

Дозиметрия в нормативных документах Роспотребнадзора

Нурлыбаев К., к.т.н.,

Мартынюк Ю.Н., к.ф.-м.н.,

НПП «Доза»,

Логинова С.В., к.ф.-м.н.,

кафедра радиационной гигиены РМАПО

Нормативные документы (СанПиНы) РПН по радиационной безопасности (РБ) генерирующих источников

Применение рентгеновских аппаратов

СанПин 2.6.1.1192-03. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации **рентгеновских кабинетов, аппаратов** и проведению рентгенологических исследований. М., 2003

СанПиН 2.6.1.3164-14. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при **рентгеновской дефектоскопии**

СанПиН 2.6.1.3106-13. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при использовании **рентгеновских сканеров** для персонального досмотра людей

Применение ускорителей

СанПиН 2.6.1.2573-10. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации **ускорителей электронов** с энергией **до 100 МэВ**. 2010

Генерирующие источники

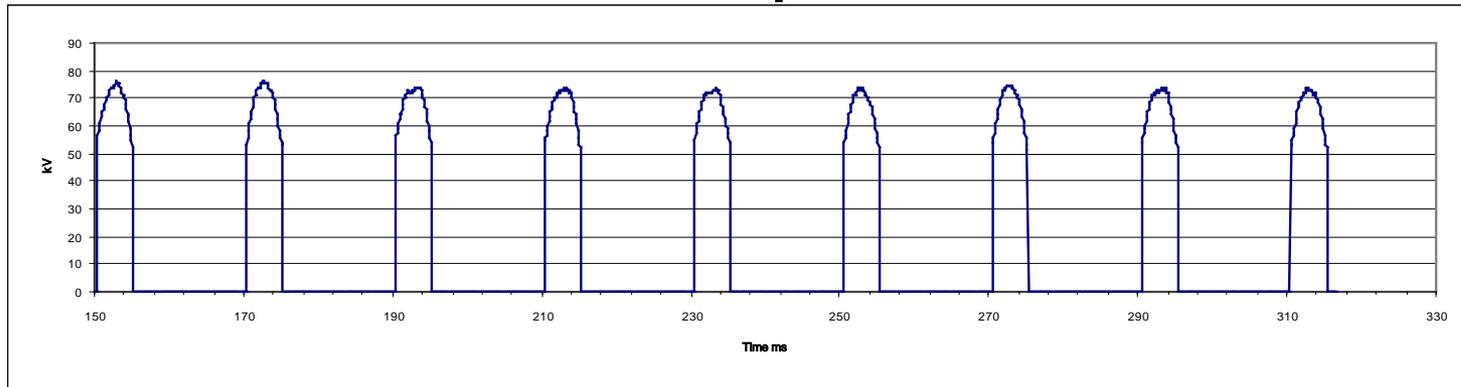
Вышеприведенные генерирующие источники:

- медицинские рентгеновские аппараты;
- аппараты рентгеновской дефектоскопии;
- ускорители

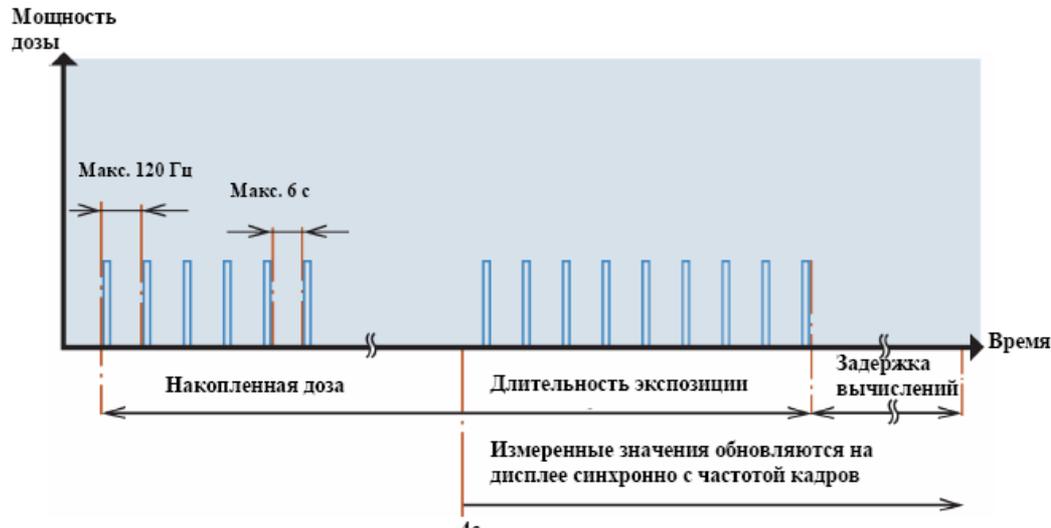
являются источниками импульсных излучений:

- из-за технических ограничений;
 - во избежание перегрева трубки;
 - во избежание искажений изображений подвижных органов;
 - для продления срока службы трубки аппарата
- и т.д.

