Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО	УТВЕРЖДАЮ
Директор УП «АТОМТЕХ»	И. о. директора ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
_____ В.А. Кожемякин	_____ А.Н. Пронин
м.п. «16» 01 2020 г.	м.п. «16» января 2020 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные рентгеновского излучения УПР-АТ300

Методика поверки

МП 2103-002-2020

Руководитель отдела измерений ионизирующих излучений ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

_____ С.Г. Трофимчук

«16» 01 2020 г.

Руководитель лаборатории

_____ А.В. Оборин

Санкт-Петербург
2020

Содержание

Вводная часть....3
1.Операции поверки....3
2 Средства поверки....4
3 Требования к квалификации поверителей....5
4 Требования безопасности....5
5 Условия поверки....5
6 Подготовка к поверке....5
7 Проведение поверки....5
7.1 Внешний осмотр....5
7.2 Опробование....5
7.3 Определение метрологических характеристик....8
7.3.1 Проверка геометрических размеров равномерного поля рентгеновского излучения....8
7.3.2 Проверка рабочего диапазона и определение относительной погрешности установки по мощности кермы в воздухе....10
7.3.3 Проверка рабочего диапазона и определение относительной погрешности установки по керме в воздухе....11
Приложение А(рекомендуемое)....15

Вводная часть

Настоящая методика поверки (далее МП) распространяется на установки поверочные рентгеновского излучения УПР-АТ300 (далее – установки), предназначенные для хранения и передачи единиц: кермы в воздухе, мощности кермы в воздухе, амбиентного, индивидуального и направленного эквивалентов дозы и их мощностей рентгеновского излучения рабочим эталонам и средствам измерений при поверке, калибровке и испытаниях.

Настоящая МП устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки.

Настоящая МП разработана в соответствии с ГОСТ 8.087-2000 «Государственная система обеспечения единства измерений. Установки дозиметрические рентгеновского и гамма-излучений эталонные. Методика поверки по мощности экспозиционной дозы и мощности кермы в воздухе».

Первичной поверке подлежат установки до ввода в эксплуатацию и выпускаемые в обращение после ремонта.

Периодической поверке подлежат установки, находящиеся в эксплуатации.

Примечание. При пользовании настоящей МП целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

1. Операции поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1

Таблица 1 – Операции при проведении поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	7.1	да	да
2 Опробование	7.2	да	да
2.1 Проверка работоспособности	7.2.1	да	да
2.2 Подтверждение соответствия ПО	7.2.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик:	7.3	да	да
3.1 Проверка геометрических размеров равномерного поля рентгеновского излучения	7.3.1	да	да
3.2 Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки по мощности кермы в воздухе*	7.3.2	да	да
3.3 Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки по керме в воздухе*	7.3.3	да	да
3.4 Проверка диапазона и определение относительной погрешности установки по мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентам дозы*	7.3.4	да	да

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
3.5 Проверка диапазона и определение основной относительной погрешности установки по амбиентному, направленному и индивидуальному эквивалентов дозы*	7.3.5	да	да
4 Оформление результатов поверки	7.4	да	да
* Рабочий диапазон установки определяется при первичной поверке. Информация о рабочем диапазоне установки заносится в Руководство по эксплуатации (Приложение В).			

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки должны применяться эталоны и вспомогательные средства поверки, указанные в таблице 2.

2.2 Все средства измерений (СИ) должны быть исправны и иметь действующие свидетельства о поверке или свидетельства о калибровке.

Таблица 2 – Средства измерений, применяемые при поверке

Номер пункта методики поверки	Наименование средств поверки и вспомогательного оборудования	Метрологические и основные технические характеристики
7.3.1 – 7.3.3	Вторичный эталон единиц кермы в воздухе, экспозиционной дозы, амбиентного, индивидуального, направленного эквивалентов дозы и их мощностей рентгеновского излучения по ГОСТ Р 8.804-2012 – установки дозиметрические с диапазоном напряжений от 5 до 300 кВ	Диапазон измерений: – мощности кермы в воздухе от $1 \cdot 10^{-8}$ до $2 \cdot 10^{-2}$ Гр/с; – кермы в воздухе от $1 \cdot 10^{-7}$ до 20 Гр. Погрешность при измерении кермы в воздухе и мощности кермы в воздухе не более 1,6 %.
7.3.1 - 7.3.3	Метеометр	Диапазон измерений температуры 0–40 °С; погрешность ±0,2 °С Диапазон измерений давления 800-1100 гПа; погрешность ± 3 гПа. Диапазон измерений влажности 0-98 %; погрешность ±3 %
7.3.1 - 7.3.3	Дозиметр ДКС-АТ1123	Диапазон измерений мощности амбиентного эквивалента дозы 0,05 мкЗв/ч–10 Зв/ч; погрешность ±15 %
7.3.3	Секундомер	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерения в режиме секундомера в нормальных условиях эксплуатации (25 ± 5) °С, с $\pm (9{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot T_x + 0{,}01)$, где Тх – значение измеренного интервала времени, с
7.3.1 - 7.3.3	Линейка металлическая по ГОСТ 427-75	Длина 1000 мм. Цена деления 1 мм.
Примечание. Допускается применение средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик с требуемой точностью		

3 Требования к квалификации поверителей

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие профессиональные знания в области дозиметрии, изучившие руководство по эксплуатации и аттестованные на право поверки дозиметрических средств измерений.

