500
Интервенционные исследования органов брюшной полости и малого таза	600

7.8. В практике проведения интервенционных исследований следует использовать следующие основные пути снижения уровней облучения пациентов:

- минимальное время проведения рентгеноскопии, особенно с высокой мощностью дозы, и минимальное количество снимков за исследование;
- как можно меньший ток и как можно более высокое напряжение на аноде рентгеновской трубки;
- расположение рентгеновской трубки как можно дальше от пациента, а приемника изображения как можно ближе к пациенту;

- коллимация пучка излучения должна строго соответствовать размерам исследуемой области;
- уменьшение в режиме рентгенографии частоты съемки (количество кадров в секунду) до необходимого и достаточного уровня;
- по возможности, периодически менять угол наклона рентгеновской трубки в ходе исследования;
- в основном, работать в режиме низкой мощности дозы излучения, а режимы средней и высокой мощности дозы излучения использовать только для крупных пациентов;
- использовать при проведении кардиологических исследований клиновидные фильтры в светлых периферийных областях;
- следует удалять рассеивающую решетку при исследовании детей или взрослых пациентов малого веса;
- виртуальная коллимация (без включения источника ионизирующего излучения);
- ограничение использования цифрового увеличения (малых полей);
- использование функции "задержка последнего кадра" для записи информации.

8. Определение эффективной дозы облучения пациентов

при проведении маммографии

8.1. К проведению маммографии предъявляются специальные требования:

- используются рентгеновские трубки с молибденовым, родиевым и вольфрамовым анодом;
- в качестве фильтров используют пластины из молибдена (толщиной 30 мкм), родия (25 мкм) или палладия (40 мкм);
- напряжение на аноде трубки должно быть низким (22 - 35 кВ);
- расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника изображения не должно быть меньше 60 см.

Согласно современным международным критериям качества проведения маммографии входная доза на поверхности молочной железы (толщиной 5 см в состоянии компрессии) не должна превышать 10 мГр.

8.2. Процедура оценки эффективной дозы облучения пациента при проведении маммографии состоит из следующих этапов:

- определяют значение входной дозы в воздухе (без учета обратного рассеяния) на поверхности молочной железы;
- рассчитывают среднее значение поглощенной дозы в молочной железе;
- рассчитывают значение эффективной дозы.

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

- значение ПДП (сГр x см²), измеренное с помощью проходной ионизационной камеры. Измерение ПДП необходимо производить вплотную к молочной железе на съемочном столике. Для получения значения входной дозы используют формулу:

где S - площадь пучка излучения в плоскости проходной ионизационной камеры, см²;

- значение радиационного выхода R рентгеновского излучателя, (мГр x м²)/(мА x с). Для получения значения входной дозы используют формулу:

где:

L - расстояние от фокуса трубки до поверхности съемочного столика, см;

l - толщина молочной железы в состоянии компрессии, см;

i - ток рентгеновской трубки, мА;

t - время проведения исследования, с.

8.4. Для целей радиационной защиты необходимо определить среднее значение поглощенной дозы в молочной железе $D_{ж}$. Так как при маммографии используется низкоэнергетическое фотонное излучение, его ослабление по объему молочной железы будет значительным. Коэффициент перехода от значения входной дозы на поверхности молочной железы 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 от 0,09 до 0,6, в зависимости от анодного напряжения на трубке U и толщины компрессированной груди. Значения коэффициента $K_{ж}$ приведены в [табл. 8.1](#). Таким образом, среднее значение поглощенной дозы в молочной железе рассчитывается следующим образом:

$$D_{ж} = K_{ж} \times D_{вх}, \text{ мГр. (8.3)}$$

Таблица 8.1

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА $K_{ж}$ ДЛЯ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ В МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЕ

Толщина ≤1> груди в состоянии компрессии (l), см	Комбинация анод мишени + фильтр			
		W + 60 мкм Mo;	W + 50 мкм Rh;	
	Mo + 30 мкм Mo	Mo + 25 мкм Rh	Rh + 25 мкм Rh;	W + 40 мкм Pd
		Mo + 25 мкм Rh		