Излучение медицинских рентгеновских аппаратов



Излучение аппарата с однополупериодным генератором (аппарат СССР)



Многоимпульсная рентгеноскопия
(современный аппарат)

Медицинский рентгенодиагностический аппарат



Длительности импульсов

Частота импульсов

Средняя энергия излучения

Дозы в импульсе (на 1м от ист-ка)

Мощности доз в импульсе (на 1м от ист-ка)

1 мксек – 1 сек

отдельный импульс – 100 Гц

10 – 100 кэВ

≤ 1 мЗв

≤ 40 мЗв/сек

Медицинские линейные ускорители с напряжением 6-30 МВ



Фотонное излучение с энергией:

Мощность дозы в изоцентре:

Рабочая нагрузка в изоцентре:

до 6 – 30 МэВ

до 10 Гр/мин = 600 Гр/ч

до 1000 Гр/нед.

Аппарат рентгеновской дефектоскопии



Импульсные излучения

Решения проблем дозиметрии импульсных излучений обсуждаются в документах международных организации, таких как

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Международная комиссия по радиационным единицам и измерениям (МКРЕ), Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), Международной электротехнической комиссии (МЭК):

Доклад 34 МКРЕ, Дозиметрия импульсного излучения, 1980;

Публикация 73 МКРЗ, Радиационная защита и безопасность в медицине, 1997;

Доклад 74 МКРЕ, Дозиметрия пациента облучаемого рентгеновским излучением используемом для получения изображения, журнал МКРЕ, том 5 No 2 (2005);

Импульсные излучения (2)

МАГАТЭ, Технический доклад 457, Дозиметрия в диагностической радиологии: международный опыт, 2007

Статья: Проблемы электронных дозиметров в импульсных полях, журнал *Rad.Prot.Dosimetry*, Vol. 135, No. 3, 2009

Стандарт МЭК 62743, Приборы радиационной защиты – Электронные дозиметры для импульсных полей ионизирующего излучения, 2012

и других документах.

Импульсные излучения (3)

В стандарте **МЭК 62743**, даны **определения излучений**:

импульсное излучение

<для дозиметрии рабочих мест и индивидуальной дозиметрии> ионизирующее излучение в котором значение **мощности дозы** в данной точке пространства **не будет постоянным** в течение времени **больше 10 с**;

непрерывное излучение

<для дозиметрии рабочих мест и индивидуальной дозиметрии> ионизирующее излучение **с постоянной мощностью дозы** в данной точке пространства в течение времени **больше 10 с**, если пренебречь временами включения и выключения поля.

В общем случае **все ионизирующие излучения импульсные**, непрерывное излучение лишь частный случай импульсного излучения.

Импульсные излучения (4)