4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010 СП 2.6.1.2612-10, Норм радиационной безопасности НРБ-99/2009 СанПиН 2.6.1.2523–09, Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденных приказом Минтруда России от 24.07.2013 г. № 328н, действующих инструкций по мерам безопасности в поверочной лаборатории, а также требования безопасности, изложенные в соответствующих разделах технической документации на средства поверки и правила техники безопасности, действующие на данном предприятии.

4.2 К работе должны привлекаться только сотрудники, имеющие допуск к работе с источниками ионизирующих излучений, в присутствии персонала заказчика.

5 Условия поверки

5.1.1 Поверку проводят при следующих условиях окружающей среды: температура окружающего воздуха от 15 °С до 25 °С, относительная влажность воздуха от 30 % до 80 % и атмосферное давление от 84 до 106 кПа, внешний радиационный фон не более 0,2 мкЗв/ч.

6 Подготовка к поверке

6.1 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с эксплуатационной документацией (далее – ЭД) на установку и средства поверки.

6.2 Установка и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с ЭД на них.

6.3 Определяют температуру t, °С и относительную влажность воздуха h, %, в помещении в месте проведения измерений, а также атмосферное давление p, кПа.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Проверяют наличие ЭД. При периодической поверке проверяют наличие свидетельства о предыдущей поверке.

7.1.2 Проверяют комплектность и маркировку установки на соответствие ЭД.

7.1.3 Проводят внешний осмотр установки на предмет видимых повреждений и загрязнений деталей, механизмов конструкций установки, повреждений изоляции проводов и иных дефектов, которые могут повлиять на метрологические характеристики установки.

7.1.4 Проводят осмотр на предмет отсутствия в поле излучения установки посторонних предметов, которые могут влиять на качество результатов измерений.

7.2 Опробование

7.2.1 Проводят проверку работоспособности установки в соответствии с требованиями ЭД, в том числе функционирование рабочих элементов установки, необходимых при поверке.

7.2.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) проводят идентификацией ПО и проверкой обеспечения защиты ПО от несанкционированного доступа во избежание искажения результатов.

Метрологически значимыми в программном обеспечении УПР-АТ300 являются следующие программы:

– ПО контроллера ФРП (контроллера блока управления ФРП-АТ300), обеспечивающее управление процессом перемещения (позиционирования) диска с фильтрами и заслонки и обработку сигналов ФРП;

– ПО контроллера СП (контроллера блока управления системы позиционирования), обеспечивающее управление и позиционирование подвижной платформы и рабочего стола по заданным координатам и обработку сигналов СП;

– ПО панели оператора ФРП (контроллера блока управления ФРП-АТ300), обеспечивающее отображение состояния ФРП и инициализацию процесса перемещения заслонки и диска путем передачи команд и обмена данными с контроллером ФРП.

– ПО панели оператора СП (панели оператора пульта управления СП), обеспечивающее отображение текущего состояния СП, передачу команд позиционирования контроллеру СП.

– внешнее ПО «UPR Measurement», обеспечивающее связь с установкой, пересчет метрологически значимых величин и сохранение результатов калибровки в базе данных.

Комплектность и идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Комплектность и идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Встроенное ПО	
1) Наименование ПО	Программа контроллера ФРП-АТ300
2) Идентификационное наименование ПО	FRPcontroller.1.1
3) Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.1[1)]
4) Цифровой идентификатор ПО	Не определен[2)]
5) Наименование ПО	Программа контроллера СП
6) Идентификационное наименование ПО	SPcontroller.1.1
7) Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.1[1)]
8) Цифровой идентификатор ПО	Не определен[2)]
9) Наименование ПО	Программа панели оператора ФРП-АТ300
10) Идентификационное наименование ПО	FRPpanel.1.1
11) Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.1[1)]
12) Цифровой идентификатор ПО	Не определен[2)]
13) Наименование ПО	Программа панели оператора СП
14) Идентификационное наименование ПО	SPpanel.1.1
15) Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.1[1)]
16) Цифровой идентификатор ПО	Не определен[2)]
Внешнее ПО[3)]	
17) Наименование ПО	UPR Measurement
18) Идентификационное наименование ПО	UPRMES.exe
19) Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.0.0.0[1)]
20) Цифровой идентификатор ПО (MD5)	763dc2c4dd35bc2118a7c7ee28e2df46[4)]

[1)] Номер версии ПО должен соответствовать идентификационному наименованию ПО и быть не ниже указанного в таблице.

[2)] Встроенное ПО устанавливается на стадии производства. Доступа к цифровому идентификатору встроенного ПО нет.

