

*Научно-производственное унитарное предприятие «АТОМТЕХ»
Республика Беларусь, г. Минск
info@atomtex.com*

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПОВЕРОЧНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ МЕТРОЛОГИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

AUTOMATED CALIBRATION FACILITIES FOR METROLOGY OF IONIZING RADIATION

**Кожемякин В.А., Гузов В.Д., Николаев В.А., Раскоша В.Л.,
Сеньковский К.Г., Храмов В.В.**

Разработанное метрологическое оборудование

- Дозиметрическая установка гамма-излучения УДГ-АТ130
- Дозиметрическая установка гамма-излучения УДГ-АТ110
- Установка поверочная нейтронного излучения УПН-АТ140
- Поверочная установка рентгеновского излучения УПР-АТ300
- Автоматизированная экстраполяционная ионизационная камера бета-излучения МЭК-1
- Стенд эталонной дозиметрической автоматизированной установки бета-излучения
- Ядерно-физическая аппаратура





Дозиметрическая установка гамма-излучения УДГ-АТ130

Источники (до 6 шт.): ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am

Диапазоны воспроизводимых единиц

**мощность кермы
в воздухе**

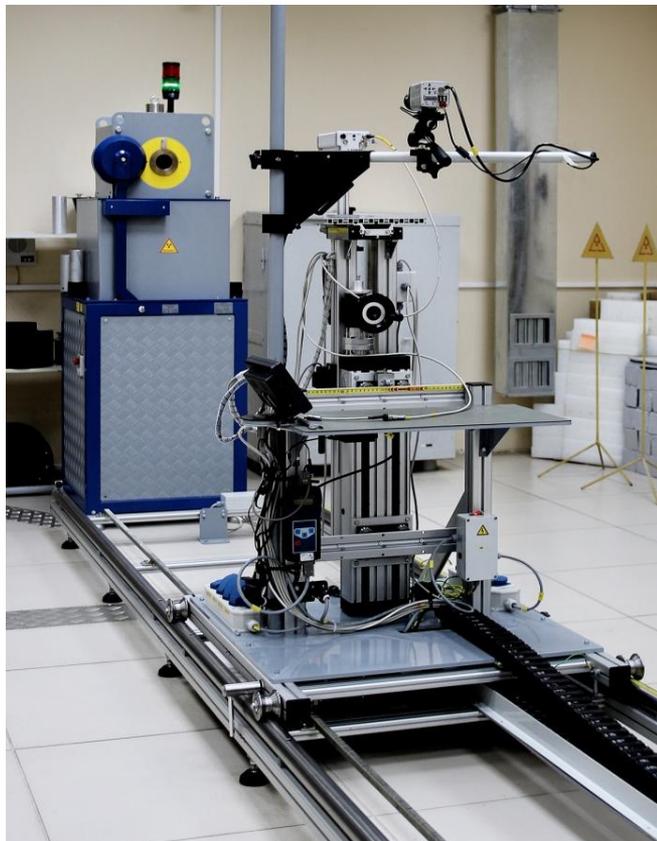
0,3 мкГр/ч- 50 Гр/ч

$\delta_0 = 1,5\% - 2,5\%$

**мощность
амбиентного,
индивидуального
эквивалентов дозы**

0,4 мкЗв/ч- 58 Зв/ч

$\delta_0 = 2,5\% - 4,5\%$



**Рабочий эталон 1-го разряда
(по ГОСТ Р 8.804-2012)**

Применение: аттестация рабочих эталонов
2-го разряда и поверка средств измерений

Номер в Госреестре СИ РФ 44761-15 (до 30.10.2020)



Дозиметрическая установка гамма-излучения УДГ-АТ110



**Рабочий эталон 2-го разряда
(по ГОСТ Р 8.804-2012)**

Источники: ^{137}Cs (до 5 шт.)

Диапазоны воспроизводимых единиц

мощность кермы в воздухе	мощность амбиентного, индивидуального эквивалентов дозы
0,25 мкГр/ч- 0,4 Гр/ч $\delta_0 = 3\% - 5\%$	0,3 мкЗв/ч- 0,48 Зв/ч $\delta_0 = 5\% - 7\%$

Применение: аттестация рабочих эталонов 3-го разряда и поверка средств измерений.

Номер в Госреестре СИ РФ 40425-09 (до 07.10.2019)

Модификации поверочных установок на основе УДГ-АТ110



Реализованные:

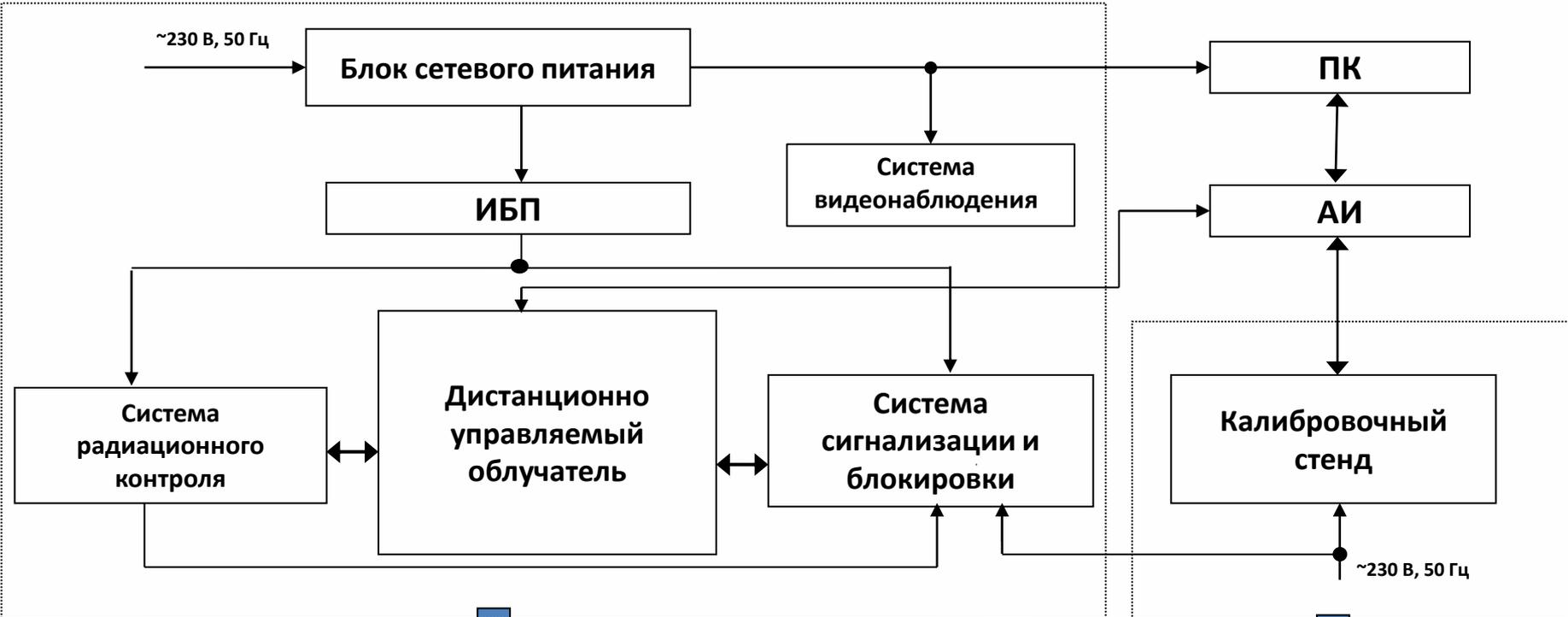
- Применение в облучателе набора источников (до 9 шт.) в диапазоне энергий от 5,9 до 1250 кэВ (^{55}Fe , ^{109}Cd , ^{241}Am , ^{57}Co , ^{137}Cs , ^{60}Co);
- Использование в составе установки спектрометрических сцинтилляционных блоков-компараторов для обеспечения измерений мощности кермы в воздухе от 0,03 мкГр/ч (в соответствии с рекомендациями МЭК 61017-2016, МЭК 60846-1-2009).

Спроектированные:

1. УДГ-АТ110 с расширенным диапазоном мощности кермы в воздухе до 2,6 Гр/ч с использованием источника ^{137}Cs активностью 100 Ки;
2. Модификация установки с диапазоном мощности кермы в воздухе до 5,2 Гр/ч с использованием источника ^{137}Cs активностью 250 Ки.
Возможность использования ^{60}Co активностью 0,3 Ки и мощностью кермы в воздухе до 5 мГр/ч.



Структурная схема оборудования



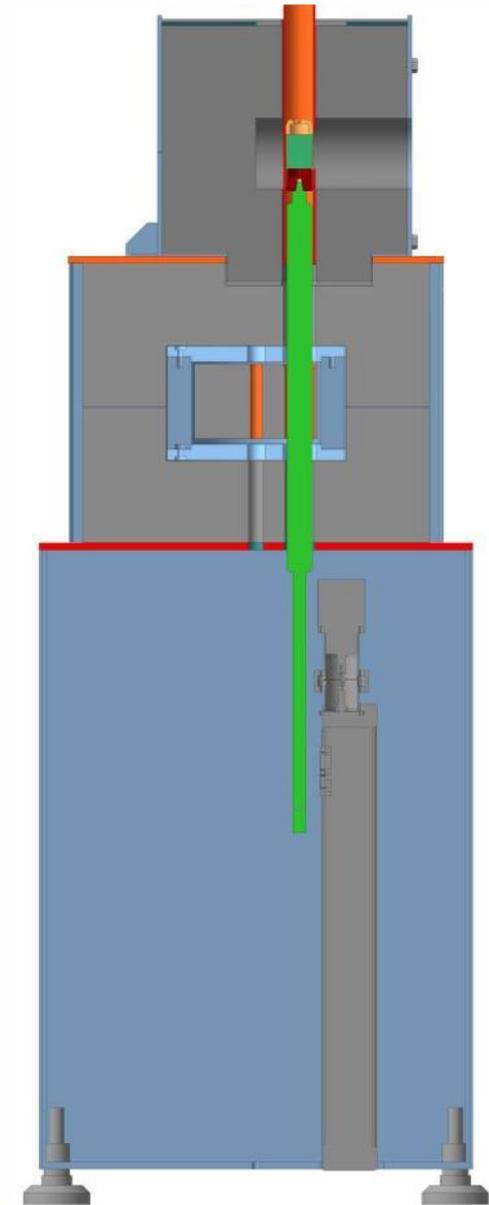
Дистанционное автоматическое управление положением источника в облучателе и обеспечение функций безопасности



Дистанционное автоматическое линейное позиционирование подвижной платформы

Дистанционно управляемый облучатель

- Позиционирование ИИ в облучателе обеспечивают цифровые сервоприводы φ и Z с управлением от ПЛК.
- Сервоприводы работают в абсолютной системе координат φ (перемещение барабана) и Z (перемещение штока).
- Предусмотрены программные (рабочий, отладки, перезагрузки ИИ, контроля) и ручные режимы управления положением источников.
- Управление функциями облучателя осуществляется дистанционно с пульта управления с помощью аппаратного или прикладного ПО.

