

### Лабораторная работа № 3. ПОВЕРКА И ГРАДУИРОВКА ДОЗИМЕТРИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

#### Введение

Процесс преобразования тех или иных параметров ионизирующих излучений происходит в блоке детектирования, измерительные характеристики которого определяют точность измерения всего прибора. На стабильность питающих напряжений и другие параметры радиоэлектронной схемы влияют: старение радиокомпонентов схемы, температура окружающей среды, влажность воздуха, механические нагрузки, электромагнитные поля, ионизирующие излучения.

Наибольшей температурной нестабильностью обладают сцинтилляционные счетчики, что определяет световой выход, коэффициент усиления ФЭУ и дает погрешность около 1% на 1° С. У газонаполненных детекторов увеличивается начало счета и наклон плато, уменьшается длина плато, увеличивается уровень шумов. Воздействие влаги приводит к коррозии материалов прибора, появлению токов утечки изоляции в схеме, поверхностных пробоев, что резко изменяет параметры прибора. Для защиты от электромагнитного излучения детекторы экранируют специальными материалами. Воздействие мешающего излучения может внести значительную погрешность в результаты измерений основного излучения. По отношению к воздействию механических нагрузок детекторы ионизирующих излучений обладают относительно низкой устойчивостью. Виброустойчивость обычно не превышает 3–10g. Радиоактивное загрязнение детекторных блоков приводит к увеличению показаний приборов. Для этого дозиметрические приборы в процессе эксплуатации периодически поверяют, а с отклонением показаний выше паспортных данных приборы градуируют.

#### Основные требования при поверке приборов и градуировке приборов

Поверку приборов должны проводить государственные или ведомственные поверители. Если прибор выдержал поверку и признан годным, то об этом делают запись в техническом формуляре или выписывают свидетельство о поверке. В свидетельстве указывают срок очередной поверки. Приборы, не соответствующие требованиям технической документации, к использованию не допускаются.

При опробовании прибора проверяют в соответствии с инструкцией по эксплуатации действие органов управления, установку указателя на нуль, отсутствие ржавчины, загрязнений, повреждений стекла шкалы и стрелок, работоспособность источников питания и т.п.

Меры безопасности при поверке приборов должны соответствовать требованиям НРБ–2000.

Погрешность дозиметрического прибора определяют одним из следующих методов:

1) прямого измерения поверяемым дозиметрическим прибором мощности экспозиционной дозы или экспозиционной дозы, создаваемой образцовыми источниками, применяемыми в типовых коллиматорах или поверочных дозиметрических установках;

2) непосредственного сличения поверяемого прибора с образцовым дозиметрическим прибором;

3) подбора радиационных полей.

Использование закона обратных квадратов позволяет существенно сократить количество образцовых источников, необходимых для проведения поверки дозиметрических приборов.

Обычную поверку рекомендуется проводить в трех точках каждого поддиапазона примерно 0,3; 0,5; 0,8 номинального значения каждого поддиапазона.

#### Поверка и градуировка переносных дозиметрических приборов

Для проверки правильности показаний дозиметров необходимо периодически проводить их поверку (от одного раза в месяц до одного раза в год) в зависимости от характера радиационного контроля. Каждый месяц правильность показаний дозиметров надо проверять с помощью контрольного дозиметра. Для поверки и градуировки дозиметров необходимо иметь набор образцовых излучателей Co-60, Cs-137 или Ra-226 активностью порядка 1, 10, 100 и 1000 мКи. В паспорте образцового излучателя указывается обычно его активность и мощность дозы гамма-излучения (мР/ч), создаваемая на расстоянии 1 м от излучателя.

Радиевые препараты должны быть заключены в платиновый фильтр толщиной 0,5 мм. Препараты Co-60 должны находиться в алюминиевых чехлах с толщиной стенки от 0,3 мм до 1,0 мм. Для препаратов Co-60 необходимо каждые два месяца вводить поправку на изменение активности за счет распада.