	U = 25 - 29 кВ	U = 30 - 35 кВ	U = 30 - 35 кВ	U = 22 - 30 кВ	U = 22 - 30 кВ
2	0,43	0,47	0,51	0,47	0,54
4	0,24	0,26	0,29	0,26	0,32
6	0,15	0,17	0,19	0,17	0,21
8	0,11	0,13	0,14	0,13	0,15
10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,12

<1> Для промежуточных значений толщины груди следует пользоваться линейной интерполяцией табличных значений, как в [п. 4.4.5](#)

8.5. Для оценки вклада в эффективную дозу облучения молочной железы необходимо значение средней эквивалентной дозы в молочной железе $H_{ж}$ умножить на взвешивающий фактор $w_T = 0,05$. При оценке значения эффективной дозы вкладом облучения других органов от рассеянного излучения пренебрегают. Таким образом, с учетом того, что численное значение взвешивающего коэффициента w_R для фотонного излучения принято равным единице, значение эффективной дозы рассчитывается следующим образом:

где:

$H_{ж} = D_{ж} \times w_R$, мЗв;

$w_R = 1$ Зв/Гр.

Пример.

Дано: комбинация анод трубки/фильтр - Мо/Мо; напряжение на трубке - 28 кВ; значение экспозиции - 40 мА x с; расстояние от фокуса трубки до поверхности съемочного столика равно 65 см; толщина компрессированной груди - 6 см.

Значение радиационного выхода берем из протокола испытаний эксплуатационных параметров рентгеновского аппарата. Допустим, что оно равно 0,03 (мГр x м²)/(мА x с). Значение коэффициента $K_{ж}$ берем из [табл. 8.1](#), оно равно 0,15 для $l = 6$ см. Рассчитываем E по [формуле 8.4](#):

9. Определение эффективной дозы облучения пациентов

при проведении ударно-волновой литотрипсии

9.1. Дистанционная ударно-волновая литотрипсия - современный неинвазивный метод лечения мочекаменной болезни. Суть метода заключается в дроблении конкремента (камня) ударной акустической волной, проходящей через тело пациента. Дробление камней в почке (а также в мочеточниках и мочевом пузыре) проводится с помощью специального аппарата - литотриптера. Аппарат генерирует ударную волну, фокусирует ее в узконаправленный пучок и, благодаря рентгеновскому или УЗИ-наведению, направляет его прямо на камень.

9.2. При проведении диагностики и лечения методом ударно-волновой литотрипсии могут быть использованы поля излучения разного диаметра (17, 22 и 33 см) с напряжением на трубке в диапазоне 70 - 100 кВ. Областью исследования являются почки, мочевого пузыря и прилегающие органы и ткани. Аппарат может работать как в рентгеноскопическом режиме, так и в режиме снимков.

9.3. Расчет эффективной дозы облучения пациента при проведении диагностики и лечения методом ударно-волновой литотрипсии проводится либо с помощью [формулы 4.1](#), либо [формулы 4.2](#). Средние (вне зависимости от диаметра поля излучения на приемнике изображения) значения коэффициентов перехода Kd и Ke для перечня режимов исследований приведены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

**СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕХОДА Kd и Ke
ДЛЯ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ У ПАЦИЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
УДАРНО-ВОЛНОВОЙ ЛИТОТРИПСИИ**

Напряжение на трубке, кВ	Область исследования - почки		Область исследования - мочевого пузыря	
	Ke, мкЗв/(мГр x м2)	Kd, мкЗв/(сГр x см2)	Ke, мкЗв/(мГр x м2)	Kd, мкЗв/(сГр x см2)
70	150	2,0	210	2,6
80	180	2,5	240	3,1
90	200	2,7	260	3,4
100	230	3,0	300	3,9

Пример 1.