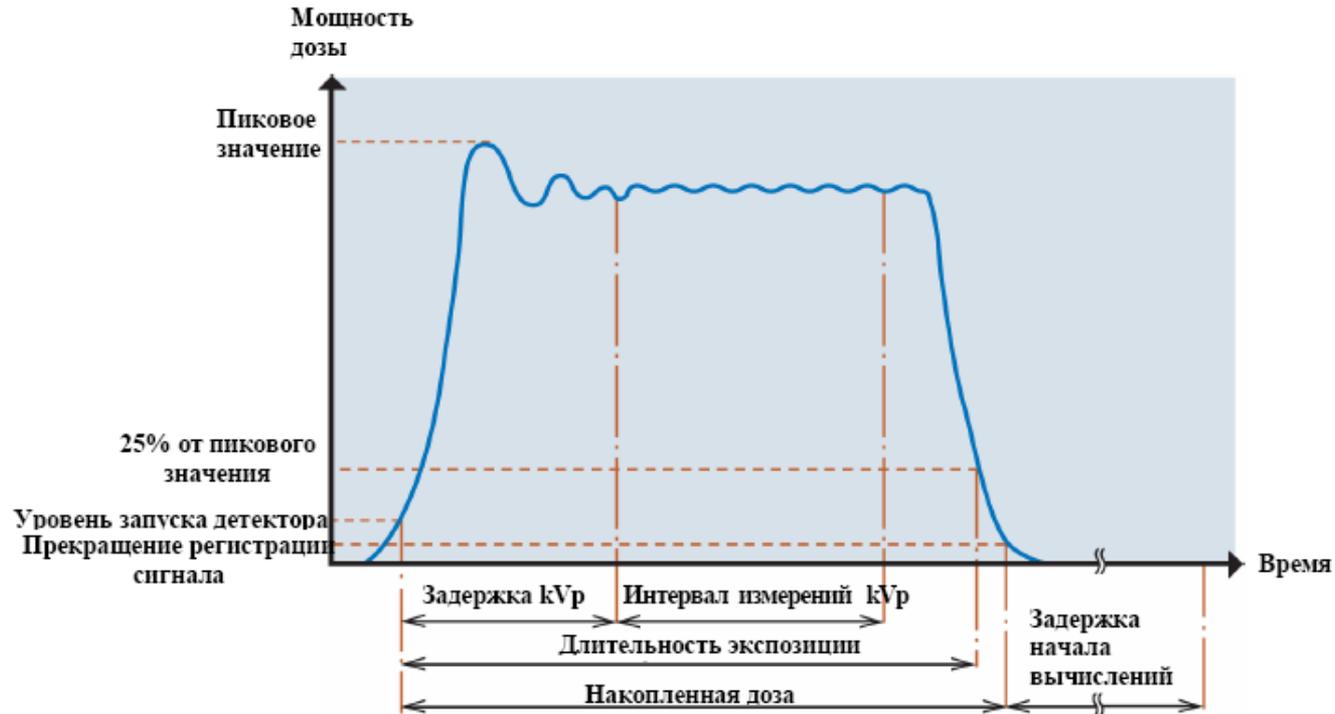
Непрерывные излучения характеризуются:

- видом излучения (фотонное, нейтронное, бета);
- диапазоном энергии;
- значением мощности дозы.

Импульсные излучения характеризуются:

- видом излучения (фотонное, нейтронное, бета);
- диапазоном энергии;
- значением **дозы в импульсе**;
- значением **мощности дозы в импульсе**;
- **длительностью** импульса;
- **частотой** импульсов.

Импульсные излучения (5)



Импульс излучения

(из РЭ дозиметра-киловольтметра Unfors, Piranha).

Параметры полей импульсного излучения (статья Rad.Prot.Dos, V.135, №3, 2009)

Тип генератора	Доза в импульсе (на 1м от источника)	Мощность дозы в импульсе (на 1м от источника)	Длит-сть импульса	Частота	Средняя энергия
Рентгенодиагностика	≤ 1 мЗв	≤ 40 мЗв/сек	1 мксек – 1 сек	отдельн. импульс – 100 Гц	10 – 100 кэВ
Ускоритель	$\leq 0,1$ мЗв	$\leq \underline{10}$ <u>Зв/сек</u>	1 мксек	до 400 Гц	<u>1 – 50</u> <u>МэВ</u>
Специальные имп. генераторы	≤ 3 мЗв	$\leq \underline{100}$ <u>Зв/сек</u>	50 нсек	отдельн. импульс	10 кэВ - 10 МэВ

Параметры полей импульсного излучения (стандарт МЭК 62743)

№	Рабочее место	Мин.дл-сть импульса	Макс.мощн. дозы в имп.	Макс.доза в имп.
1	Ангиография	2 мсек	10 Зв/ч	0,1 мЗв
2	С-дуга	5 мсек	10 Зв/ч	1 мЗв
3	Неразр.контроль с использ. LINAC	3,5 мсек	<u>500 Зв/ч</u> (на 1 м)	<u>0,5 мкЗв</u> (на 1 м)
4	LINAC для терапии рака	3 мсек	<u>250 000 Зв/ч</u> (на 1 м)	<u>20 мЗв</u> (на 1 м)

РК импульсных рентгеновских аппаратов (дефектоскопии)

МАРКА	Ua, кВ	τ нс	N Гц	<u>Доза</u> <u>мкЗв/имп</u>	МЭДи Зв/с	МЭДср Зв/ч	МЭДдоп мкЗв/ч
АРИОН-150	150	2	20	2	1 000	0,14	140
АРИОН-200	200	2	15	5	2 500	0,27	110
АРИОН-250	250	2	10	9	4 500	0,32	71
АРИОН-300	300	2	8	12	6 000	0,35	58
АРИОН-400	400	1,5	4	20	13 000	0,29	22
АРИОН-600	600	1,5	2	40	27 000	0,29	11
АРИНА-1	200	10	10	8	800	0,29	360
АРИНА-3	200	10	10	8	800	0,29	360
АРИНА-7	250	10	10	15	1 500	0,54	360
АРИНА-9	300	10	10	20	2 000	0,72	360

Нормирование значения дозы

Измеряемой операционной величиной в дозиметрии импульсных излучений является доза облучения.

