

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «21» июля 2023 г. № 1490

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ, МОЩНОСТИ
ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ, АМБИЕНТНОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО
ЭКВИВАЛЕНТОВ ДОЗЫ, МОЩНОСТЕЙ АМБИЕНТНОГО И
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЭКВИВАЛЕНТОВ ДОЗЫ НЕЙТРОННОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ**

2023 г.

1. Область применения

Настоящая Государственная поверочная схема распространяется на средства измерений поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения и устанавливает порядок передачи единиц поглощенной дозы – грея (Гр) и мощности поглощенной дозы – грея в секунду (Гр/с) в диапазоне энергий нейтронного излучения от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ; амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы – зиверта (Зв) и мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы – зиверта в секунду (Зв/с) нейтронного излучения в диапазоне энергий нейтронного излучения от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ от государственного первичного эталона при помощи вторичных эталонов и рабочих эталонов средствами измерений с указанием погрешностей и методов передачи единиц величин.

Графическая часть Государственной поверочной схемы для средств измерений поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения представлена в приложении А.

2. Сокращения и обозначения

2.1. Сокращения:

ГПЭ – государственный первичный эталон;
 ПД – поглощенная доза;
 МПД – мощность поглощенной дозы;
 АЭД – амбиентный эквивалент дозы;
 МАЭД – мощность амбиентного эквивалента дозы;
 ИЭД – индивидуальный эквивалент дозы;
 МИЭД – мощность индивидуального эквивалента дозы;
 НСП – неисключенная систематическая погрешность;
 СКО – среднее квадратическое отклонение;
 ИСО – Международная организация по стандартизации;
 ЯФУ – ядерно-физическая установка;
 ОП – опорное поле;
 МОП – моделирующее опорное поле.

2.2. Обозначения:

S_0 – относительное среднее квадратическое отклонение;
 θ_0 – относительная неисключенная систематическая погрешность;
 S_Σ – суммарное относительное СКО результатов измерений;
 u_A – стандартная неопределенность, оцененная по типу А;
 u_B – стандартная неопределенность, оцененная по типу В;
 δ_0 – допускаемые значения доверительных границ относительной погрешности рабочих эталонов.

3. Государственный первичный эталон

3.1. Государственный первичный эталон предназначен для воспроизведения и хранения единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения и передачи единиц этих величин при помощи вторичных эталонов и рабочих эталонов средствам измерений, а также непосредственно средствам измерений (установкам дозиметрическим и дозиметрам повышенной точности).

3.2. В основу измерений поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения, выполняемых в Российской Федерации, должны быть положены единицы, воспроизводимые указанным государственным первичным эталоном.

3.3. Государственный первичный эталон состоит из комплекса следующих технических средств, вспомогательных устройств и специальных инженерных сооружений.

Основное оборудование:

измеритель поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы нейтронного излучения с комплектом полостных ионизационных камер ИМПД-ИК;

измеритель поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы нейтронного излучения с цилиндрическим пропорциональным счетчиком ИМПД-ЦС;

измеритель эквивалента дозы и мощности эквивалента дозы нейтронного излучения ИМЭД;

аппаратурный комплекс обработки информации;

установка поверочная нейтронного излучения УКПН-1МДА;

установка ОВС-3;

набор формирователей спектра нейтронов.

Вспомогательное оборудование:

стенд прецизионного заполнения камер газами;

средства передачи (компараторы) (ионизационные камеры, блоки детектирования, блоки регистрации, пропорциональные счетчики);

система дистанционного наблюдения;

система дозиметрического контроля;

тканеэквивалентный фантом;

персональный компьютер.

Источники ионизирующего излучения:

набор закрытых радионуклидных источников нейтронного излучения на основе радионуклидов $^{238}\text{Pu-Be}$, $^{239}\text{Pu-Be}$, ^{252}Cf , Am-Be ;

устройство для хранения источников нейтронного излучения КН-1.

Специальные инженерные сооружения:

измерительный зал;

пультовая.

3.4. Диапазон воспроизведения мощности поглощенной дозы нейтронного излучения в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ составляет от $2 \cdot 10^{-10}$ до $2 \cdot 10^{-3}$ Гр·с⁻¹.

3.5. Диапазон воспроизведения поглощенной дозы нейтронного излучения в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ составляет от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^3$ Гр.

3.6. Диапазон воспроизведения мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-3}$ до 20 МэВ составляет от $5 \cdot 10^{-10}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ Зв·с⁻¹.

3.7. Диапазон воспроизведения амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-3}$ до 20 МэВ составляет от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^1$ Зв.

3.8. Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единиц с относительным средним квадратическим отклонением результата измерений S_0 , не превышающим:

0,5 % при 10 независимых наблюдениях для единиц поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы нейтронного излучения;

1,0 % при 10 независимых наблюдениях для единиц амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения.

Относительная неисключенная систематическая погрешность θ_0 не превышает:

2,9 % (при доверительной вероятности $P = 0,99$) для единиц поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы нейтронного излучения;

7,9 % (при доверительной вероятности $P = 0,99$) для единиц амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения.