Проведено исследование и лечение почек при напряжении на трубке 70 кВ. Значение ПДП за исследование составило 700 сГр x см2. Находим в [табл. 9.1](#) значение коэффициента перехода, соответствующее выбранному режиму, Kd = 2,0 мкЗв/(сГр x см2).

Значение эффективной дозы у пациента будет равно:

$$E = 700 \text{ сГр} \times \text{см}^2 \times 2,0 \text{ мкЗв}/(\text{сГр} \times \text{см}^2) = 1400 \text{ мкЗв} = \\ = 1,4 \text{ мЗв}.$$

Пример 2.

Проведено диагностическое исследование области мочевого пузыря при напряжении на трубке 100 кВ. Время исследования под пучком 1 мин. 34 с = 94 с. Анодный ток - 3,1 мА.

Значение радиационного выхода берем из протокола испытаний эксплуатационных параметров рентгеновского аппарата. Допустим, что при $U = 100$ кВ оно равно $0,02 \text{ (мГр} \times \text{м}^2)/(\text{мА} \times \text{с})$.

Находим в [табл. 9.1](#) значение коэффициента перехода, соответствующее выбранному режиму, $K_e = 300 \text{ мкЗв}/(\text{мГр} \times \text{м}^2)$.

Значение эффективной дозы у пациента будет равно:

$$E = 0,02 \text{ (мГр} \times \text{м}^2/(\text{мА} \times \text{с})) \times 3,1 \text{ мА} \times 94 \text{ с} \times 300 \text{ мкЗв}/(\text{мГр} \times \text{м}^2) = 1748 \text{ мкЗв} = 1,75 \text{ мЗв}.$$

Приложение 1

ЗНАЧЕНИЯ

КОЭФФИЦИЕНТОВ K_e и K_d ДЛЯ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР

ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Таблица 1.1

Значения коэффициентов и для рентгенологических
процедур общего назначения, пациенты от новорожденного

до полугода

Размер поля

Тип процедуры	Проекция	(a x b), см x см	РИП, см	Напряжение на трубке, кВ	
Легкие (г)	ЗП	13 x 18	100	50 - 70	32013
Легкие (г)	ПЗ	13 x 18	100	50 - 70	47020
Легкие (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 70	390 9
Легкие (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	57013
Легкие (г)	Б	13 x 18	100	60 - 80	38016
Легкие (г)	Б	18 x 24	100	60 - 80	49011
Легкие (с)	ЗП	15 x 15	40	60	- 15

Череп (г)	ПЗ	13 x 18	100	50 - 70	115 5
Череп (г)	Б	13 x 18	100	50 - 70	80 3
Позвоночник (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	62014
Позвоночник (г)	Б	18 x 24	100	50 - 70	44010
Плечо, ключица (г)	ПЗ	13 x 18	100	50 - 60	37015
Пищевод (с)	ПЗ + ЗП + Б				17
Таз (г)	ПЗ	9 x 12	100	50 - 60	30026
Тазобедренные суставы (г)	ПЗ	12 x 9	100	50 - 60	18016
Бедро (г)	ПЗ	13 x 18	100	50	170 7
Брюшная полость (г)	ЗП	12 x 18	100	50 - 70	36016
Брюшная полость (г)	Б	12 x 18	100	50 - 70	33015
Пищевод + желудок (с)	ПЗ + ЗП + Б				26
Кишечник (с)	ПЗ + ЗП + Б				22
Урография (г)	ПЗ	12 x 18	100	50 - 70	56025
Цистография (г)	ПЗ	12 x 18	100	50 - 70	38017

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) а - ширина поля, b - высота поля. 4) значения коэффициентов перехода и приведены для общего фильтра рентгеновского излучения эквивалентного 3 - 5 мм А1.