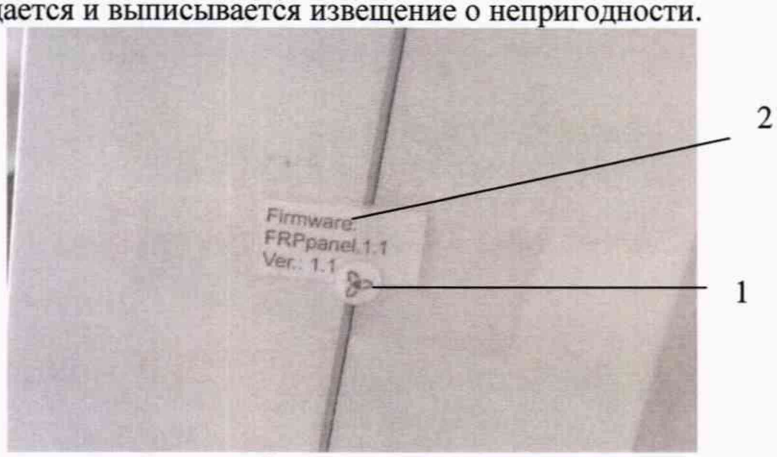
[3)] Идентификационные данные внешнего ПО заносят в руководство по эксплуатации (раздел «Особые отметки») и в протокол поверки.

[4)] Контрольная сумма относится к указанной в таблице версии ПО.

ПО контроллера ФРП, контроллера СП, панели оператора ФРП, панели оператора СП защищены от несанкционированного изменения паролем и пломбой на корпусах контроллеров и пультов управления (см. рисунки 1-4).

Под пломбой размещается шильдик с наименованием программы после слова «Firmware» и номером версии программы после слова «Ver».

Проверить наличие неповрежденной пломбы и шильдика. При поврежденной пломбе поверка прекращается и выписывается извещение о непригодности.

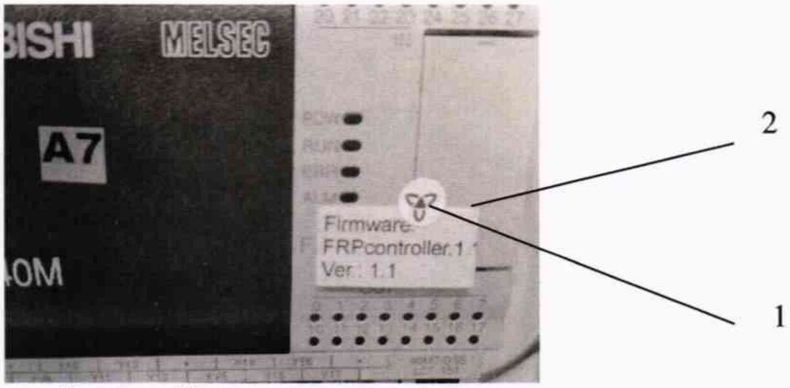


1 – пломба; 2 –шильдик.

Рисунок 1 – Пломба на пульте управления ФРП-АТ300

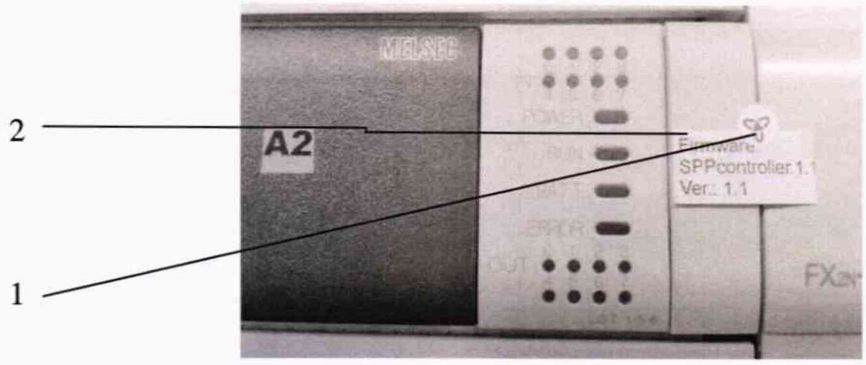
1 – пломба; 2 –шильдик.

Рисунок 2 – Пломба на пульте управления СП



1 – пломба; 2 –шильдик.

Рисунок 3 – Пломба на корпусе контроллера ФРП



1 – пломба; 2 –шильдик.
Рисунок 4 – Пломба на корпусе контроллера СП

Наименование и номер версии внешнего ПО отображается в главном меню программы Upr Measurement (кнопка «О программе»).

Контрольная сумма для исполняемого файла UPRMES.exe ПО UPR Measurement рассчитывается по алгоритму MD5 при помощи стандартной программы MD5 File Checker (либо аналогичной).