По прошествии  $t$  месяцев активность препарата  $A_t$  будет равна:

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\frac{0,693t}{T_{1/2}}},$$

где  $A_0$  – активность, указанная в паспорте;

$T_{1/2}$  – период полураспада (для Co-60  $T_{1/2} = 5,25$  года).

При поверке или градуировке дозиметров образцовый излучатель следует помещать на расстоянии, которое не менее чем в пять раз превышает максимальный линейный размер ионизационной камеры или детектора переносного дозиметра. В этом случае доза, создаваемая источником в месте расположения детектора дозиметра, за время  $t$  (ч) будет равна:

$$D = \frac{8,4 \cdot M \cdot t}{R^2}, P,$$

где 8,4 – мощность дозы ( $\frac{P}{ч}$ ), создаваемая точечным  $\gamma$ -источником в

1 мг-экв. радия на расстоянии 1 см;

$M$  – гамма-эквивалент препарата, мг-экв. радия;

$R$  – расстояние от источника излучения до геометрического центра ионизационной камеры или счетчика, см.

Мощность дозы  $P$  определяется по формуле

$$P = \frac{8,4 \cdot M \cdot 10^3}{10^4 \cdot R^2} = 8,4 \cdot 10^{-1} \frac{M}{R^2}, \text{ мР/ч,}$$

если  $R$  выражать в метрах, и

$$P = \frac{8,4 \cdot M \cdot 10^6}{3600 \cdot R^2} = 2,33 \cdot 10^3 \frac{M}{R^2}, \text{ мкР/с,}$$

если  $R$  выражать в сантиметрах.

Если активность источника  $A$  выражена в милликюри, то мощность дозы  $P$  рассчитывается по формуле

$$P = \frac{K_\gamma \cdot A}{R^2}, \text{ Р/ч,}$$

если  $R$  выражать в метрах, или

$$P = 10^{-1} \frac{K_\gamma \cdot A}{R^2}, \text{ мР/ч}$$

и

$$P = 4,28 \cdot 10^{-2} \frac{K_\gamma \cdot A}{R^2}, \text{ мкР/ч,}$$

если  $R$  выражать сантиметрах,

где  $K_\gamma$  – постоянная источника, Р/ч.

Для перехода от активности источника, выраженной в милликюри, к единицам мг-экв. радия, можно пользоваться следующими формулами:

$$M = \frac{K_\gamma}{8,4} A; \quad A = \frac{8,4}{K_\gamma} M,$$

где  $M$  – гамма-эквивалент препарата, мг-экв. радия;

$A$  – активность, мкКи;

$K_\gamma$  – гамма-постоянная данного источника.

Методика градуировки и поверки гамма-дозиметров по образцовым гамма-излучателям основана на применении коллимированного пучка гамма-лучей. Это сводит к минимуму влияние рассеянного излучения от пола, потолка и стен помещения и обеспечивает лучшие условия для защиты персонала. Для обеспечения единства воспроизведения доз при градуировке и поверке следует использовать типовой узел коллимации (рис.24).

К узлу коллимации предъявляются требования, приведенные ниже.

1. Диаметр цилиндрического канала коллиматора должен быть равен  $30 \pm 2$  мм.

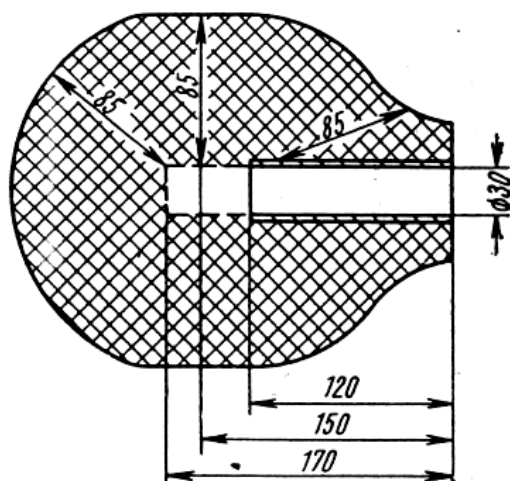


Рис. 24. Типовой узел коллимации.