Таблица 1.2

Значения коэффициентов и для рентгенологических

процедур общего назначения, пациенты от полугода до 2 лет

Тип процедуры	Проекция	Размер поля (а x b),	РИП, см	Напряжение на трубке, кВ
---------------	----------	----------------------------	------------	-----------------------------

		СМ X CM			
Легкие (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 70	260 5,8
Легкие (г)	Б	18 x 24	100	60 - 80	290 6,8
Легкие (с)	ЗП	20 x 20	40	60 - 70	- 7,3
Череп (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 60	90 2,0
Череп (г)	Б	18 x 24	100	50 - 60	60 1,4
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	9 x 13	80	50 - 70	35 1,8
Шейный отд. позв. (г)	Б	9 x 13	80	50 - 70	60 3,2
Грудной отд. позв. (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	430 9,4
Грудной отд. позв. (г)	Б	18 x 24	100	50 - 70	200 4,4
Поясничный отд. позв. (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	490 11
Поясн. отд. позв. (г)	Б	18 x 24	100	50 - 70	230 5,2
Плечо, ключица (г)	ПЗ	13 x 18	100	50 - 60	200 7,9
Пищевод (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	12,6
Ребра, грудина (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	440 10
Таз, крестец (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	410 9,0
Тазобедренные суставы (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	310 6,9
Бедро (г)	ПЗ	13 x 18	100	50 - 60	12 0,5
Брюшная полость (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 60	250 5,5
Брюшная полость (г)	Б	18 x 24	100	50 - 60	240 5,5
Пищевод + желудок (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	17,8
Желудок (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 60	280 6,1
Желудок (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 60	400 8,9
Кишечник (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	15,4

Кишечник (г)	ЗП	18 х 24	100	50 - 60	240 5,2
Кишечник (г)	ПЗ	18 х 24	100	50 - 60	400 8,6
Холецистография (г)	ЗП	13 х 18	100	50 - 60	180 7,7
Урография (г)	ПЗ	18 х 24	100	50 - 70	510 11
Цистография (г)	ПЗ	18 х 24	100	50 - 60	330 7,3

Таблица 1.3

**Значения коэффициентов и для рентгенологических
процедур общего назначения, пациенты от 2 до 7 лет**

Возраст пациента - от двух лет до семи лет

Тип процедуры	Проекция	Размер поля (а х b), см х см	РИП, см	Напряжение на трубке, кВ	
Легкие (г)	ЗП	18 х 24	100	50 - 70	170 3,7
Легкие (г)	Б	18 х 24	100	60 - 80	200 4,6
Легкие (с)	ЗП	20 х 20	40	60 - 70	- 4,5
Череп (г)	ПЗ	18 х 24	80	50 - 70	40 0,55
Череп (г)	Б	18 х 24	80	50 - 70	30 0,45
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	15 х 15	80	50 - 60	23 0,56
Шейный отд. позв. (г)	Б	15 х 15	80	50 - 60	19 0,49
Грудной отд. позв. (г)	ПЗ	18 х 24	100	50 - 70	290 6,1
Грудной отд. позв. (г)	Б	18 х 24	100	50 - 70	115 2,7
Поясничный отд. позв. (г)	ПЗ	18 х 24	100	50 - 70	290 6,2
Поясничный отд. позв. (г)	Б	18 х 24	100	50 - 70	115 2,7
Плечо, ключица (г)	ПЗ	13 х 18	80	50 - 60	140 3,5
Пищевод (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	8,2

Ребра, грудина (г)	ПЗ	18 x 24	100	60 - 80	330 7,2
Таз, крестец (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	310 6,8
Таз, крестец (г)	Б	18 x 24	100	50 - 70	140 3,1
Тазобедренные суставы (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	280 5,9
Бедро (г)	ПЗ	13 x 18	100	50 - 60	4 0,12
Брюшная полость (г)	ЗП	24 x 30	100	50 - 70	250 3,2
Брюшная полость (г)	Б	18 x 24	100	50 - 70	150 3,5
Пищевод + желудок (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	10,4
Желудок (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 70	150 3,2
Желудок (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	26 5,7
Желудок (г)	Б	18 x 24	100	50 - 70	160 3,8
Кишечник (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	9,2
Кишечник (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 70	170 3,8
Кишечник (г)	ПЗ	18 x 24	100	50 - 70	300 6,4
Холецистография (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 70	200 4,1
Урография (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 70	200 4,3
Цистография (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 70	180 3,8