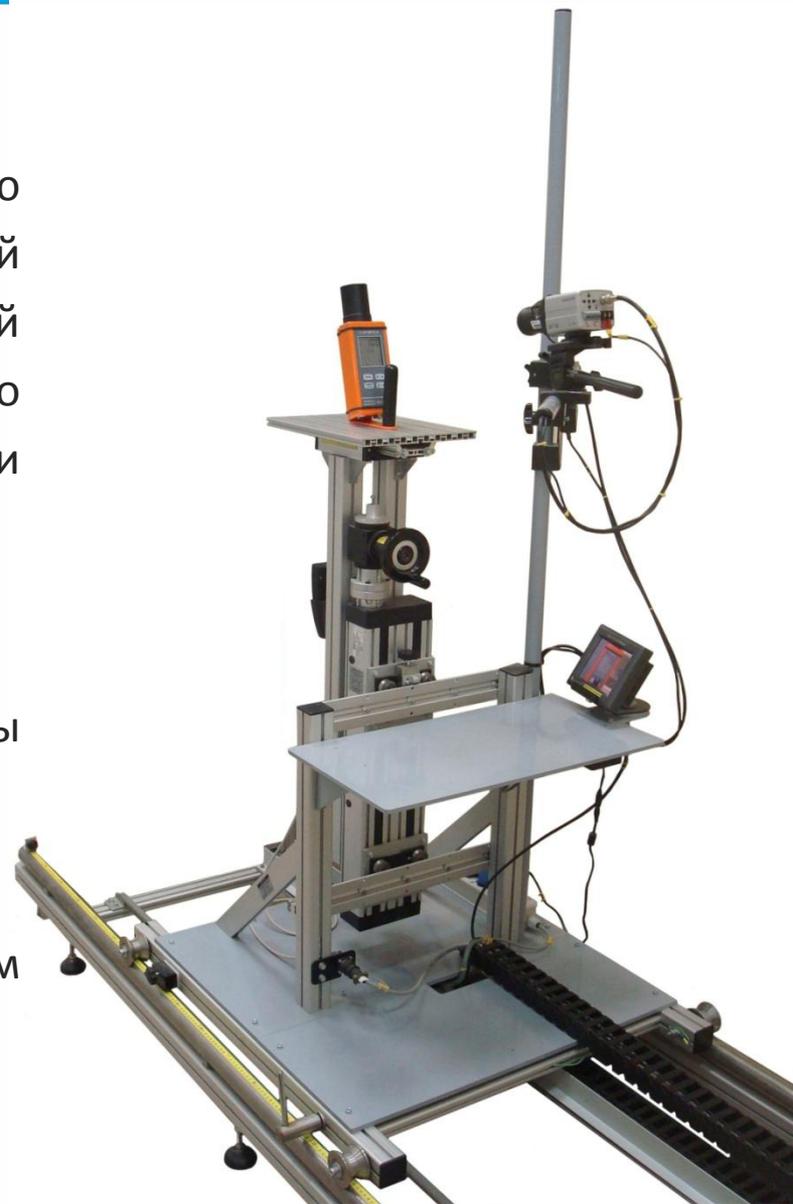




Калибровочный стенд представляет абсолютную систему линейного позиционирования подвижной платформы в координатной системе X, ось которой совпадает с осью коллимационного канала, а начало координат совмещено с центром ИИ в положении “экспозиция”.

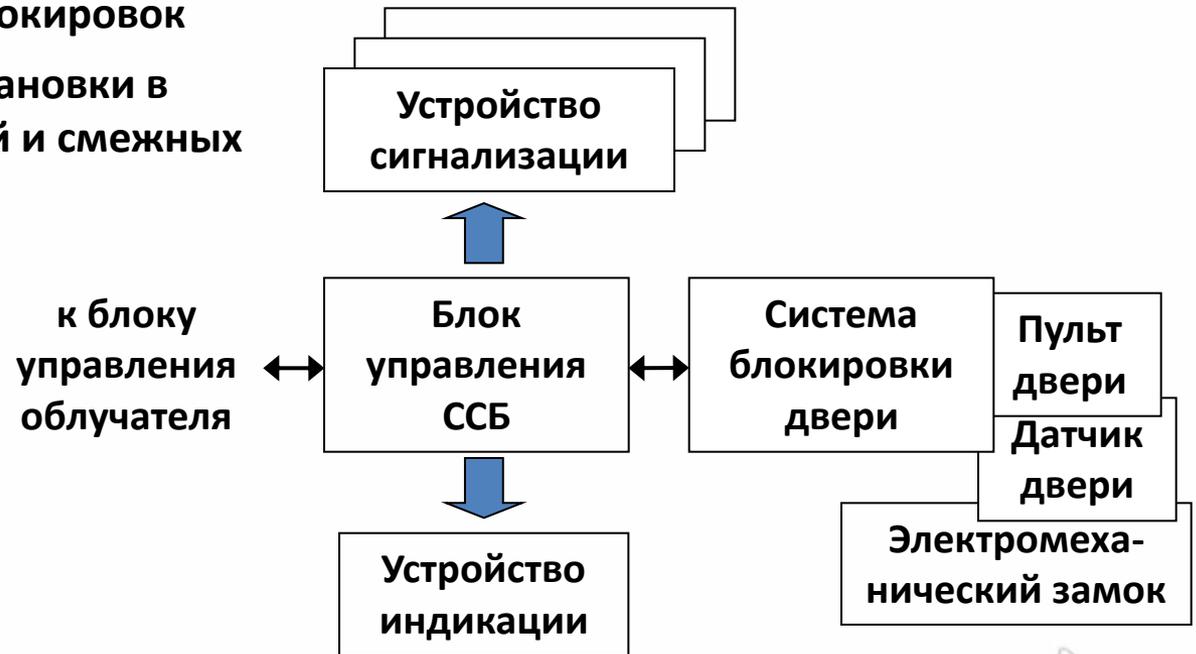
Функции:

- позиционирование подвижной платформы (сервопривод X);
- оцифровка координаты X;
- центрирование детектора с использованием лазерной системы.



Система сигнализации и блокировки (ССБ) совместно с ДУО и СРК обеспечивает:

- Блокировку входной двери
- Световую и звуковую сигнализацию о положении ИИ и состоянии блокировок
- Контроль радиационной обстановки в рабочей камере, операторской и смежных помещениях