3.9. Относительная стандартная неопределенность результатов измерений с помощью оборудования из состава государственного первичного эталона составляет:

Относительная стандартная неопределенность, оцененная по типу А:

$u_A = 0,5$ % для единиц поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы нейтронного излучения;

$u_A = 1,0$ % для единиц амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения.

Относительная стандартная неопределенность, оцененная по типу В:

$u_B = 1,2$ % для единиц поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы нейтронного излучения;

$u_B = 3,2$ % для единиц амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения.

3.10. Государственный первичный эталон применяют для передачи единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и

индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения вторичным эталонам, рабочим эталонам и средствам измерений (установкам дозиметрическим и дозиметрам повышенной точности) методом прямых измерений, методом сличения при помощи компаратора.

3.11. Соотношение показателей точности при передаче единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения вторичным эталонам, рабочим эталонам и средствам измерений (установкам дозиметрическим и дозиметрам повышенной точности) не должно превышать $1/2$.

4. Вторичные эталоны

4.1. В качестве вторичных эталонов единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения применяются:

измерительные комплексы и установки дозиметрические (установки дозиметрические с закрытыми радионуклидными источниками нейтронного излучения и с ионизационными камерами, измерительные установки с генерирующими источниками нейтронного излучения с детектором-свидетелем (детектором-монитором) на основе сцинтилляционного, ионизационного и др. методов) в диапазоне измерений поглощенной дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^4$ Гр и мощности поглощенной дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$ Гр·с⁻¹ в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ;

измерительные комплексы и установки дозиметрические (установки дозиметрические с закрытыми радионуклидными источниками нейтронного излучения и с ионизационными камерами, измерительные установки с генерирующими источниками нейтронного излучения с детектором-свидетелем (детектором-монитором) на основе сцинтилляционного, ионизационного и др. методов) и компаратором на основе сцинтилляционного, ионизационного и др. методов измерений, водными¹ или твердотельными фантомами стандартных размеров в диапазоне измерений индивидуального эквивалента дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^2$ Зв и мощности индивидуального эквивалента дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,0 \cdot 10^{-4}$ Зв·с⁻¹ в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ;

измерительные комплексы и установки дозиметрические (установки дозиметрические с закрытыми радионуклидными источниками нейтронного излучения и с ионизационными камерами, измерительные установки с

¹ Примечание – Для передачи единиц индивидуальных эквивалентов дозы и мощностей индивидуальных эквивалентов дозы используются фантомы ИСО: применяются плоскопараллельный и цилиндрические водные фантомы. Плоскопараллельный фантом представляет собой заполненную водой емкость размерами 30 см × 30 см × 15 см со стенками из полиметилметакрилата (толщина передней стенки 2,5 мм, остальные стенки толщиной 10 мм). Цилиндрические фантомы представляют собой заполненные водой цилиндры со стенками из полиметилметакрилата со следующими размерами: диаметр 73 мм × высота 300 мм (толщина боковой стенки 2,5 мм, толщина оснований 10 мм) и диаметр 200 мм × высота 200 мм (толщина стенок 5 мм).

генерирующими источниками нейтронного излучения с детектором-свидетелем (детектором-монитором) на основе сцинтилляционного, ионизационного и др. методов) и с компаратором на основе сцинтилляционного, ионизационного и др. методов измерений в диапазоне измерений амбиентного эквивалента дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^2$ Зв и мощности амбиентного эквивалента дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,0 \cdot 10^{-4}$ Зв·с⁻¹ в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ;

измерительные комплексы и источники нейтронов на базе ядерно-физических установок с ОП и МОП нейтронов в диапазоне измерений поглощенной дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^4$ Гр, мощности поглощенной дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$ Гр·с⁻¹ в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^2$ Зв, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,0 \cdot 10^{-4}$ Зв·с⁻¹ в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ.

4.2. Суммарное СКО S_{Σ} , обусловленное влиянием случайных погрешностей и НСП первичного и вторичного эталонов, методов передачи единицы величины от государственного первичного эталона составляет: от 1,8 до 3,0 % – для единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы нейтронного излучения, от 3,8 % до 5,0 % – для единиц амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения

4.3. Вторичные эталоны применяют для передачи единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения рабочим эталонам и средствам измерений методом прямых измерений, методом сличения при помощи компаратора (ионизационных камер, сцинтилляционных блоков детектирования, химических и твердотельных дозиметров).

4.4. Передача единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения на эталонах с полями нейтронов, которые отличаются энергетическими спектрами, должна осуществляться только с применением средств передачи указанных единиц (средств сличения), позволяющих наряду с единицами величин определять характеристики распределения нейтронов по энергиям, либо реализующими абсолютные методы измерений указанных единиц величин.

4.5. Соотношение показателей точности при передаче единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения рабочим эталонам и средствам измерений не должно превышать 1/2.

