

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ИЦ ФГУП «ВНИИМС»



Н. В. Иванникова

2016 г.

***УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ РАДИАЦИОННЫХ
И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК "УКРЭХ"***

Методика поверки

9442-009-42448921-00 МП

с изменением № 1

Москва
2016

Настоящая методика поверки (МП) распространяется на входящие в состав устройства УКРЭХ киловольтметр радиационного типа, измеритель мощности экспозиционной дозы и времени экспозиции рентгеновского излучения и устанавливает методику и средства первичной и периодической поверки указанных средств измерений.

Поверка УКРЭХ проводится путем непосредственного сличения с эталонными измерительными средствами измерений с целью определения погрешностей поверяемых СИ в составе УКРЭХ и их соответствия паспортным данным.

Допустимые пределы основных относительных погрешностей и диапазоны измерений характеристик рентгеновских аппаратов указаны в таблице 1.

Таблица 1.

| № п/п | Измеряемые характеристики | Диапазон измерений | Допустимые пределы основной погрешности, % |
|-------|------------------------------|--------------------|--|
| 1. | Высокие анодные напряжения | 40...125 кВ | ±5 |
| 2. | Время экспозиции | 10...5000 мс | ±5 |
| 3. | Мощность экспозиционной дозы | 6...200 Р/мин | ±20 |

Устройство УКРЭХ представляется на поверку вместе с эксплуатационными документами в соответствии с предписаниями ПР 50.2.006-94 и ГОСТ 2.601-95: методикой поверки, паспортом или свидетельством о последней поверке, а также с необходимыми комплектующими устройствами.

При проведении поверки органами Государственной метрологической службы (ГМС) на местах их изготовления, ремонта или эксплуатации заказчики должны:

- обеспечивать доставку эталонов и вспомогательных средств, принадлежащих органам ГМС, к месту поверки и обратно;
- выделять помещения и вспомогательный персонал, необходимые для проведения поверки;
- обеспечивать в необходимых случаях хранение эталонов, принадлежащих органам ГМС, под их пломбой;
- предоставлять, в случае обслуживания передвижной поверочной лабораторией, место стоянки и обеспечить ее подключение к требуемым сетям, а также обеспечивать ее сохранность.

1. ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2

| Наименование операции | Номер пункта | Обязательность операции при поверке | |
|---|--------------|-------------------------------------|---------------|
| | | первичной | периодической |
| Внешний осмотр | 6.1 | Да | Да |
| Опробование | 6.2 | Да | Да |
| Проверка потребляемой мощности | 6.3 | Да | Нет |
| Определение основной погрешности радиационного киловольтметра | 6.4 | Да | Да |
| Определение основной погрешности измерений времен экспозиции | 6.5 | Да | Да |
| Определение основной погрешности измерений мощности экспозиционной дозы | 6.6 | Да | Да |

2. СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки применяются следующие средства поверки:

- эталонная измерительная система ИС-120, состоящая из делителей ДН-60А и ДН-60К (номинальные коэффициенты деления $K=10000$), встроенных в высоковольтный стабилизатор ВПУ-0,5-150 и включенных в анодную и катодную цепи соответственно, и двух вольтметров типа В7-34, подключенных к выходам низковольтных плеч делителей, диапазон измеряемых постоянных напряжений от 40 до 125 кВ, погрешность не более $\pm 1,0 \%$;

- клинический дозиметр типа 27012 "RFT", диапазон измерений 1...200 Р/мин, погрешность не более $\pm 5,0 \%$;

- частотомер ЧЗ-36, диапазон измерений временных интервалов 0,01... 10000 мс, погрешность $\pm 0,01 \%$;

- прибор В7-35, диапазон измерений "10 В", погрешность не более $\pm 0,25 \%$;
диапазон измерений тока "1,0 А", погрешность не более $\pm 0,5 \%$.

2.2. Вместо указанных выше средств поверки могут быть использованы и другие средства измерения с аналогичными или лучшими метрологическими характеристиками. Например, эталонный измеритель анодных напряжений ИАН-3, диапазон измеряемых постоянных напряжений с пульсациями от 40 до 125 кВ, при уровне пульсаций до 25 % погрешность $\pm 0,25 \%$.

2.3. Средства поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке и быть в исправном состоянии.