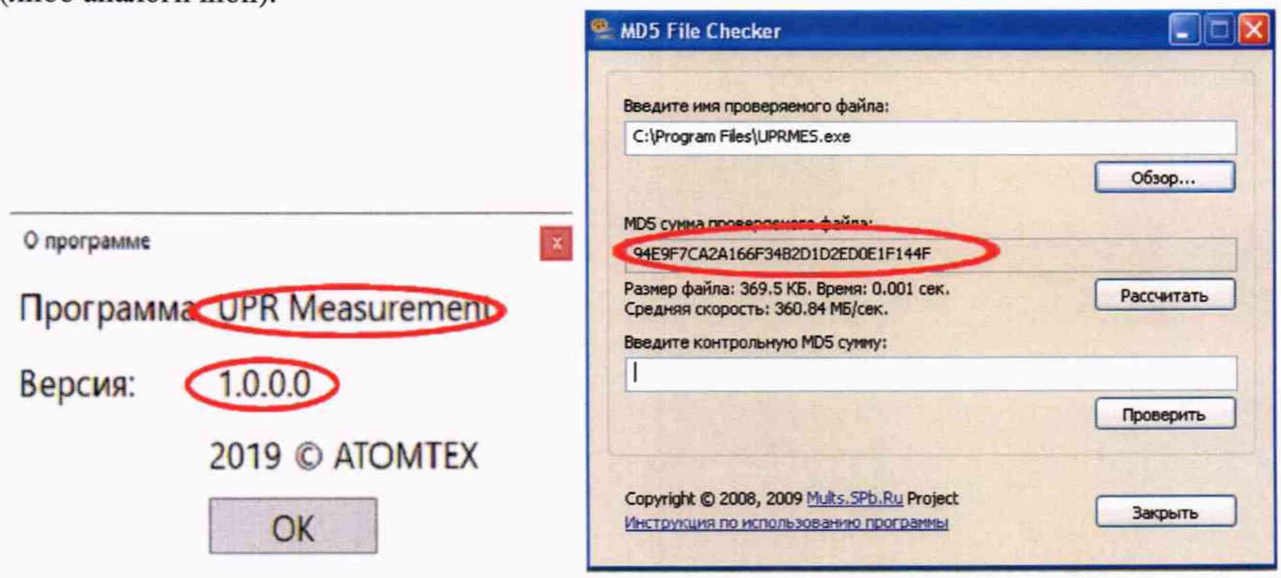


Рисунок 5 – Отображение версии и цифрового идентификатора ПО UPR Measurement .

Определенные при первичной поверке номера версий и цифровой идентификатор указывают на оборотной стороне свидетельства о первичной поверке. Соответствие при периодической поверке подтверждается сравнением номера версии и вычисленного цифрового идентификатора с значениями, указанными в «Свидетельстве о первичной поверке».

7.3 **Определение метрологических характеристик**

7.3.1 **Проверка геометрических размеров равномерного поля рентгеновского излучения**

7.3.1.1 Устанавливают полостную ионизационную камеру из состава компаратора вторичного эталона (далее – камера из состава компаратора) на рабочий стол с использованием держателя из состава установки на расстоянии 100 см от фокусного пятна

рентгеновской трубки так, чтобы геометрический центр поля рентгеновского излучения совпадал с геометрическим центром камеры.

Примечание – Для точного позиционирования рекомендуется использовать заводские отметки на камере из состава компаратора. При наличии колпачка на камере из состава компаратора необходимо его снять после выполнения позиционирования.

Примечание – Тип используемой камеры из состава компаратора выбирают в зависимости от диапазона измерения мощности кермы в воздухе и диапазона энергий фотонов.

7.3.1.2 На установке устанавливают фильтр, соответствующий режиму излучения с эффективной энергией в диапазоне 20 – 50 кэВ, в соответствии с ЭД.

7.3.1.3 Включают рентгеновское излучение. Определяют мощность кермы в воздухе при помощи компаратора $\dot{K}_{a0}$ и установки $\dot{K}_{aУПР}$.

7.3.1.4 Выключают рентгеновское излучение. Определяют отношение мощностей кермы в воздухе, полученных с помощью компаратора и установки:

$$k_0 = \frac{\dot{K}_{a0}}{\dot{K}_{aУПР}},$$

7.3.1.5 Выполняют операции 7.3.1.3 – 7.3.1.4 не менее 5 раз и определяют среднеарифметическое отношение мощностей кермы в воздухе, полученных с помощью компаратора и установки $\overline{k}_0$.

7.3.1.6 Камеру из состава компаратора смещают в плоскости, перпендикулярной оси пучка рентгеновского излучения, на 6 см влево.

7.3.1.7 Выполняют операции 7.3.1.3 – 7.3.1.4. Определяют отношение мощностей кермы в воздухе, полученных с помощью компаратора и установки:

$$k_i = \frac{\dot{K}_{a0}}{\dot{K}_{aУПР}}$$

7.3.1.8 Выполняют операции 7.3.1.7 не менее 5 раз и определяют среднеарифметическое отношение мощностей кермы в воздухе, полученных с помощью компаратора и установки $\overline{k}_i$.

7.3.1.9 Определяют значение отклонения поля рентгеновского излучения от среднеарифметического значения в геометрическом центре поля в процентах:

$$\delta_i = \frac{\overline{k}_i - \overline{k}_0}{\overline{k}_0} \cdot 100\%$$

7.3.1.10 Убеждаются, что $\delta_i \le 3\%$. Смещают камеру из состава компаратора на 0,5 см влево от текущего значения. Выполняют операции 7.3.1.8 – 7.3.1.9.

7.3.1.11 Выполняют операции 7.3.1.10 до тех пор, пока выполняется условие $\delta_i \le 3\%$. Определяют значение смещения x_i, при котором еще выполняется неравенство $\delta_i \le 3\%$.

7.3.1.12 Выполняют операции 7.3.1.6 – 7.3.1.11 для смещений камеры из состава компаратора вправо, вверх и вниз относительно геометрического центра поля рентгеновского излучения.

7.3.1.13 Устанавливают камеру из состава компаратора на расстоянии 250 см от фокусного пятна рентгеновской трубки так, чтобы геометрический центр поля рентгеновского излучения проходил через геометрический центр камеры.

7.3.1.14 Выполняют операции 7.3.1.2 – 7.3.1.13 для смещений камеры из состава компаратора 15 см влево, вправо, вверх и вниз относительно геометрического центра поля рентгеновского излучения.