2. Длина цилиндрического канала – 120–170 мм.

3. Расстояние от центра источника до выходного отверстия коллиматора – 150 мм.

4. Канал коллиматора выполняется в виде латунной трубки со стенками толщиной 1 мм, окруженной свинцом.

5. Толщина свинца, окружающего источник, должна обеспечивать ослабление дозы  $\gamma$ -излучения до



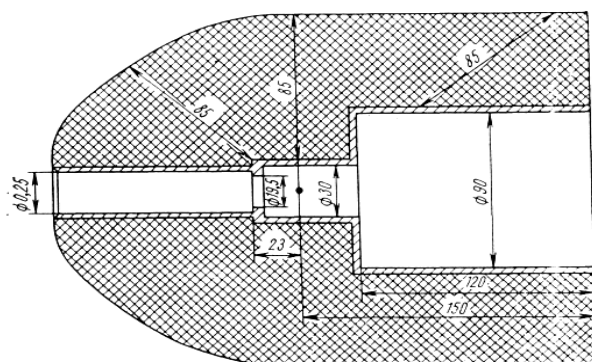


Рис. 27. Вариант узла коллимации со стаканом для сменных коллиматоров.

На рис. 24–27 показаны минимальные толщины свинцовой защиты, обеспечивающей ослабление излучения  $Co-60$  в 100 раз (85 мм). Однако толщина свинца, окружающего источник, должна быть в случае необходимости увеличена (без изменения размеров канала коллиматора), чтобы обеспечить снижение дозы излучения до предельно допустимой на расстоянии 0,5 м от источника. Для предохранения персонала от облучения при градуировке и поверке дозиметров целесообразно смонтировать простую установку, позволяющую быстро устанавливать камеру или дозиметр на заданном расстоянии от источника излучения.

На рис. 28 приведена конструкция одного из вариантов такой установки.

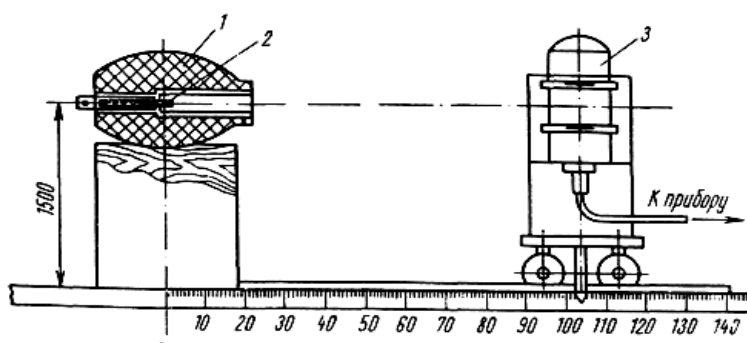


Рис. 28. Схема установки для градуировки дозиметра.

На полу укладываются рельсы, по которым передвигается тележка с ионизационной камерой или дозиметром, если камера смонтирована вместе с измерительным блоком. Камеру желательно укладывать на алюминиевый или плексигласовый каркас, чтобы она находилась в воздухе на расстоянии 1,5 м от поверхности пола. На одном конце рельсов размещается типовой узел коллимации 1 с образцовым излучателем 2. Центр ионизационной камеры 3 при ее движении и центр препарата должны лежать на одной горизонтальной прямой. Тележка с камерой может перемещаться и фиксироваться на любом расстоянии от источника, которое отсчитывается по линейке, уложенной на столе. В зависимости от удобства камеру можно крепить неподвижно, а перемещать тележку с препаратом. Следует иметь в виду, что при градуировке датчик дозиметра должен полностью находиться в поле облучения.

Чтобы исключить действие рассеянного излучения, расстояние от оси пучка  $\gamma$ -лучей до стен, пола и потолка помещения, в котором производится градуировка дозиметров, должно быть не менее 1,5 м.