Структурная схема ССБ

Перегрузка источников излучения

Перегрузочное устройство

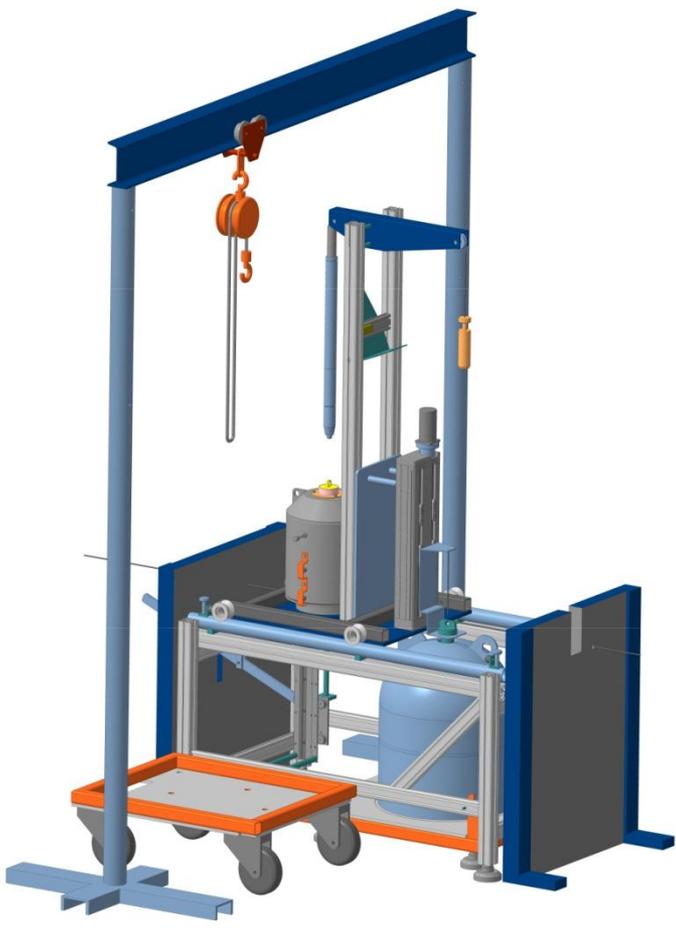
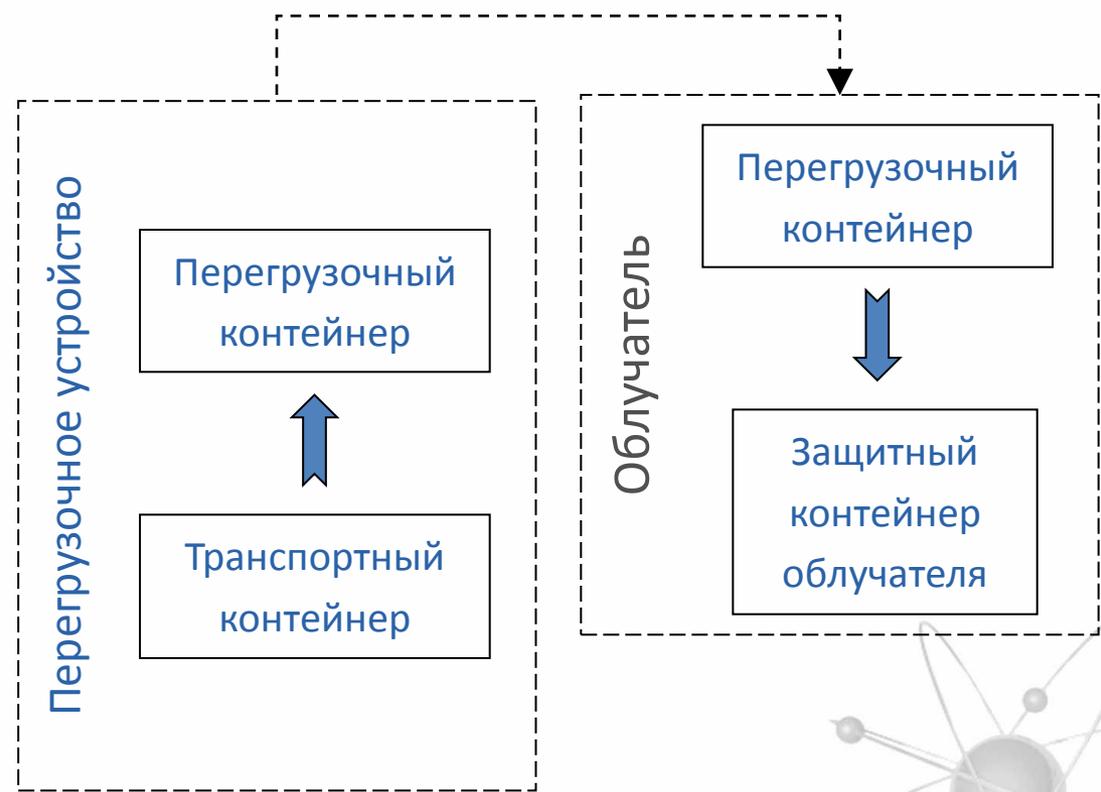


Схема загрузки ИИ



Функции программного обеспечения



Аппаратное оснащение

пульты управления
логические контроллеры
специализированное ПО обмена данными

Функции:

- управление положением источника
- управление позиционированием детектора
- оцифровка и контроль состояния сервоприводов
- управление и контроль состояния системы безопасности

Z Φ ХРАНИЕНИЕ					
N1	N2	N3	N4	N5	N6
FCK	A2C	ABC4	1BCD	XY8	45N
CO 60	CS 137	CS 137	CS 137	CS 137	CS 137
NO		0.00 МБк			Готовность
Источник		Время		Экспозиция	
Режим		Звук		Оцифровка	
Хранение					