Таблица 1.4

Значения коэффициентов и для рентгенологических
процедур общего назначения, пациенты от 7 до 12 лет

Тип процедуры	Проекция	Размер поля (a x b), см x см	РИП, см	Напряжение на трубке, кВ	
Легкие (г)	ЗП	24 x 30	100	50 - 70	200 2,6

Легкие (г)	Б	24 х 30	100	60 - 80	230 3,1
Легкие (с)	ЗП	20 х 20	40	60 - 70	- 3,5
Череп (г)	ПЗ	18 х 24	100	50 - 70	17 0,36
Череп (г)	Б	18 х 24	100	50 - 70	14 0,31
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	13 х 18	80	50 - 70	38 0,94
Шейный отд. позв. (г)	Б	13 х 18	80	50 - 70	18 0,53
Грудной отд. позв. (г)	ПЗ	24 х 30	100	50 - 70	320 4,2
Грудной отд. позв. (г)	Б	18 х 24	100	50 - 70	76 1,8
Поясничный отд. позв. (г)	ПЗ	24 х 30	100	50 - 70	290 3,8
Поясничный отд. позв. (г)	Б	18 х 24	100	50 - 70	65 1,5
Плечо, ключица (г)	ПЗ	13 х 18	80	50 - 60	35 0,86
Пищевод (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	6,0
Ребра, грудина (г)	ПЗ	24 х 30	100	60 - 70	320 4,2
Таз, крестец (г)	ПЗ	18 х 24	100	50 - 70	265 5,8
Таз, крестец (г)	Б	18 х 24	100	50 - 70	90 2,1
Тазобедренные суставы (г)	ПЗ	24 х 30	100	50 - 70	265 3,6
Бедро (г)	ПЗ	13 х 18	80	50 - 60	2.3 0,1
Брюшная полость (г)	ЗП	24 х 30	100	60 - 80	220 2,8
Брюшная полость (г)	Б	24 х 30	100	60 - 80	150 2,1
Пищевод + желудок (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	7,0
Желудок (г)	ЗП	18 х 24	100	50 - 70	92 2,0
Желудок (г)	Б	18 х 24	100	50 - 70	100 2,3
Кишечник (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	9,2
Кишечник (г)	ЗП	18 х 24	100	50 - 70	125 2,8

Холецистография (г)	ЗП	18 x 24	100	50 - 70	100 2,2
Урография (г)	ЗП	24 x 30	100	50 - 70	170 2,3
Цистография (г)	ЗП	24 x 30	100	50 - 70	170 2,2

Таблица 1.5

**Значения коэффициентов и для рентгенологических
процедур общего назначения, пациенты от 12 до 17 лет**

Тип процедуры	Проекция	Размер поля (a x b), см x см	РИП, см	Напряжение на трубке, кВ	
Легкие (г)	ЗП	30 x 40	100	60 - 80	210 1,7
Легкие (г)	Б	30 x 40	100	60 - 80	170 1,5
Легкие (с)	ЗП	30 x 30	40	70 - 80	- 2,3
Флюорография	ЗП	35 x 35	100	60 - 80	200 1,6
Череп (г)	ПЗ	24 x 30	100	50 - 70	23 0,3
Череп (г)	Б	24 x 30	100	50 - 70	18 0,23
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	18 x 24	80	60 - 70	35 0,53
Шейный отд. позв. (г)	Б	18 x 24	80	60 - 70	22 0,36
Грудной отд. позв. (г)	ПЗ	24 x 30	100	60 - 80	210 2,8
Грудной отд. позв. (г)	Б	15 x 40	100	60 - 80	70 1,1
Поясничный отд. позв. (г)	ПЗ	24 x 30	100	60 - 80	210 2,9
Поясничный отд. позв. (г)	Б	15 x 40	100	60 - 80	64 1,1
Плечо, ключица (г)	ПЗ	18 x 24	80	50 - 70	13 1,8
Пищевод (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	3,3
Рёбра, грудина (г)	ПЗ	24 x 30	100	60 - 80	220 3
Таз, крестец (г)	ПЗ	30 x 24	100	60 - 80	170 2,5