7.3.1.15 Выполняют операции 7.3.1.1 – 7.3.1.14 для режима излучения с эффективной энергией в диапазоне 90 – 150 кэВ.

7.3.1.16 Установка считается прошедшей проверку, если:

– на расстоянии 1,0 м наименьшее из значений x_i составляет не менее 60 мм, и таким образом диаметр равномерного поля рентгеновского излучения составляет не менее 120 мм;

– на расстоянии 2,5 м наименьшее из значений x_i составляет не менее 150 мм и таким образом диаметр равномерного поля рентгеновского излучения составляет не менее 300 мм;.

7.3.2 **Проверка рабочего диапазона и определение относительной погрешности установки по мощности кермы в воздухе**

7.3.2.1 Устанавливают камеру из состава компаратора на расстоянии 100 см от фокусного пятна рентгеновской трубки на рабочий стол с использованием держателя из состава установки так, чтобы геометрический центр поля рентгеновского излучения совпадал с геометрическим центром камеры.

Примечание – Тип используемой камеры из состава компаратора выбирают в зависимости от диапазона измерения мощности кермы в воздухе и диапазона энергий фотонов.

7.3.2.2 На установке устанавливают фильтр, соответствующий поверяемому режиму излучения, в соответствии с ЭД.

7.3.2.3 Включают рентгеновское излучение на установке последовательно с минимальным и максимальным значениями анодного тока для данного режима излучения при первичной поверке, а также равным 0,4 – 0,7 от его максимального значения для данной контрольной точки для данного режима излучения при периодической поверке (в соответствии с Приложением Д РЭ).

7.3.2.4 Определяют мощность кермы в воздухе с помощью компаратора $\dot{K}_{a0i}$ и установки $\dot{K}_{aУПРi}$. Количество измерений выбирают таким, чтобы обеспечить среднее квадратическое отклонение (СКО) результата измерений не более 0,75 %, но не менее 10 раз.

7.3.2.5 Вычисляют среднее значение мощности кермы в воздухе

$$\dot{K}_{aУПР} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \dot{K}_{aУПРi}$$

$$\dot{K}_{a0} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} \dot{K}_{a0i}$$

где –

$\dot{K}_{aУПР}$ среднее значение мощности кермы в воздухе, определенное установкой, Гр/с;

$\dot{K}_{a0}$ – среднее значение мощности кермы в воздухе, определенное компаратором, Гр/с;

n – количество измерений.

7.3.2.6 Определяют границы относительной погрешности установки по мощности кермы в воздухе по формуле

$$\Delta_{0(0,95)} = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_{Ka} + \sqrt{\sum \Theta_j^{\,2}/3}} \cdot \sqrt{S_{Ka}^{\,2} + \sum \Theta_j^{\,2}/3}$$

ε – доверительные границы случайной погрешности измерений значения мощности кермы в воздухе, %, $\varepsilon = t_p \cdot S_{Ka}$;

t_p – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности P = 0,95 и количестве измерений n (при n=10 t_p=2,262);

S_{Ka} – суммарное значение среднего квадратического отклонения результатов измерений при определении значения мощности кермы в воздухе, $S_{Ka} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} S_i^2}$;

Θ_{Σ} – границы неисключенной систематической погрешности при определении значения мощности кермы в воздухе, %, $\Theta_{\Sigma} = k \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \Theta_j^2 + \left(\frac{\dot{K}_{aУПР} - \dot{K}_{a0}}{\dot{K}_{a0}} \right)^2}$ (при P = 0,95 k = 1,1);

Θ_j – j-я составляющая систематической погрешности, %:

$$\sum_{j=1}^{m}\Theta_j^2 = \Theta_0^2 + \Theta_R^2 + \Delta_0^2$$

где:

Θ_0– основная погрешность эталонной установки, из свидетельства о поверке, %;

Θ_R–погрешность определения расстояния от фокусного пятна рентгеновской трубки до центра ионизационной камеры, которая, согласно ЭД на установку, составляет 0,2 %;

Δ_0– погрешность метода передачи размера единицы.

7.3.2.7 Для каждого применяемого на данной установке режима излучения в каждой калибровочной точке на каждом опорном расстоянии (см. Приложение В Руководства по эксплуатации) выполняют операции 7.3.2.1– 7.3.2.6.

7.3.2.8 Находят минимальное $\dot{K}_{a\min}$ и максимальное $\dot{K}_{a\max}$ значение мощности кермы в воздухе на установке. Находят максимальную относительную погрешность установки по мощности кермы в воздухе.

7.3.2.9 Установка считается прошедшей проверку, если значение $\dot{K}_{a\min}$ составляет не более значения, указанного в РЭ; значение $\dot{K}_{a\max}$ составляет не менее значения, указанного в РЭ; значение $\Delta_{0(0,95)\max}$ составляет не более ±3 %

7.3.3 **Проверка рабочего диапазона и определение относительной погрешности установки по керме в воздухе**

7.3.3.1 На установке устанавливают фильтр, соответствующий режиму излучения с максимальной мощностью кермы в воздухе (согласно 7.3.2), в соответствии с ЭД.

7.3.3.2 Устанавливают камеру из состава компаратора на минимальном для данного режима расстоянии от фокусного пятна рентгеновской трубки на рабочий стол с использованием держателя из состава установки так, чтобы геометрический центр поля рентгеновского излучения совпадал с геометрическим центром камеры.