Окно выбора ИИ

X

1000 2000 3000 4000 5000 6000 7000

X оцифровки 699.6 мм **Задать**

X позиции 1500.7 мм **Позиция**

Δ 78 мм **Сброс Δ**

X текущее 1500.7 мм

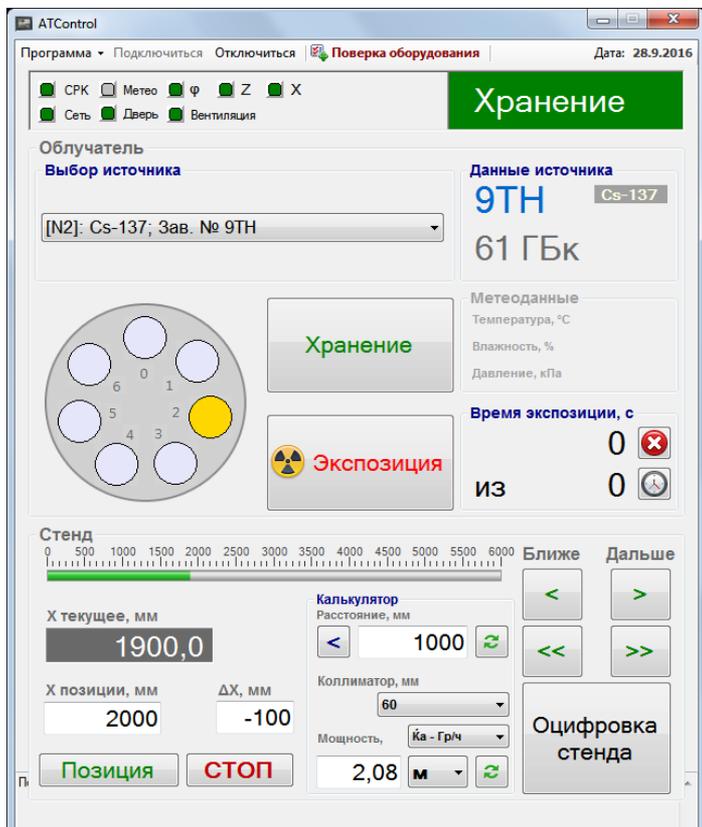
← — — — — — →
Ближе Дальше

< >
<< >>

Стоп SONX Звук Ввод

Окно управления калибровочным стендом

Функции программного обеспечения



Конфигурация с ПК

компьютер управления
пульты управления
логические контроллеры
интерфейсные адаптеры
прикладное ПО «Программный комплекс УДГ»

Функции:

- управление установкой;
- автоматизация процесса поверки, обработка результатов измерений, документирование;
- ведение базы данных СИ, результатов поверок.

**Прикладное ПО аттестовано в соответствии с
ГОСТ Р 8.654-2009**



Прикладное ПО «Программный комплекс УДГ»

Редактирование сценария

Тип прибора: **МКС-АТ6101С** Контрольная т. Эв Нуклид Время изм., с Предел погреш., % Учитывать фон

Название: **Сценарий 1**

Тип источника: **Гамма**

Единицы измерения: **Эв**

Измеряемая величина: **Нp(10)**

Нижняя граница диал.: **1**

Верхняя граница диал.: **12**

Кол-во контр. точек: **2**

Кол-во измерений в точке*: **3**

Коллиматор: **60**

Считать

- Среднеквадратическое отклонение
- Доверительная граница
- Дополнительная погрешность
- Граница основной погрешности

Ограничение расстояния источник-детектор

Минимальное, мм: **0** dr, мм: **0,00**

Максимальное, мм: **0** dr, мм: **0,00**

Сохранить **Отмена**

Окно редактирования выбранного сценария

Поверка прибора

Подключиться Отключиться Проверить статус Оцифровка сенда Настройки

Статус установки: **Подключение отсутствует** Время экспозиции: **0** Позиция платформы: **0**

Номер протокола*: **11254** Тип СИ: **МКС-АТ6101С**

Дата поверки: **5 октября 2015 г.** Заводской №: **A-12334**

Поведение поверки: **Методика поверки № 3** Дата выпуска: **5 октября 2015 г.**

Внешний осмотр: Без замечаний Обробование: Годен

Сценарий: **Сценарий 1**

Результат поверки: Годен

Поверитель*: **Иванов**

Сценарий 1

Пределы: **Нp(10)** От: **1 мкЭв** До: **12 Эв** Условия поверки:

№ источника	Нуклид	МЭД поверки, Р/4	На дату	МЭД, Р/4
ОНА	Cs-137	4.08E-004	05.10.2015	3.99E-004

(свое 12344 от 23.10.2014)

Действие	К.т. Нp(10), Эв	Источник	Рассто мм	Время, с	Измерение 1, Нp(10), Эв	Измерение 2, Нp(10), Эв	Измерение 3, Нp(10), Эв	Среднее арифметическое измерений, Нp(10), Эв	Граница основной погрешности результата измерения, %	Предел погрешности, %	Значение фона, Эв
ЭКСПОЗИЦИЯ	4E-06	ОНА	1 000,0	3403	4e-6	4,1e-6	3,8e-6	3,967E-006	5,574	20	0
ЭКСПОЗИЦИЯ	8E-06	ОНА	1 000,0	6806	0	0	0	0	0	20	0

Использованные сценарии:

- Сценарий 1

Удалить

Сертификат Протокол Сохранить Закрыть

Окно «Поверка прибора»



Реализованные проекты

УДГ-АТ130

Эксплуатируемые:

- ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», г. Сосновый Бор;
- ПСЗ, г. Трехгорный;
- ФГУП «ЦС «Звездочка», г. Северодвинск;
- УП «АТОМТЕХ», г. Минск;
- ДВЦ «ДальРАО», г. Фокино, Приморский край.
- Белоярская АЭС-2, г. Заречный.

В стадии ввода в эксплуатацию:

- Ремонтная база АПЛ, г. Вилючинск, Камчатский край;
- Ленинградская АЭС-2, г. Сосновый Бор.

Реализованные проекты

УДГ-АТ110

- Белоярская АЭС, г. Заречный;
- ЭХЗ, г. Зеленогорск;
- Нововоронежская АЭС, г. Нововоронеж;
- Смоленская АЭС, г. Десногорск;
- Ленинградская АЭС, г. Сосновый Бор;
- Калининская АЭС (2 шт.), г. Удомля;
- Ростовская АЭС, г. Волгодонск;
- Кольская АЭС, г. Полярные Зори;
- МСЗ, г. Электросталь;
- УП «АТОМТЕХ», г. Минск;
- МО и МЧС, г. Ашгабад;
- УЭХК, г. Новоуральск.