Таз, крестец (г)	Б	24 х 30	100	60 - 80	85 1,2
Тазобедренные суставы (г)	ПЗ	24 х 30	100	60 - 80	240 3,4
Бедро (г)	ПЗ	24 х 30	100	60 - 80	6 0,1
Брюшная полость (г)	ЗП	24 х 30	80	60 - 80	210 1,9
Брюшная полость (г)	Б	24 х 30	80	60 - 80	140 1,2
Пищевод + желудок (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	3,3
Желудок (г)	ЗП	18 х 24	100	70 - 90	80 1,8
Желудок (г)	Б	18 х 24	100	70 - 90	90 2,1
Кишечник (с)	ПЗ + ЗП + Б			-	3,1
Кишечник (г)	ЗП	30 х 40	100	70 - 90	220 1,8
Холецистография (г)	ЗП	24 х 30	100	60 - 80	100 1,4
Урография (г)	ЗП	24 х 30	100	60 - 80	115 1,6
Цистография (г)	ЗП	24 х 30	100	60 - 80	140 1,9

Таблица 1.6

Значения коэффицентов и для рентгенологических

процедур общего назначения, возраст

пациента 17 лет и старше

Размер поля

Тип процедуры	Проекция	(а х b), см х см	РИП, см	Напряжение на трубке, кВ	
Легкие (г)	ЗП	30 х 40	100	80 - 90	2402,0
Легкие (г)	ЗП	30 х 40	150	80 - 90	1001,9
Легкие (г)	Б	30 х 40	150	90 - 100	80 1,5
Легкие (с)	ЗП	30 х 30	60	60	3701,4

Флюорография	ЗП	35 x 35	100	80	2201,8
Череп (г)	ПЗ	24 x 30	100	60 - 70	50 0,7
Череп (г)	Б	24 x 30	100	60 - 70	23 0,3
Шейный отд. позв. (г)	ЗП	18 x 24	80	70 - 80	38 0,5
Шейный отд. позв. (г)	Б	18 x 24	80	70 - 80	85 1,3
Грудной отд. позв. (г)	ПЗ	24 x 30	100	80	1602,2
Грудной отд. позв. (г)	ПЗ	15 x 40	100	80	87 1,4
Грудной отд. позв. (г)	Б	24 x 30	100	80	95 1,3
Грудной отд. позв. (г)	Б	15 x 40	100	80	85 1,4
Поясничный отд. позв. (г)	ПЗ	24 x 30	100	80	1802,5
Поясничный отд. позв. (г)	ПЗ	15 x 40	100	80	1262,1
Поясничный отд. позв. (г)	Б	24 x 30	100	90	71 1,0
Поясничный отд. позв. (г)	Б	15 x 40	100	90	65 1,1
Плечо, ключица (г)	ПЗ	24 x 18	100	70 - 80	37 0,9
<*> Пищевод (с)	ПЗ + ЗП + Б				2,4
<***> Пищевод (с)	ПЗ + ЗП + Б				1,7
Ребра, грудина (г)	ПЗ	30 x 40	100	80	3102,5
Ребра, грудина (г)	ПЗ	24 x 30	100	80	1802,4
Таз, крестец (г)	ПЗ	40 x 30	100	80 - 90	2402,0
Таз, крестец (г)	Б	30 x 24	100	90 - 100	90 1,3
Тазобедренные суставы (г)	ПЗ	24 x 30	100	70 - 90	2303,1
Бедро (г)	ПЗ	15 x 40	100	70 - 80	32 0,5
<*> Пищевод + желудок (с)	ПЗ + ЗП + Б				2,6
<***> Пищевод + желудок (с)	ПЗ + ЗП + Б				2,0
Желудок (г)	ЗП	18 x 24	100	70 - 80	70 1,6
Желудок (г)	Б	18 x 24	100	70 - 80	60 1,4
<*> Кишечник (с)	ПЗ + ЗП + Б				2,5