2.4. Вспомогательное оборудование: рентгенодиагностический аппарат РУМ-20 с стабилизатором высокого напряжения ВПУ-0,5-150, стабилизированный источник питания Б5-21, контрольный осциллограф типа С1-69, измеритель нелинейных искажений С6-11, гигрометр психрометрический ВИТ-2, термометр по ГОСТ 9177-74, барометр.

3. УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

3.1. При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- диапазон окружающих температур от $+ 10 \text{ C}^\circ$ до $+ 35 \text{ C}^\circ$;

- относительная влажность не более 80 % при 25 C° ;

- атмосферное давление (760 ± 30) мм рт.ст.

3.2. Нестабильность напряжения источника высокого напряжения не более $\pm 5 \%$, сети питания низковольтных средств измерений не более $\pm 10 \%$.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1. При проведении поверки следует руководствоваться требованиями по технике безопасности в соответствии с НРБ-99, «Санитарными правилами и нормативами СанПиН 2.6.1.802-99», ГОСТ 12.3.019-80, ГОСТ Р 50267.0.3.-99, а также требованиями, указанными в документации на средства поверки и поверяемое оборудование.

4.2. Средства поверки, вспомогательные средства и оборудование должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50267.0-92, ГОСТ Р 50267.0.2-95, ГОСТ Р 50444-92, ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 51350-99 и ГОСТ 22261-94.

5. ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

Перед поверкой должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

5.1. Установить поверяемый прибор в рабочее положение в зоне пучка рентгеновского излучения, соблюдая условия и правила, предусмотренные руководством по эксплуатации - перекрестье в световом поле центратора рентгеновского излучателя должно находиться в центре приемного окна УКРЭХ.

5.2. При проведении поверки радиационного киловольтметра в составе УКРЭХ собрать измерительную схему, приведенную на рис.1.

5.3. При поверке дозиметра в составе УКРЭХ собрать измерительную схему, приведенную на рис.2, при этом датчик эталонного дозиметра помещается в непосредственной близости от приемного окна УКРЭХ.

5.4. При проведении поверки измерителя времени экспозиции в составе УКРЭХ следует собрать измерительную схему, приведенную на рис.3.

5.5. Клеммы заземления приборов и оборудования присоединить оголенным проводом к контуру заземления.

5.6. Включить для прогрева измерительные приборы.

5.7. Проверить исправность блокировок и закрыть двери в испытательную зону.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

6.1. Внешний осмотр.

При внешнем осмотре установить:

- отсутствие дефектов, повреждений и загрязнений на наружных поверхностях поверяемого прибора;
- соответствие маркировки и комплектации средств измерений требованиям технической документации;
- исправность контактных выводов и разъемов;

6.2. Опробование.

Включить высокое напряжение на рентгеновском аппарате, соответствующее нижнему пределу диапазона измерений, контролируя режим работы по пультовым приборам, выдержать экспозицию в течение 2-3 секунд и затем выключить напряжение. Определить показания УКРЭХ при измерениях анодного напряжения, времени экспозиции и мощности экспозиционной дозы. Убедиться в работоспособности прибора. Повторить данную операцию при двух-трех значениях напряжений по диапазону измерений.

6.3. Проверку потребляемой мощности проводят с помощью вольтметра с пределом измерений 10 В и амперметра с пределом измерений до 1,0 А класса точности не ниже 1,5 по ГОСТ 8711-93 при номинальном напряжении питающего элемента.

6.4. Определение основной относительной погрешности радиационного киловольтметра в составе УКРЭХ при измерении анодных напряжений на рентгеновской трубке рентгеновского аппарата.

При определении основной относительной погрешности используется метод непосредственного сличения показаний поверяемого прибора с показаниями эталонной измерительной системы в кВ.

6.4.1. Определение основной относительной погрешности поверяемого радиационного киловольтметра проводится в следующей последовательности:

- вольтметры В7-34, измеряющие напряжения с выходов делителей ДН-60А и ДН-60К, переключаются на диапазон измерения "10В" (входное сопротивление вольтметра на этом диапазоне составляет 20 ГОм);
- входы обеих лучей контрольного осциллографа должны быть закрыты, т.е. переключены на измерение переменных сигналов с выходов делителей;
- высокое напряжение подаётся включением тумблера "Пуск" на схеме управления стабилизатором ВПУ-0,5-150;
- напряжение контролируется по пультному киловольтметру, одновременно контролируется уровень переменных сигналов по экрану осциллографа, который не должен превышать 0,1 от уровня измеряемого напряжения;
- показания с выходов обоих делителей складываются для получения отсчета значения напряжения, приложенного к рентгеновской трубке, и записываются в протокол;
- измерения проводятся в полном диапазоне высоких напряжений на ступенях напряжений 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, кВ, при этом на каждой j - той ступени напряжения выполняется i измерений (рекомендуется по десять измерений), контролируя при этом сохранение установленного напряжения по пультному прибору;
- по результатам измерений на каждой j-ой ступени определяют и заносят в протокол значения относительной погрешности, определяемой расхождениями δ_{ui} между показаниями поверяемого киловольтметра и эталонной ИС по формуле (в процентах):

$$\delta_{ui} = 100 * (U_{xi} - K_n * U_{oi}) / K_n * U_{oi} \quad (1)$$

где U_{xi} – показания радиационного киловольтметра в составе УКРЭХ, кВ;

$U_{oi} = (V_{oi1} + V_{oi2})$ – сумма показаний с выходов делителей эталонной ИС, в В;

K_n - номинальный коэффициент деления делителей ДН – 60А и К ($K_n = 10000$).

6.4.2. Обработка результатов проводится в соответствии с ГОСТ 8.207-76, при этом определяются верхняя и нижняя границы относительных погрешностей во всем диапазоне измеряемых значений. Оценки пределов основной относительной погрешности поверяемого устройства контроля УКРЭХ должны быть представлены в виде, предписанном в ГОСТ 8.207-76.

6.4.2.1. Обработка проводится в следующей последовательности:

- определяют средние для каждой j-ой ступени значения δ_{jcp} по формуле:

$$\delta_{jcp} = (1/n) \sum \delta_{ui} \quad (2)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$;

- находят среднее квадратическое отклонение S_j случайной составляющей погрешности для каждой j-ой ступени по формуле:

$$S_j = \sqrt{\sum (\delta_{ui} - \delta_{jcp})^2 / n(n-1)} \quad (3)$$

и затем вычисляют доверительные границы случайной погрешности при доверительной вероятности $P = 0,95$ по формуле:

$$\epsilon_j = \pm t * S_j, \quad (4)$$

где t - коэффициент Стьюдента, который при $P = 0,95$ для $n=10$ равен 2,262;

- доверительные границы неисключенной систематической погрешности (НСП) θ результата измерения для доверительной вероятности $P=0,95$ вычисляются по формуле:

$$\theta = \pm 1,1 \cdot \sqrt{\sum \theta_k^2} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

где θ_k - k -ая компонента НСП, m - число учитываемых компонент;
при этом оценка θ соответствует НСП эталонной ИС;

- оценки границ основной относительной погрешности для j -ой степени измерения проводятся с учетом соотношений (1)–(5) и в случае, когда выполняются условия $0,8 \leq \theta(P)/S \leq 8$, рассчитываются по формуле:

$$\delta_j = \delta_{jcp} \pm \eta [\varepsilon_j (P) + \theta (P)] \quad (6)$$

где η - табулированный множитель, значения которого в зависимости от отношения $S(P)/\theta(P)$ находятся в пределах от 0,71 до 1,0;

- если же $\theta(P)/S < 0,8$, то неисключенной систематической погрешностью можно пренебречь и оценка границ δ_j находится по формуле:

$$\delta_j = \delta_{jcp} \pm \varepsilon_j (P) \quad (7)$$

- в случае, когда $\theta(P)/S > 8$, пренебрегают случайной составляющей, и оценка границ δ_j находится по формуле:

$$\delta_j = \delta_{jcp} \pm \theta(P) \quad (8)$$

6.4.2.2. Определение верхнего предела $\delta_{в}$ и нижнего предела $\delta_{н}$ основной относительной погрешности в полном диапазоне измерений производится путем выбора максимального и минимального значений погрешностей из полученных оценок δ_j с учетом соотношений (6) – (8) по следующим формулам:

$$\delta_{в} = \delta_j \max \quad \text{и} \quad \delta_{н} = \delta_j \min \quad (9)$$

6.4.2.3. Пределы погрешности $\delta_{ив}$ и $\delta_{ин}$ радиационного киловольтметра в составе устройства контроля УКРЭХ не должны превышать $\pm 5 \%$.