Примечание – Тип используемой камеры из состава компаратора выбирают в зависимости от диапазона измерения мощности кермы в воздухе и диапазона энергий фотонов.

7.3.3.3 Задают на установке значение кермы в воздухе, равное верхней границе диапазона, указанного в РЭ.

7.3.3.4 Включают рентгеновское излучение. Определяют керму в воздухе с помощью компаратора K_{a0i} и установки $K_{aУПРi}$.

7.3.3.5 Выполняют операции по пп. 7.3.3.3 – 7.3.3.4 столько раз, чтобы обеспечить СКО результата измерений не более 0,75 %, но не менее 10 раз.

7.3.3.6 Вычисляют среднее значение кермы в воздухе

$$K_{aУПР} = \frac{1}{n}\cdot\sum_{i=1}^{n} K_{aУПРi}$$

$$K_{a0} = \frac{1}{n}\cdot\sum_{i=1}^{n} K_{a0i}$$

где

$K_{aУПР}$ – среднее значение кермы в воздухе, определенное установкой, Гр;

K_{a0} – среднее значение кермы в воздухе, определенное компаратором, Гр;

n – количество измерений.

7.3.3.7 Определяют границы относительной погрешности установки по керме в воздухе по 7.3.2.6.

7.3.3.8 На установке устанавливают фильтр, соответствующий режиму излучения с минимальной мощностью кермы в воздухе (согласно 7.3.2), в соответствии с ЭД.

7.3.3.9 Устанавливают камеру из состава компаратора на максимальном для данного режима расстоянии от фокусного пятна рентгеновской трубки на рабочий стол с

использованием держателя из состава установки так, чтобы геометрический центр поля рентгеновского излучения совпадал с геометрическим центром камеры.

Примечание – Тип используемой камеры из состава компаратора выбирают в зависимости от диапазона измерения мощности кермы в воздухе и диапазона энергий фотонов.

7.3.3.10 На установке задают значение кермы в воздухе, равное нижней границе диапазона, указанного в РЭ.

7.3.3.11 Выполняют операции 7.3.3.4 – 7.3.3.7.

7.3.3.12 Находят минимальное $\dot{K}_{a\min}$ и максимальное $\dot{K}_{a\max}$ значение кермы в воздухе. Находят максимальное значение границ относительной погрешности установки по керме в воздухе $\Delta_{0(0,95)\max}$.

7.3.3.13 Установка считается прошедшей проверку, если значение $\dot{K}_{a\min}$ составляет не более значения, указанного в РЭ; значение $\dot{K}_{a\max}$ составляет не менее значения, указанного в РЭ, значение $\Delta_{0(0,95)\max}$ составляет не более ±3 %.

7.3.4 **Проверка рабочего диапазона и определение относительной погрешности установки по мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы**

7.3.4.1 Проверку рабочего диапазона и определение относительной погрешности установки по мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы проводят расчетным методом. Переход от единицы мощности кермы в воздухе $\dot{K}_a$ – грей в секунду – к единицам мощности индивидуального эквивалента дозы $\dot{H}_p(10)$, $\dot{H}_p(3)$ и $\dot{H}_p(0{,}07)$, мощности направленного эквивалента дозы $\dot{H}'(3)$ и $\dot{H}'(0{,}07)$, и мощности амбиентного эквивалента дозы $H^*(10)$ – Зиверт в секунду – рентгеновского излучения осуществляют с использованием конверсионных коэффициентов, приведенных в документе: ISO 4037-3:2019(E) "Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 3: Calibration of area and personal dosemeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence":

$$\dot{H}_X(d) = h_X(d) \cdot \dot{K}_a$$

где:

$\dot{H}_X(d)$ – операционная единица ($\dot{H}_p(10)$, $\dot{H}_p(3)$, $\dot{H}_p(0{,}07)$, $\dot{H}'(3)$, $\dot{H}'(0{,}07)$ или $H^*(10)$), Зв/с;

$h_X(d)$ – соответствующий коэффициент пересчета ($h_{pK}(10)$, $h_{pK}(3)$, $h_{pK}(0{,}07)$, $h'_K(3)$, $h'_K(0{,}07)$ или $h^*_K(10)$), Зв/Гр;

$\dot{K}_a$ – мощность кермы в воздухе, Гр/с

7.3.4.2 Стандартная неопределенность, *u*, значений коэффициентов $h_{pK}(10)$, $h_{pK}(3)$, $h_{pK}(0{,}07)$, $h'_K(3)$, $h'_K(0{,}07)$ и $h^*_K(10)$ составляет 2 %.