Установка поверочная нейтронного излучения УПН-АТ140

Набор источников (до 3 шт.): $^{238}\text{Pu-Be}$ типа ИБН-8 до $5 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$
 ^{252}Cf типа НК252М11 до $5 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$

**Воспроизведение и передача единиц
в коллимированном пучке или в
«открытой» геометрии**

**Плотность потока
быстрых нейтронов**

$2,5 - 3,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}\text{см}^{-2}$

**Плотность потока
тепловых нейтронов**

$1,0 - 1,4 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}\text{см}^{-2}$

5%

мощность

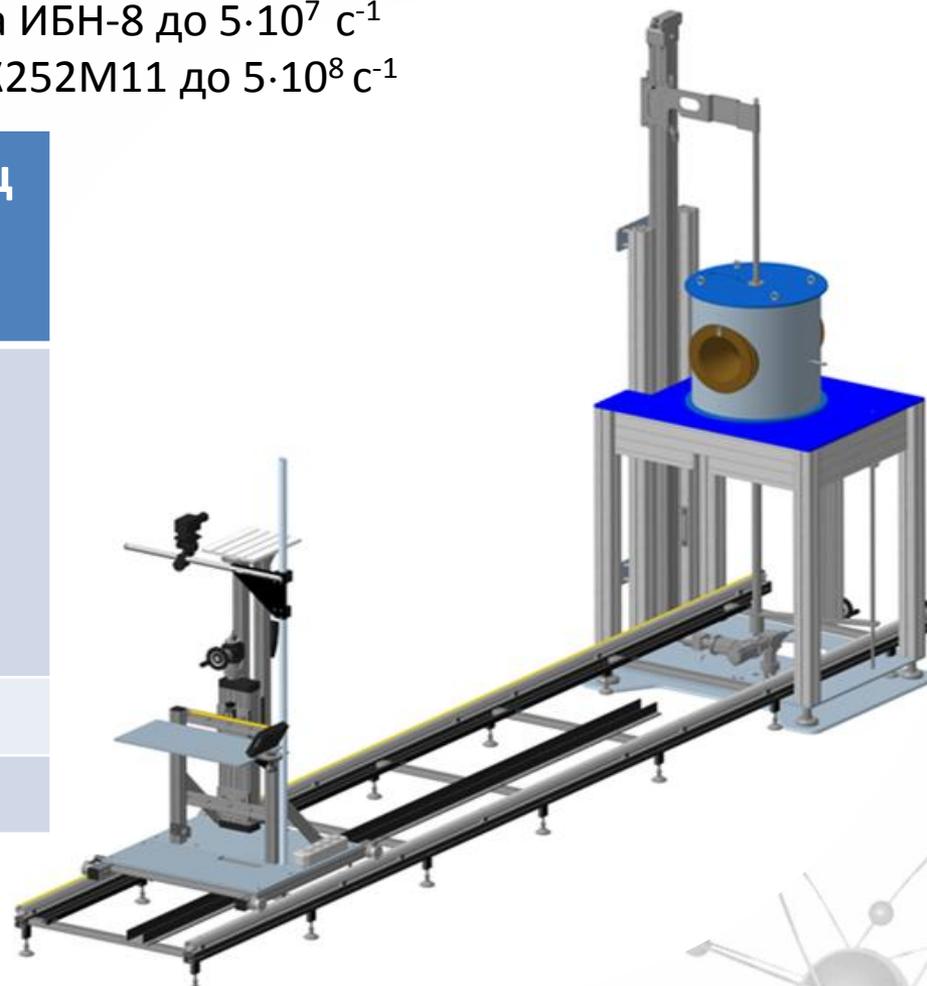
**амбиентного,
индивидуального
эквивалента дозы**

$3,5 - 4,5 \cdot 10^3 \text{ мкЗв/ч}$

7%

Интервал расстояний: от 0,7 до 3,0 м

Коэффициенты связи между значениями ППН и
МАЭД в соответствии со стандартом **ИСО 8529-3**



Рабочий эталон 1 или 2-го разряда по ГОСТ 8.031-82, ГОСТ Р 8.803-2012

Номер в Госреестре СИ РФ 63549-16 (до 28.03.2021)

Установка поверочная нейтронного излучения УПН-АТ140

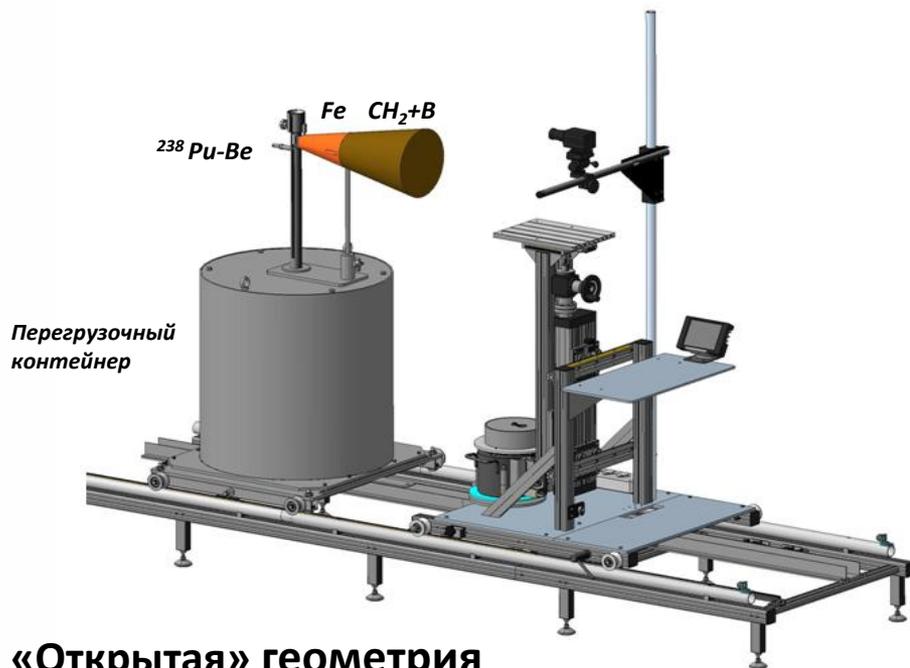


Облучатель. Устройство и работа

- Коллимационный узел со вставкой-коллиматором из 5% борированного полиэтилена (быстрые нейтроны);
- Коллимационный узел с тепловой вставкой из полиэтилена, кадмиевый экран (тепловые нейтроны);
- Перемещение источника по координате Z с использованием электромагнитного захвата;
- Привод захвата на основе механизма перемещения с ременной передачей и серводвигателя Z.
- Позиционирование источника в барабане (4 гнезда) с использованием серводвигателя φ.
- Функции безопасности совместно с СРК и системой сигнализации и блокировки



Установка поверочная нейтронного излучения УПН-АТ140



«Открытая» геометрия

- Широкий пучок нейтронов в «открытой» геометрии с использованием источника $^{238}\text{Pu-Be}$ на специальном держателе и экранирующего конуса из стали и борированного полиэтилена по **ИСО 8529-2**.