5. Рабочие эталоны

5.1. В качестве рабочих эталонов единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы,

мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения применяют:

дозиметры эталонные (дозиметры с ионизационными камерами, сцинтилляционными блоками детектирования, термолюминесцентные дозиметры, химические дозиметры) в диапазоне измерений: поглощенной дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^5$ Гр, мощности поглощенной дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$ Гр $\cdot$ с $^{-1}$ в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ; амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^3$ Зв, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,0 \cdot 10^{-3}$ Зв $\cdot$ с $^{-1}$ в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ;

установки дозиметрические (установки дозиметрические с закрытыми радионуклидными источниками нейтронного излучения с типовыми коллиматорами, установки дозиметрические с закрытыми радионуклидными источниками нейтронного излучения с типовыми коллиматорами с водными² или твердотельными фантомами стандартных размеров, закрытые радионуклидные источники нейтронного излучения, измерительные установки с генерирующими источниками нейтронного излучения с детектором-свидетелем (детектором-монитором) на основе сцинтилляционного, ионизационного и др. методов измерений) в диапазоне измерений: поглощенной дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^5$ Гр, мощности поглощенной дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$ Гр $\cdot$ с $^{-1}$ в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ; амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^3$ Зв, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,0 \cdot 10^{-3}$ Зв $\cdot$ с $^{-1}$ в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ;

источники нейтронов на базе ЯФУ (измерительные каналы ядерных реакторов, ускорители и другие ядерно-физические установки) в диапазоне измерений: поглощенной дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^5$ Гр, мощности поглощенной дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $2,0 \cdot 10^{-2}$ Гр $\cdot$ с $^{-1}$ в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ; амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^3$ Зв, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,0 \cdot 10^{-3}$ Зв $\cdot$ с $^{-1}$ в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ.

5.2. Доверительные границы относительных погрешностей δ_0 рабочих эталонов при доверительной вероятности 0,95 составляют от 4 % до 7,5 % для единиц поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы нейтронного излучения, от 7,5 % до 12 % для единиц амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения.

5.3. Рабочие эталоны применяют для передачи единиц средствам измерений методом прямых измерений, методом сличения при помощи

² Примечание – Для передачи единиц индивидуальных эквивалентов дозы и мощностей индивидуальных эквивалентов дозы используются фантомы ИСО: применяются плоскопараллельный и цилиндрические водные фантомы. Плоскопараллельный фантом представляет собой заполненную водой емкость размерами 30 см $\times$ 30 см $\times$ 15 см со стенками из полиметилметакрилата (толщина передней стенки 2,5 мм, остальные стенки толщиной 10 мм). Цилиндрические фантомы представляют собой заполненные водой цилиндры со стенками из полиметилметакрилата со следующими размерами: диаметр 73 мм $\times$ высота 300 мм (толщина боковой стенки 2,5 мм, толщина оснований 10 мм) и диаметр 200 мм $\times$ высота 200 мм (толщина стенок 5 мм).

компаратора.

5.4. Соотношение показателей точности при передаче единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения средствам измерений не должно превышать $1/2$.

6. Средства измерений

6.1. В качестве средств измерений единиц поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения применяют:

дозиметры поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы (клинические, для обеспечения радиационной безопасности, аварийного и технологического назначения), основанные на ионизационном, сцинтилляционном, термолюминесцентном, радиофотолюминесцентном, химическом и др. методах в диапазоне измерений: поглощенной дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^5$ Гр, мощности поглощенной дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $2,0 \cdot 10^{-1}$ Гр·с⁻¹ в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ;

дозиметры амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, основанные на ионизационном, сцинтилляционном, радиофотолюминесцентном, термолюминесцентном, химическом и др. методах в диапазоне измерений: амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^3$ Зв, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,0 \cdot 10^{-2}$ Зв·с⁻¹ в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ;

установки дозиметрические в диапазоне измерений: поглощенной дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^5$ Гр, мощности поглощенной дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $2,0 \cdot 10^{-1}$ Гр·с⁻¹ в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ; амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^3$ Зв, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,0 \cdot 10^{-2}$ Зв·с⁻¹ в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ;

средства измерений (дозиметры повышенной точности) в диапазоне измерений: поглощенной дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^5$ Гр, мощности поглощенной дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $2,0 \cdot 10^{-1}$ Гр·с⁻¹ в диапазоне энергий от $5 \cdot 10^{-2}$ до 14 МэВ; амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $1 \cdot 10^{-7}$ до $1 \cdot 10^3$ Зв, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы от $2,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,0 \cdot 10^{-2}$ Зв·с⁻¹ в диапазоне энергий от $1 \cdot 10^{-9}$ до 20 МэВ.

6.2. Доверительные границы относительных погрешностей δ_0 средств измерений составляют от 3 % до 30 % для средств измерений поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы нейтронного излучения, от 7 % до 50 % для средств измерений амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения.

Государственная поверочная схема для средств измерений поглощенной дозы, мощности поглощенной дозы, амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы, мощностей амбиентного и индивидуального эквивалентов дозы нейтронного излучения