7.3.4.3 Находят минимальные $\dot{H}_p(10)_{\min}$, $\dot{H}_p(3)_{\min}$, $\dot{H}_p(0{,}07)_{\min}$, $\dot{H}'(3)_{\min}$, $\dot{H}'(0{,}07)_{\min}$ и $\dot{H}^*(10)_{\min}$ и максимальные $\dot{H}_p(10)_{\max}$, $\dot{H}_p(3)_{\max}$, $\dot{H}_p(0{,}07)_{\max}$, $\dot{H}'(3)_{\max}$, $\dot{H}'(0{,}07)_{\max}$ и $\dot{H}^*(10)_{\max}$ значения мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы на установке, определенные в 7.3.4.1 для значений мощности кермы в воздухе, определенных в 7.3.2. Находят максимальную относительную погрешность передачи единиц мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы $\Delta_{0(0,95)\max}$ по формуле:

$$\Delta_{0(0.95)} = \frac{\varepsilon + \Theta_\Sigma}{S_{Ka} + \sqrt{\sum \Theta_j^{\,2}/3}} \cdot \sqrt{S_{Ka}^{\,2} + \sum \Theta_j^{\,2}/3}$$

ε – доверительные границы случайной погрешности измерений значения мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы, %, $\varepsilon = t_p \cdot S_{Ka}$;

t_p – коэффициент Стьюдента при доверительной вероятности P = 0,95 и количестве измерений n (при n=10 t_p=2,262);

S_{Ka} – суммарное значение среднего квадратического отклонения результатов измерений при определении значения мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы в воздухе, $S_{Ka} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} S_i^2}$;

Θ_Σ – границы неисключенной систематической погрешности при определении значения мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы, %, $\Theta_\Sigma = k \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \Theta_j^2 + \left(\frac{\dot{K}_{aУПР} - \dot{K}_{a0}}{\dot{K}_{a0}} \right)^2}$ (при P = 0,95 k = 1,1);

Θ_j – j-я составляющая систематической погрешности, %:

$$\sum_{j=1}^{m} \Theta_j^2 = \Theta_0^2 + \Theta_R^2 + \Theta_h^2 + \Delta_0^2$$

где

Θ_0– основная погрешность эталонной установки, из свидетельства о поверке, %;

Θ_R–погрешность определения расстояния от фокусного пятна рентгеновской трубки до центра ионизационной камеры, которая, согласно ЭД на установку, составляет 0,2 %;

Θ_h^2 – погрешность определения конверсионного коэффициента, составляющая 3,5 %;

Δ_0– погрешность метода передачи размера единицы.

7.3.4.4 Установка считается прошедшей проверку, если значения $\dot{H}_p(10)_{\min}$, $\dot{H}_p(3)_{\min}$, $\dot{H}_p(0{,}07)_{\min}$, $\dot{H}'(3)_{\min}$, $\dot{H}'(0{,}07)_{\min}$ и $\dot{H}^*(10)_{\min}$ составляют не более значения, указанного в РЭ; значения $\dot{H}_p(10)_{\max}$, $\dot{H}_p(3)_{\max}$, $\dot{H}_p(0{,}07)_{\max}$, $\dot{H}'(3)_{\max}$, $\dot{H}'(0{,}07)_{\max}$ и $\dot{H}^*(10)_{\max}$ составляют не менее значения, указанного в РЭ; значение $\Delta_{0(0,95)\max}$ составляет не более ±5 %.

7.3.5 **Проверка рабочего диапазона и определение относительной погрешности установки при измерении амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы**

7.3.5.1 Проверку рабочего диапазона и определение относительной погрешности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы проводят аналогично 7.3.4.1 – 7.3.4.2.

7.3.5.2 Находят минимальные $H_p(10)_{\min}$, $H_p(3)_{\min}$, $H_p(0{,}07)_{\min}$, $H'(3)_{\min}$, $H'(0{,}07)_{\min}$ и $H^*(10)_{\min}$ и максимальные $H_p(10)_{\max}$, $H_p(3)_{\max}$, $H_p(0{,}07)_{\max}$, $H'(3)_{\max}$, $H'(0{,}07)_{\max}$ и $H^*(10)_{\max}$ значения амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы на установке , определенные в 7.3.4.1 для значений кермы в воздухе, определенных в 7.3.3. Находят максимальную относительную погрешность передачи единиц амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы $\Delta_{0(0.95)\max}$ согласно 7.3.4.3.

7.3.5.3 Установка считается прошедшей проверку, если значения $H_p(10)_{\min}$, $H_p(3)_{\min}$, $H_p(0{,}07)_{\min}$, $H'(3)_{\min}$, $H'(0{,}07)_{\min}$ и $H^*(10)_{\min}$ составляют не более значения, указанного в РЭ; значения $H_p(10)_{\max}$, $H_p(3)_{\max}$, $H_p(0{,}07)_{\max}$, $H'(3)_{\max}$, $H'(0{,}07)_{\max}$ и $H^*(10)_{\max}$ составляют не менее значения, указанного в РЭ; значение $\Delta_{0(0,95)\max}$ составляет не более ±5 %.

8 Оформление результатов поверки

8.1 Результат поверки признают положительным, если операции по п.п. 7.1 – 7.3 выполнены с положительными результатами. Все результаты заносятся в протокол поверки. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в Приложении А.

8.2 Положительные результаты поверки установки оформляются свидетельством о поверке по установленной форме согласно Приложению 1 к Порядку проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержденному приказом Минпромторга России от 2 июля 2015 года № 1815.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

8.3 На оборотной стороне свидетельства о поверке указывают:

– список режимов рентгеновского излучения, реализованный на установке;

– рабочий диапазон измерений установки по керме в воздухе, амбиентному, направленному и индивидуальному эквивалентам дозы и их мощностям и относительную погрешность установки в рабочем диапазоне измерений;

– геометрические размеры равномерного поля рентгеновского излучения на расстояниях 1,0 м и 2,5 м от фокусного пятна рентгеновской трубки;

– номер версии и цифровой идентификатор ПО.