Калибровочный стенд

- Калибровочный стенд для автоматического линейного позиционирования поверяемого прибора относительно центра источника во всех геометриях измерений.
- Устройство гамма-фона с источником ^{137}Cs типа ИГИ-Ц-4-3, создающим 2 мЗв/ч в месте детектора нейтронов.
- Приспособления контроля установки, фиксации блоков детектирования на подвижной платформе, водный фантом **ИСО 4037** 300x300x150 мм.

Установка поверочная нейтронного излучения УПН-АТ140

Программное обеспечение аппаратного уровня:

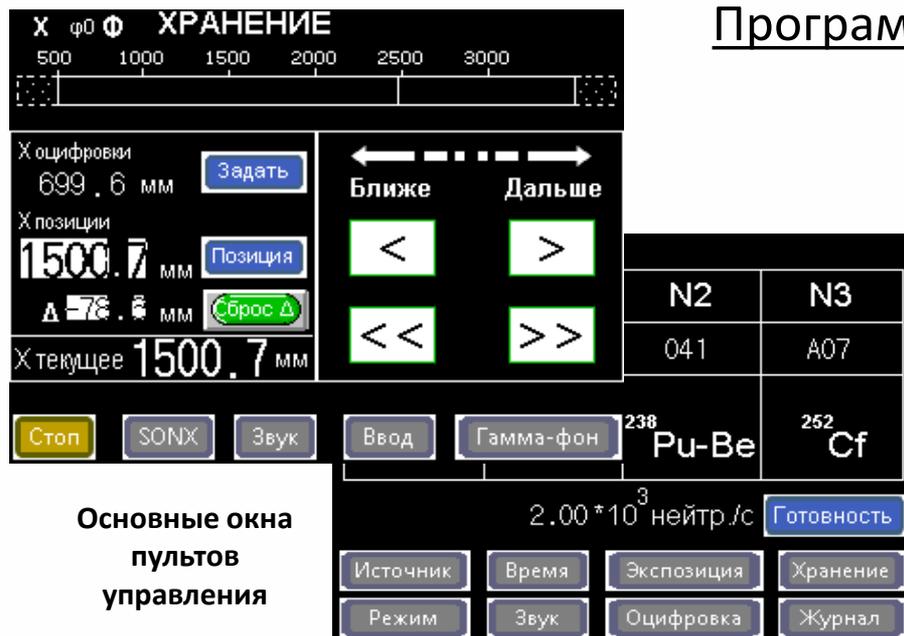
Программы контроллеров и панелей оператора дистанционно управляемого облучателя и калибровочного стенда

Прикладное программное обеспечение «Программный комплекс УПН» с использованием персонального компьютера.

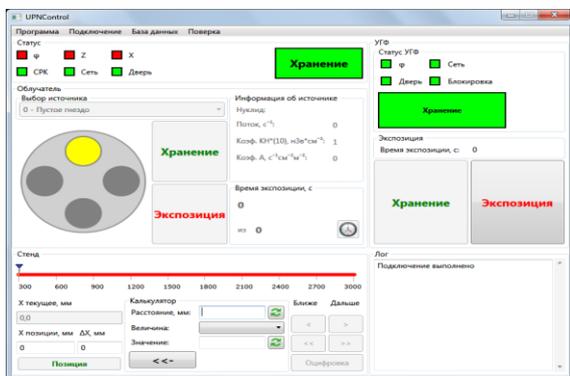
Управление функциями УПН

Автоматизация процесса поверки

УПН-АТ140 внесена в Госреестр СИ РФ в 2016 г.



Основные окна пультов управления



Экранная форма прикладного ПО

Реализованные проекты УПН-АТ140

Эксплуатируемые:

- УП «АТОМТЕХ», г. Минск;
- ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова», г. Сосновый Бор.

В стадии ввода в эксплуатацию:

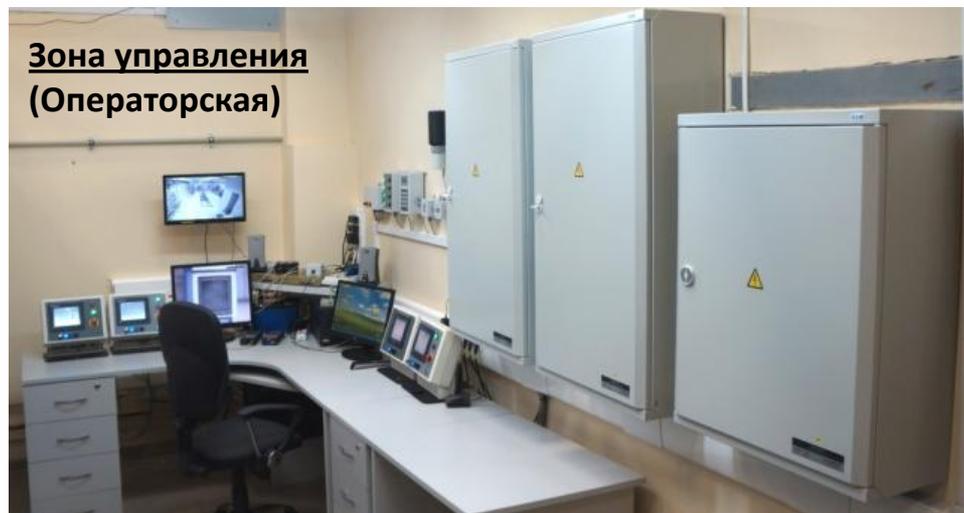
- Ремонтная база АПЛ, г. Вилючинск, Камчатский край.