6.5. Определение основной относительной погрешности измерений времен экспозиции устройством УКРЭХ.

6.5.1. Определение основной относительной погрешности измерений времен экспозиции проводится по методике поверки МИ 1835-88 и ГОСТ 8.129-99 в следующем порядке:

- подключить частотомер ЧЗ-36 к специальному разъёму на приборе УКРЭХ, включить тумблер «СЕТЬ» и дать прогреться требуемое по инструкции время, если это требуется;
- включить рентгеновский аппарат, установив минимальную длительность времени экспозиции и произвести считывание показаний по показаниям частотомера ЧЗ-36 и прибора УКРЭХ, записать данные в протокол;
- повторить измерения 10 раз, контролируя при этом сохранение установленного значения времени экспозиции;

- аналогичным образом провести измерения при трех-четырех длительностях из диапазона измерений, включая значения, близкие к верхнему пределу диапазона;
- по результатам измерений в каждой точке определяют и заносят в протокол значения относительной погрешности, определяемой расхождениями δt_i между показаниями поверяемого прибора УКРЭХ и эталонного частотомера по формуле, в процентах:

$$\delta t_i = 100 \cdot (T_{xi} - T_{oi}) / T_{oi} \quad (10)$$

где T_{xi} – показания УКРЭХ, мс;

T_{oi} – показания эталонного частотомера, в мс;

6.5.2. Обработка результатов измерений времен экспозиции и оценка пределов основной относительной погрешности проводится аналогично п.6.4.2 по формулам (2) – (9), где вместо значений δu_i подставляют значения δt_i , определенные из формулы (10).

6.5.3. Значения пределов погрешности δt_v и δt_n при измерении времен экспозиции устройством контроля УКРЭХ не должны превышать $\pm 5 \%$.

6.6. Определение основной относительной погрешности измерений мощности экспозиционной дозы устройством УКРЭХ.

6.6.1. Определение основной относительной погрешности измерений мощности экспозиционной дозы проводится в соответствии с ГОСТ 8.087-73 и методикой поверки МИ 1788-87 следующим образом:

- при поверке дозиметра в составе УКРЭХ поместить датчик эталонного дозиметра в пучок рентгеновского излучения в непосредственной близости от окна дозиметра УКРЭХ;
- включить дозиметр;
- включить высокое напряжение на рентгеновском аппарате и произвести считывание показаний эталонного дозиметра Do_i и поверяемого прибора Dx_i , записать данные в протокол;
- повторить измерения 10 раз, контролируя при этом сохранение установленного значения времени экспозиции;
- аналогичным образом провести измерения в трех-четырех точках из диапазона измерений;

6.6.2. Обработка результатов измерений мощности экспозиционной дозы и оценка пределов основной относительной погрешности проводится в соответствии с указаниями МИ 1788-87. Поскольку основная относительная погрешность дозиметра в составе УКРЭХ нормируется в пределах $\pm 20 \%$, обработка проводится следующим упрощенным образом:

- в каждой j -ой точке диапазона измерения определяют и заносят в протокол среднее арифметическое значение мощности экспозиционной дозы Do_{jcp} , рассчитанное по 10 измерениям эталонным дозиметром;
- по показаниям поверяемого прибора УКРЭХ в каждой j -ой точке оценивают максимально удаленное от Do_{jcp} значение Dx_{jmax} и затем определяют значение предельной относительной погрешности измерения δ_{jpr} по следующей формуле, в процентах:

$$\delta_{jpr} = |100 \cdot (Dx_{jmax} - Do_{jcp}) / Do_{jcp}| \quad (11)$$

где Dx_{jmax} и Do_{jcp} – показания УКРЭХ и эталонного дозиметра в Р/мин;

- доверительные границы погрешности δd поверяемого прибора при измерении мощности экспозиционной дозы рассчитывают по формуле:

$$\delta d = \pm 1,1 \sqrt{\theta_0^2 + \delta_{пр}^2} \quad (12)$$

где θ_0 – неисключенная систематическая погрешность эталонного дозиметра, а $\delta_{пр}$ выбирается наибольшей из рассчитанных по формуле (11) для разных точек диапазона измерений.

6.6.3. Значения погрешности δd при измерении мощности экспозиционной дозы устройством контроля УКРЭХ не должны превышать пределов $\pm 20 \%$.

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1. Результатом поверки является подтверждение пригодности устройства контроля УКРЭХ к применению или признание его непригодным к применению.