Мощность дозы вычисляется делением измеренного значения дозы на время измерения (нормирование дозы на время).

Мощность дозы характеризует радиационную обстановку только для непрерывных излучений.

Для импульсных излучений значение дозы облучения нормируется на параметр работы источников:

- медицинских рентгеновских аппаратов на количество электричества (заряд протекший через трубку);
- аппаратов рентгеновской дефектоскопии на число импульсов;
- терапевтических ускорителей на значение дозы в изоцентре (на мишени).

Определения радиационного выхода

Радиационный выход – нормированное значение **дозы** для медицинских рентгеновских аппаратов.

МКРЕ, Доклад 74:

«**Радиационный выход** рентгеновской трубки - отношение **поглощенной дозы** в воздухе на расстоянии 1 м от фокуса рентгеновской трубки, **к количеству электричества**.

Единица: (**Дж/кг**)/**Кулон**) или (**мГр/(мА·с)**);»

НИИРГ, СанПин 2.6.1.1192-03:

«Под **радиационным выходом** рентгеновского излучателя понимается отношение **мощности поглощенной дозы в воздухе в мГр/с**, измеренное на расстоянии 1 м от фокуса рентгеновской трубки на оси первичного пучка рентгеновского излучения при заданных значениях анодного напряжения, **к значению анодного тока**.»

Единица: (**мГр/с**)/**мА**).

Радиационный выход

В определении МКРЕ ($\text{мА}\cdot\text{с}$) означает количество электричества (заряд) протекший через рентгеновскую трубку и равный одному миллиКулону.

При этом ни время с , ни сила тока мА в выражении ($\text{мА}\cdot\text{с}$) не имеют отдельного физического смысла.

Время с это время генерирования излучения (время протекания тока мА через рентгеновскую трубку).
Время отсутствия протекания тока (мА) при импульсной работе источников во время с не включается.

В ($\text{мА}\cdot\text{с}$) время с не является временем измерения дозы.
Некорректно $\text{мГр}/(\text{мА}\cdot\text{с})$ трактовать как $(\text{мГр}/\text{с})/\text{мА}$, т.е. как отношение мощности дозы к силе тока.

Физический смысл понятия «радиационный выход»

Физический смысл понятия радиационный выход:
Количество излучения, выработанное рентгеновской трубкой на единицу затраченного количества электричества, т.е. **коэффициент полезного действия (КПД)** трубки.

Количество излучения характеризуется **поглощенной дозой** в воздухе. Поглощенная доза в воздухе измеряется дозиметрами.

Количество электричества измеряется и индицируется рентгеновским аппаратом.

Семинар по организации контроля техногенных ИИИ и ИДК
28 – 30 октября 2014 г., ФБУЗ «ФЦГиЭ»

**Некоторые особенности радиационного
контроля сканирующих медицинских
рентгеновских аппаратов и медицинских
рентгенографических аппаратов, на
которых устанавливается количество
электричества**

*Барковский А.Н.,
ФБУН НИИ радиационной гигиены имени
профессора П.В.Рамзаева*

Рентгенодиагностика (НИИРГ)

При проведении радиационного контроля на рентгенографических аппаратах возникает проблема расчета приведенных к стандартной рабочей нагрузке аппарата мощностей доз, т.к. на аппарате выставляется только количество электричества в единицах мА·с, и нет данных о величине анодного тока, который необходим для использования формулы, приведенной в СанПиН 2.6.1.1192-03, Гигиенические требования....:

$$P_{п} = P * W / (1800 * I) \text{ мкЗв/ч, где}$$

$P_{п}$ - приведенная к стандартной рабочей нагрузке мощность амбиентного эквивалента дозы рентгеновского излучения, мкЗв/ч;

P – измеренная мощность амбиентного эквивалента дозы рентгеновского излучения, мкЗв/ч;

W – стандартная рабочая нагрузка в мА·мин/нед.;

I – анодный ток при проведении измерений в мА;

1800 – полное рабочее время за неделю в минутах, мин/нед.

Рентгенодиагностика (НИИРГ)

Но можно воспользоваться иным выражением для той же величины, основанном на измеренном значении дозы при прохождении через рентгеновскую трубку данного количества электричества $J = I * T$:

$$P_n = H * 3600 * W / (1800 * J) = 2 * H * W / J \text{ мкЗв/ч, где:}$$

H – измеренное значение амбиентного эквивалента дозы в мкЗв;

J – заряд, прошедший через рентгеновскую трубку, в мА·с.