8.4 Установка, не прошедшая поверку, к обращению не допускается. На установку выдают извещение о непригодности по установленной форме в соответствии с Приложением 2 к Порядку проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке, утвержденному приказом Минпромторга России № 1815 от 2 июля 2015 г., с указанием причин несоответствия. Свидетельство о предыдущей поверке на установку, не прошедшую периодическую поверку, аннулируют.

Приложение А
(рекомендуемое)
Протокол поверки
№_____ от _____ 20___ г.

Наименование прибора, тип:
Заводской номер:
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений:
Заказчик:
Серия и номер знака предыдущей поверки (если имеются):
Дата предыдущей поверки:

Вид поверки_____

Наименование нормативного документа при поверке_____

Средства поверки (наименование эталона и его регистрационный номер, тип и заводские номера средств измерений, применяемых при поверке)_____

_____

Условия поверки

Параметры	Требования НД	Измеренные значения

1 Внешний осмотр
документация _____
комплектность _____
отсутствие механических повреждений _____

2 Опробование
работоспособность _____
соответствие ПО _____

Идентификационные данные ПО приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные данные ПО

Наименование ПО	Идентификационное наименование ПО	Номер версии (идентификационный номер) ПО	Цифровой идентификатор ПО (контрольная сумма исполняемого кода)	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО
UPR Measurement	UPRMES.EXE			
Программа контроллера ФРП-АТ300	FRPcontroller.1._			
Программа контроллера СП	SPcontroller.1._			
Программа панели оператора ФРП-АТ300	FRPpanel.1._			
Программа панели оператора СП	SPpanel.1._			

3. Определение метрологических характеристик:

Результаты определения геометрических размеров равномерного поля рентгеновского излучения (неравномерность поля не более ±3 %) приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Геометрические размеры равномерного поля рентгеновского излучения

Код режима	Диафрагма	Расстояние от фокусного пятна рентгеновской трубки, м	Смещение, см	Направление смещения	Мощность кермы в воздухе, определенная камерой-компаратором, Гр/с	Мощность кермы в воздухе, определенная установкой, Гр/с	δ_i, %
Н200	№ 3	1,0	0	–			–
			6	влево			
			6	вправо			
			6	вверх			
			6	вниз			
…	…	…	…		…	…	…

Результаты определения диапазона мощности кермы в воздухе и относительной погрешности установки приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Диапазон мощности кермы в воздухе и относительная погрешность установки

№ серии	Режим излучения			Диафрагма	Расстояние, м	№ измерения	$\dot{K}_{a0i}$, Гр/с	$\dot{K}_{aУПРi}$, Гр/с	СКО, %	$\Delta_{0(0,95)}$, %
	Код режима	СПО, мм	$E_{эфф}$, кэВ							
1						1				
						2				
						3				
						…				
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Диапазон мощности кермы в воздухе установки составляет _____. Относительная погрешность установки по мощности кермы в воздухе составляет _____.

Результаты определения диапазона кермы в воздухе и относительной погрешности установки приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Диапазон кермы в воздухе и относительная погрешность установки

№ серии	Режим излучения			Диафрагма	Расстояние, м	№ измерения	K_{a0i}, Гр	$K_{aУПРi}$, Гр	СКО, %	$\Delta_{0(0.95)}$, %
	Код режима	СПО, мм	$E_{эфф}$, кэВ							
1						1				
						2				
						3				
						…				
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Диапазон кермы в воздухе установки составляет _____. Относительная погрешность установки по керме в воздухе составляет _____.

Результаты определения диапазона мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы и относительной погрешности установки приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Диапазон мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы и относительная погрешность установки

№ серии	Режим излучения			Диафрагма	Расстояние, м	Операционная величина	Конверсионный коэффициент	$\dot{H}_0$, Зв/с	$\dot{H}_{УПР}$, Зв/с	СКО, %	$\Delta_{0(0.95)}$, %
	Код режима	СПО, мм	$E_{эфф}$, кэВ								
1						$H^*(10)$					
						$H_p(0,07)$					
						$H_p(10)_0$					
						$H_p(3)$					
						$H'(0,07)$					
						$H'(3)$					
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Диапазон мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы установки составляет _____. Относительная погрешность установки по мощности амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы составляет _____.

Результаты определения диапазона амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы и относительной погрешности установки приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Диапазон амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы и относительная погрешность установки

№ серии	Режим излучения			Диафрагма	Расстояние, м	Операционная величина	Конверсионный коэффициент	$\dot{H}_0$, Зв	$\dot{H}_{УПР}$, Зв	СКО, %	$\Delta_{0(0.95)}$, %
	Код режима	СПО, мм	$E_{эфф}$, кэВ								
1						$H^*(10)$					
						$H_p(0,07)$					
						$H_p(10)_0$					
						$H_p(3)$					
						$H'(0,07)$					
						$H'(3)$					
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Диапазон амбиентного, направленного и индивидуального эквивалентов дозы

установки составляет _____. Относительная погрешность установки по амбиентному, направленному и индивидуальному эквивалентам дозы составляет _____

Заключение: _____

Поверитель: _____ _____ _____

должность подпись ФИО