7.2. Если устройство контроля УКРЭХ по результатам поверки признано пригодным к применению, то на приборы и (или) техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма и (или) выдается «Свидетельство о поверке» установленного образца.

7.3. Если устройство контроля УКРЭХ по результатам поверки признано непригодным к применению, оттиск поверительного клейма и (или) «Свидетельство о поверке» аннулируются и выписывается «Извещение о непригодности» или делается соответствующая запись в технической документации по установленной форме.

7.4. Разрешается проводить поверку по отдельным измеряемым величинам в разных поверочных лабораториях, аккредитованных на данный вид поверки, с выдачей отдельных свидетельств о поверке.

7.4. (Введен дополнительно, Изм. № 1)

Нач. отдела 206.1 ФГУП «ВНИИМС»

В.В. Киселев

Нач. сектора 206.1/1 ФГУП «ВНИИМС»

И.П. Зубков

Приложение А

Схема подключения приборов при определении основной погрешности измерения высоких напряжений радиационным киловольтметром

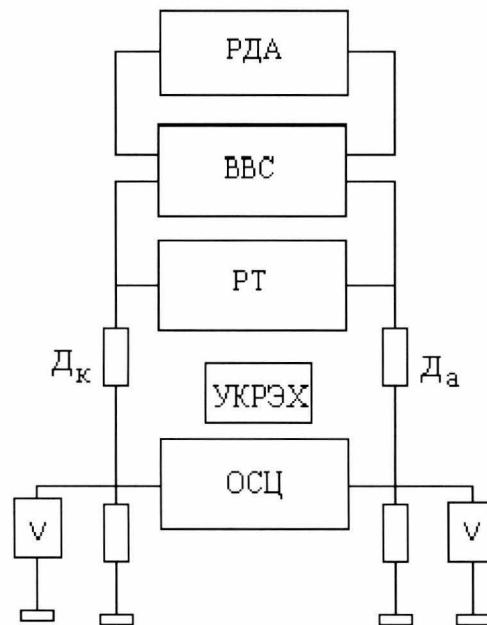


Рис. 1

УКРЭХ - устройство контроля радиационных и электрических характеристик.

Д_а и Д_к - делители высокого напряжения ДН-60А и К в анодной и катодной цепях.

V – вольтметры типа В7-34, подключенные к низковольтным плечам делителей.

ОСЦ – контрольный двухлучевой осциллограф типа С1-69.

РТ – рентгеновская трубка РИД-1.

РДА – рентгенодиагностический аппарат РУМ-20.

ВВС – высоковольтный стабилизатор напряжения ВПУ-0,5-150.

Приложение Б

Схема подключения приборов при определении относительной погрешности измерения мощности экспозиционной дозы

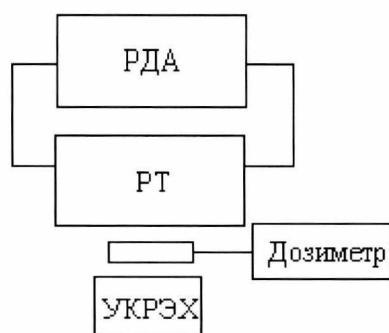


Рис. 2

УКРЭХ - устройство контроля радиационных и электрических характеристик.

Дозиметр – эталонный дозиметр типа 27012 “RFT”.

РТ – рентгеновская трубка РИД-1.

РДА – рентгенодиагностический аппарат РУМ-20.

Приложение В

Схема подключения приборов при определении относительной погрешности измерения времени экспозиции

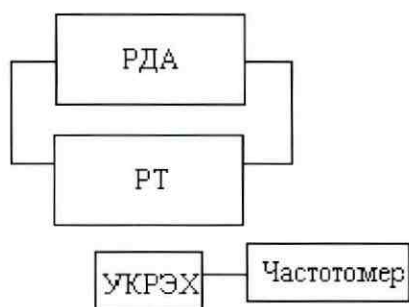


Рис. 3

УКРЭХ - устройство контроля радиационных и электрических характеристик.

Частотомер – эталонный частотомер типа ЧЗ-36.

РТ – рентгеновская трубка РИД-1.

РДА – рентгенодиагностический аппарат РУМ-20.

р

Дорозов

Прошито, пронумеровано и
скреплено печатью

11 (одинадцать)

ЛИСТОВ