Приведенное выражение получается путем умножения числителя и знаменателя предыдущего выражения на время экспозиции T (???) в секундах.

Лекция по проекту СанПиН 2.6.1.1192-03

Т.е. умножили числитель и знаменатель на время экспозиции T в секундах и:

1) мощность дозы превратилась в дозу, т.е:

Доза = мощность дозы x время экспозиции;

2) ток превратился в заряд, т.е:

Заряд = Ток x время экспозиции.

Но речь идет о разных временах и должно быть:
в первом случае:

1) Доза = мощность дозы x время измерения дозы;

а во втором случае:

2) Заряд = Ток x время генерирования излучения.

Время экспозиции T не может быть равным одновременно:
и времени измерения дозы
и времени генерирования излучения.

Дозиметрия в других НД РПН

СанПиН 2.6.1.1192-03. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. М., 2003

СанПиН 2.6.1.3164-14. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при рентгеновской дефектоскопии

СанПиН 2.6.1.3106-13. Гигиенические требования по обеспечению радиационной безопасности при использовании рентгеновских сканеров для персонального досмотра людей

СанПиН 2.6.1.2573-10. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ. 2010

Во всех вышеприведенных СанПиН-ах дозиметрический контроль основан на измерениях мощностей доз.

Выводы

В нормативных документах Роспотребнадзора отсутствуют операционные величины.

Международная система дозиметрии построена на наличии трех видов дозиметрических величин (нормируемых, физических и операционных) на основании докладов Международных комиссии по радиационным единицам и защите: МКРЕ 57 1998г., МКРЗ 74 1997г.

В СанПиН-ах и МУ Роспотребнадзора измеряются:

- в одном мощности поглощенной дозы;
- в другом мощности эквивалентной дозы;
- в третьем мощности Ambientного эквивалента дозы.

Выводы (2)

Нормативные документы Роспотребнадзора чрезвычайно замусорены,

например, в СанПиН 2.6.1.1192-03 приводятся описания **принципов** обеспечения РБ; **кусок НРБ** с дозовыми пределами; **требования** к размещению и оборудованию рентгенкабинета включая требования к их **площади**, к **расстояниям** до стен помещения, к высоте помещений, к **ширине** проходов и дверей, к отделке **стен**; к **покрытиям** полов; наличию **раковин** с подводом горячей и холодной воды; к стационарным, передвижным и индивидуальным **средствам защиты**; **требования** к выполнению **электрической безопасности**, к **заземлению**, к **освещенности**, температуре, **кратности воздухообмена**;

а также **методики выполнения измерений**.

Заключение

Необходимы Санитарные правила между НРБ и другими нормативными документами в котором были бы:

- определения **величин в дозиметрии**: нормируемые, физические и операционные;
- все соотношения между ними для всех видов излучения;
- методики выполнения измерений для дозиметрического контроля рабочих мест и индивидуального контроля, в т.ч. контроль импульсных излучений;
- метрологические и технические требования к средствам контроля из международных стандартов;
- требования по испытаниям, калибровке **средств контроля**.

Санитарные правила должны пройти метрологическую аттестацию.

Аналогами могут служить Руководства по безопасности МАГАТЭ RS-G-1.2, RS-G-1.3

Заключение (2)

Должна быть построена иерархия НД по РБ РПН:

- НРБ и ОСПОРБ;
- Межведомственные Санитарные правила, например, «Руководство по безопасности»;
- специальные НД (СанПиН, МУК, МУ, МР).

Необходимы:

- **анализ** всех НД по РБ;
- **исключение** МВИ из состава НД по РБ;
- **включение** МВИ в «Руководство по безопасности» с метрологической аттестацией в соответствии с ФЗ «Об обеспечении единства измерений»;
- Очистка НД по РБ от требований **не имеющих отношение к РБ.**

Специальные нормативные документы (СанПиН, МУК, МУ) должны содержать требования, параметры и объем контроля по РБ, но ни в коем случае не способ контроля (методику выполнения измерений).

Заключение (3)

Нужно пользоваться международными нормативными и методическими документами.

Организации призванные разрабатывать национальные нормативные документы должны:

- принимать активное участие в работе профильных международных организации (МКРЕ, МКРЗ, МЭК, ИСО);
- принимать активное участие в разработке международных нормативных и методических документов;
- осуществлять их перевод на русский язык;
- осуществлять разработку национальных нормативных документов на их базе.