Измерительный блок дозиметра или камеры следует размещать как можно дальше от препарата и желательно за защитой. Перед проведением градуировки или поверки необходимо проверить, какая мощность дозы создается в месте расположения измерительного пульта дозиметра. Порядок работы должен быть следующий: вначале устанавливают тележку с детектором на заданном расстоянии от источника, затем открывают заглушку контейнера и записывают показания дозиметра.

Перед измерениями необходимо проверить, с какого расстояния начинает выполняться закон обратных квадратов, т.е. мощность дозы, создаваемая источником, уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния. Для этого детектор устанавливают на расстоянии 70–100 см от источника и записывают показания прибора. Затем увеличивают расстояние в 2, 3 и 4 раза. Если показания прибора уменьшаются в 4, 9 и 16 раз, то следовательно, начиная, например, с 20 см, можно пользоваться указанными выше формулами для расчета дозы. Если же, начиная с  $R = 70$  см, не выполняется закон обратных квадратов, то необходимо увеличить расстояние и снова произвести аналогичную проверку.

Расстояние между центром датчика и центром источника должно устанавливаться с точностью не менее 0,2%.

## Установка для поверки дозиметров УПГДП-1

Установка УПГДП-1 является мобильной поверочной установкой для использования в составе передвижных поверочных лабораторий (рис. 29).

В установке используется источник цезия-137 типа ИГИЦ-3-8 активностью  $6 \cdot 10^8$  Бк, помещенный в специальный защитный контейнер, конструкция и правила эксплуатации которого исключают несанкционированное извлечение источника, а также обеспечивают возможность дистанционного контроля наличия источника по целостности пломбы.



Рис.29. Установка УПГДП-1.

## Градуировка дозиметрических приборов

После того как установлено минимальное расстояние  $R_{\text{мин}}$ , с которого начинает выполняться закон обратных квадратов, детектор прибора помещают на таком расстоянии от источника, чтобы стрелка прибора отклонялась до последнего деления шкалы измерительного прибора. Это расстояние не должно быть меньше  $R_{\text{мин}}$ .

Рассчитав мощность дозы, которая создается источником на данном расстоянии, можно определить цену деления прибора. Например, для источников  $M = 20$  мг-экв. радия стрелка прибора отклонилась на все 100 делений при  $R = 100$  см. Следовательно, 100 делениям шкалы соответствует мощность дозы

$$P = 2,33 \cdot 10^3 \frac{M}{R^2} = 2,33 \cdot 10^3 \frac{20}{10^4} = 4,66 \text{ м}$$

$$\text{или } P = 8,4 \cdot 10^{-1} \frac{M}{R^2} = 8,4 \cdot 10^{-1} \frac{20}{1} = 16,8 \text{ мР/ч,}$$

т.е. цена деления шкалы равна  $\frac{4,66}{100} = 0,0466$  мкР/с

$$\text{или } \frac{16,8}{100} = 0,168 \text{ мР/ч.}$$

Затем, увеличивая расстояния с интервалом в 20–30 см, снимают показания прибора и аналогичным образом рассчитывают цену деления шкалы. Расстояние надо выбирать таким образом, чтобы определить цену деления различных участков шкалы (3 – 4 точки). Если линейность шкалы не нарушается, из всех измерений берется среднее значение, которое заносится в градуировочный журнал (табл. 20).

Т а б л и ц а 20. Форма записи в градуировочном журнале

Тип прибора и заводской номер	Активность источника, мкКи (мг-экв. радия)					
	мкР/с или мР/ч					
	Цена деления					

Для удобства желательно, чтобы одно деление шкалы имело одинаковую цену деления, которая приводится в паспорте прибора. Если показания прибора не совпадают с расчетным значением дозы, то вращением подстроенных резисторов электронной схемы добиваются точного совпадения показаний прибора с расчетной величиной дозы в данной точке. Обычно проводится градуировка только на одном диапазоне, а затем проверяется соотношение показаний на разных диапазонах. Для этого источник размещают на таком расстоянии, чтобы стрелка прибора установилась на максимальном делении шкалы. После этого переключают дозиметр на второй диапазон. При правильном соотношении шкал показания дозиметра на первом и втором диапазонах совпадают. Аналогичным образом проверяют соотношение шкал на втором и третьем диапазонах и т.д.