<*> Кишечник (с)	ПЗ + ЗП + Б					1,8
Кишечник (г)	ЗП	30 x 40	100	90 - 100		2502,0
Кишечник (г)	Б	30 x 40	100	100		1601,3
Холецистография (г)	ЗП	18 x 24	100	90		57 1,3
Холецистография (г)	ЗП	24 x 30	100	90 - 100		1151,6
Урография (г)	ЗП	40 x 30	100	80 - 90		1601,4
Цистография (г)	ЗП	30 x 40	100	70 - 80		1801,5

Примечания:

<*> Для трубки, расположенной над столом.

<*> Для трубки, расположенной под столом.

Таблица 1.7

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ K_e и K_d ДЛЯ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНЕЧНОСТЕЙ

Область исследования	Проекция	РИП, см	U, кВ	Ke,	Kd,
				мкЗв	мкЗв
				-----	-----
				(мГр x м2)	(сГр x см2)
Верхние конечности					
Плечевой сустав	ПЗ	115	60	22	1,2
Плечевой сустав	Аксиальная	105	57	15	1,2
Плечо	ПЗ/Б	105	52	2/2	0,2/0,2
Локтевой сустав	ПЗ	105	52	1	0,1
Локтевой сустав	Б	105	52	1	0,1
Предплечье	ПЗ	105	52	1	0,1

Предплечье	Б	105	52	1	0,1
Запястье	Д.В.	105	52	1	0,1
Запястье	Б	105	52	1	0,1
Кисть	Б/Косая	105	52	1	0,1
Палец		105	52	1	0,1
Нижние конечности					
Шейка бедра	Аксиальная	105	70	170/84 <u><1></u>	2,8/2,5
Бедренная кость	ПЗ/Б	115	70	80/14	2,0/1,3
Коленный сустав	ПЗ	115	55	1	0,1
Коленный сустав	Б	115	55	1	0,1
Мениск					
Коленная чашечка	ПЗ/Б/ Аксиальная	105	55	1	0,1
Голень					
Голеностопный сустав	ПЗ	105	55	1	0,1
Голеностопный сустав	Б	105	52	1	0,1
Пяточная кость	Б	105	52	1	0,1
Пяточная кость	Аксиальная	105	55	1	0,1
Стопа	Б	105	52	1	0,1
Плюсна	Косая	105	52	1	0,1
Пальцы ноги		105	52	1	0,1

<1> Первая цифра соответствует размеру поля на приемнике 24 x 30 см, вторая - 18 x 24 см

Приложение 2

ЗНАЧЕНИЯ

КОЭФФИЦИЕНТОВ K_e и K_d ДЛЯ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ

СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Таблица 2.1

Значения коэффициентов и для контактной съемки зубов

Исследование U, кВ , мкЗв/(мГр · м2), мкЗв/(сГр · см2)

Верхняя челюсть			
Резцы	50 - 70	3	0,1
Премоляры	50 - 70	3	0,1
Моляры	50 - 70	20	0,9
Съемка прикуса	50 - 70	35	1,0
Нижняя челюсть			
Резцы	50 - 70	3	0,1
Премоляры	50 - 70	4	0,2
Моляры	50 - 70	30	0,9
Съемка прикуса	50 - 70	40	1,0

Таблица 2.2

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ K_e и K_d ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

НА ПАНОРАМНЫХ ДЕНТАЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Исследование	K_e , мкЗв/(мГр · м2)				K_d , мкЗв/(сГр · см2)			
	60 кВ	70 кВ	80 кВ	90 кВ	60 кВ	70 кВ	80 кВ	90 кВ
Полная рентгенограмма	2,3				0,8			
Цефалостат	1,1	1,4	1,7	2,0	0,5	0,6	0,7	0,8