После проведения градуировки к детектору вплотную подносится контрольный источник Ra и записываются показания прибора на различных шкалах. Эти данные служат для ежедневной проверки дозиметра перед началом измерений. У некоторых дозиметров сделан специальный "карман" для размещения контрольного источника. Если кармана нет, то на детекторе делается метка, куда надо помещать контрольный источник при поверке прибора.

## Градуировка индивидуальных дозиметров

В процессе работы с дозиметрами типа ДК-0,2, ИЛК и другими может возникнуть необходимость в проверке точности их показаний. Такая проверка осуществляется путем облучения группы дозиметров контрольными источниками  $\gamma$ -излучения. Для этого определяется мощность дозы от этого источника излучения на данном расстоянии R по формуле

$$P = \frac{8,4 \cdot m}{60R^2}, \text{ P/мин}$$

$$\text{или } P = \frac{0,14 \cdot m}{R^2}, \text{ P/мин,}$$

где m – гамма-эквивалент препарата, мг-экв.;

Ra – 8,4 – ионизационная постоянная радия;

R – расстояние до источника, см.

По формуле  $t = \frac{D}{P}$  определяется время, необходимое для получения нужной контрольной дозы. Затем на расстоянии R от источника  $\gamma$ -излучения располагается датчик, подвергающийся проверке. Далее производят облучение датчика дозиметра в течение времени t. Время измерения определяется по секундомеру, начиная с момента установки источника излучения. Оно должно быть достаточно большим для того, чтобы уменьшить относительную ошибку измерения дозы за счет внесения и удаления источника излучения. Обычно это время оказывается порядка нескольких минут. Максимальное расстояние между источниками и детектором дозиметра должно быть, по крайней мере, в 5 раз больше их размеров.

После облучения детектора дозиметра измеряется полученная доза и сравнивается с расчетной величиной. В случае необходимости вводятся поправочные коэффициенты.

#### **З а д а н и е . Проверка переносного дозиметра методом сличения с эталонным.**

**Цель задания.** Провести проверку дозиметра ДРГ-01Т (МКС–АТ6130).

**Порядок выполнения задания.** 1. Проверьте исправность всех ручек (или кнопок) управления, целостность цифровой шкалы, исправность источника питания, отсутствие загрязнений на поверхности прибора.

2. Установите на стенд радиоактивный источник с коллиматором на нулевое деление линейки.

3. Определите минимальное расстояние, на котором начинает выполняться закон обратных квадратов. Для этого установите дозиметр на расстоянии от коллиматора, равном 40, 60, 80 и 100 см, запишите показания прибора в этих точках и рассчитайте  $R_{\text{мин}}$ .

4. Поместите поверенный дозиметр в точку с  $R_{\text{мин}}$  и запишите показание.

5. Поместите в эту же точку поверяемый дозиметр и сравните показания. Если они не отличаются больше, чем указанные в паспорте, то дозиметр исправен.

6. При расхождении показаний дозиметра больше указанных в паспорте, необходимо произвести градуировку прибора по приведенной выше методике, а при невозможности исключить его обращение.

7. Запишите данные проверки в журнал с указанием даты следующей проверки и погрешности дозиметра в процентах.

#### **Контрольные вопросы**

1. Какие основные факторы влияют на точность показаний дозиметров?
2. Поясните принцип закона обратных квадратов.
3. Какие вы знаете основные методы проверки дозиметров?
4. Поясните принцип работы установки для проверки дозиметров.
5. Какие службы имеют право на проверку дозиметров?
6. Что включает в себя проверка дозиметрических приборов?
7. Что включает в себя градуировка дозиметрических приборов?
8. Что означает метод прямого измерения?
9. Что означает метод подобия?
10. Что означает метод подобия полей?
11. Поясните устройство узла коллимации.
12. Как проводится проверка индивидуальных дозиметров?