Таблица 2.3

Значения коэффициентов и для исследований

на дентальных компьютерных томографах

Исследование , мкЗв/(мГр · м2) , мкЗв/(сГр · см2)

Зубы + альвеолярные отростки верхней и нижней челюстей	60 - 80 кВ	80 - 100 кВ	100 - 120 кВ	60 - 80 кВ	80 - 100 кВ	100 - 120 кВ
	23	29	40	0,55	0,70	0,90

Приложение 3

ЗНАЧЕНИЯ

**КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕХОДА ОТ ПДП К ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЕ
И МАКСИМАЛЬНОЙ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЕ В КОЖЕ У ПАЦИЕНТОВ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНТЕРВЕНЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Таблица 3.1

**Значения дозовых коэффициентов перехода от измеренного
значения ПДП к эффективной дозе у взрослого пациента
для исследований сосудов сердца**

Напряжение на рентгеновской трубке, кВ, мЗв/(Гр · см²)

70	0,19
80	0,22
90	0,24
100	0,27
110	0,29

Таблица 3.2

**Значения дозовых коэффициентов перехода от измеренного
значения ПДП к эффективной дозе у детей различного возраста
при исследовании сосудов сердца**

Напряжение (кВ) на рентгеновской трубке

Возрастная группа

(фильтр 3 мм Al + 0,1 мм Cu)

	0 - 0,5 года	0,5 - 2 года	2 - 7 лет	7 - 12 лет	12 - 17 лет
	, мЗв/(Гр · см ²)				
60	1,70	1,08	0,57	0,36	0,14
70	1,90	1,25	0,67	0,43	0,18
80			0,75	0,49	0,21

Таблица 3.3

Значения дозовых коэффициентов перехода от измеренного
значения ПДП к эффективной дозе у взрослого пациента
для исследований сосудов головного мозга

Напряжение на рентгеновской трубке, кВ, мЗв/(Гр · см²)

60 - 80	0,03
80 - 90	0,04
90 - 100	0,05
100 - 110	0,06

Таблица 3.4

Значения дозовых коэффициентов перехода от измеренного
значения ПДП к эффективной дозе у взрослого пациента
для интервенционных исследований брюшной полости

Напряжение на рентгеновской трубке, кВ, мЗв/(Гр · см²)

70	0,16
80	0,18
90	0,19
100	0,23
110	0,24

Таблица 3.5

**Значения дозовых коэффициентов перехода от измеренного
значения ПДП к эффективной дозе у взрослого пациента
для интервенционных исследований малого таза**

Напряжение на рентгеновской трубке, кВ, мЗв/(Гр · см²)

70	0,20
80	0,25
90	0,26
100	0,32
110	0,34

Таблица 3.6

**Значения дозовых коэффициентов перехода от измеренного
значения ПДП к эффективной дозе у взрослого пациента
для исследований сосудов нижних конечностей**

Напряжение на рентгеновской трубке, кВ, мЗв/(Гр · см²)

60	0,08
70	0,11
80	0,13
90	0,15
100	0,17
110	0,19

Таблица 3.7

**Значения дозовых коэффициентов перехода от измеренного
значения ПДП к максимальной поглощенной дозе в коже
пациента для исследований сосудов сердца**

Вид исследования	, мГр/(Гр · см²)
Ангиография сосудов сердца	4,2
Ангиопластика сосудов сердца	10

Таблица 3.8

Значения дозовых коэффициентов перехода от измеренного значения ПДП к максимальной поглощенной дозе в коже пациента для исследований сосудов головного мозга и каротидных зон

Вид исследования	, мГр/(Гр · см²)
Ангиография сосудов головного мозга и каротидных зон	5,0
Эмболизация сосудов головного мозга	6,0

Таблица 3.9

Значения дозовых коэффициентов перехода от измеренного значения ПДП к максимальной поглощенной дозе в коже пациента для исследований органов брюшной полости и малого таза

Вид исследования	, мГр/(Гр · см²)
Диагностика и лечение органов брюшной полости и малого таза	5,0