Комплекс поверочного оборудования, включающий УДГ-АТ130 и УПН-АТ140



Рабочая зона
(Камера облучения)



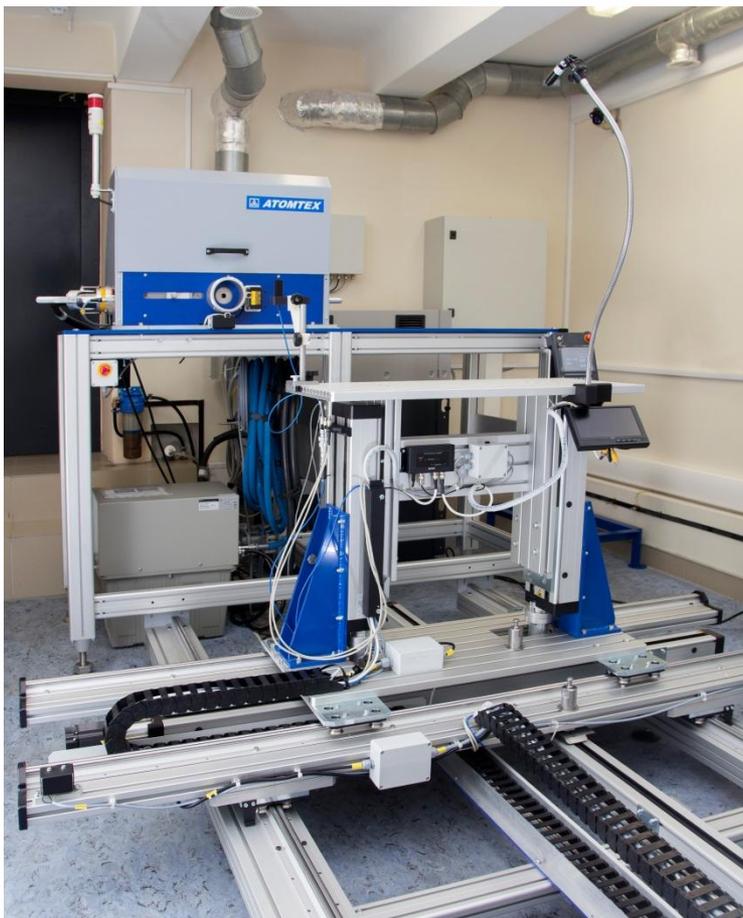
Зона управления
(Операторская)

Пример реализации комплекса установок с совмещенной схемой размещения в УП «АТОМТЕХ»





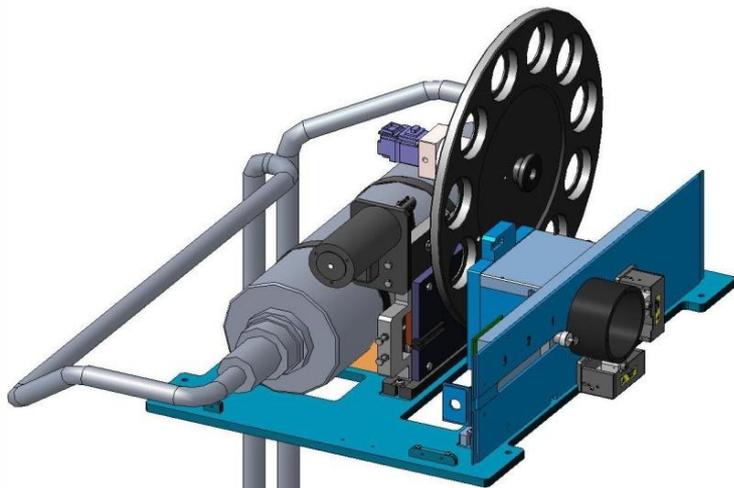
Поверочная установка рентгеновского излучения УПР-АТ300



1. Высокоточные рентгеновские аппараты серии ISOVOLT Titan 320 и/или 225 с металлокерамическими трубками.
2. Система позиционирования с автоматизированным перемещением рабочего стола по координатам X, Y, Z с точностью 50 мкм (калибровочный стенд АТ- 03).
3. Электроизмерительный канал: камера-монитор, электрометр ДКС-АТ5350/1, измерители параметров окружающей среды.



Поверочная установка рентгеновского излучения УПР-АТ300



Формирователь поля

- Формирователь поля режимов излучения в соответствии с **ГОСТ 8.087, ИСО 4037-1, IEC 61627**
- Диапазон энергий 15 – 250 кэВ
- Время срабатывания заслонки 0,2 с, ослабление пучка до 0,1 %
- Механизм сменных фильтров (11 шт.), дополнительные фильтры до 50 мм.



**Пульт управления
рентгеновским излучателем**

ПО и интерфейс управления автоматизированными функциями формирователя и системы позиционирования





Автоматизированная экстраполяционная ионизационная камера бета-излучения МЭК-1



Назначение:

Прецизионное измерение поглощенной дозы бета-излучения в тканеэквивалентном веществе от дозиметрических источников из радионуклидов:

^{147}Pm , ^{204}Tl , ^{85}Kr , $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$

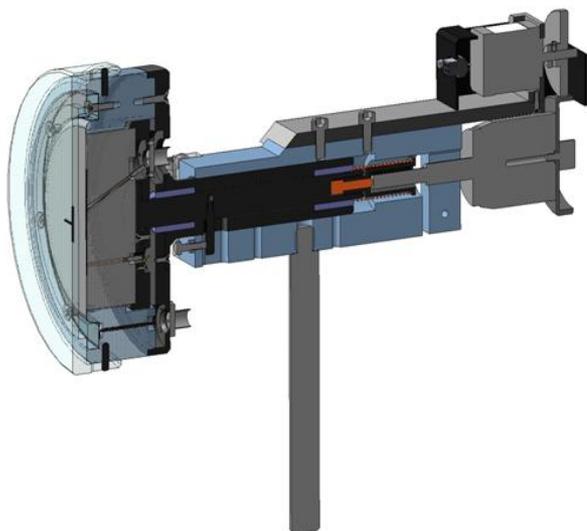
Применение:

В составе Государственного первичного эталона поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы бета-излучения (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)





Автоматизированная экстраполяционная ионизационная камера бета-излучения МЭК-1

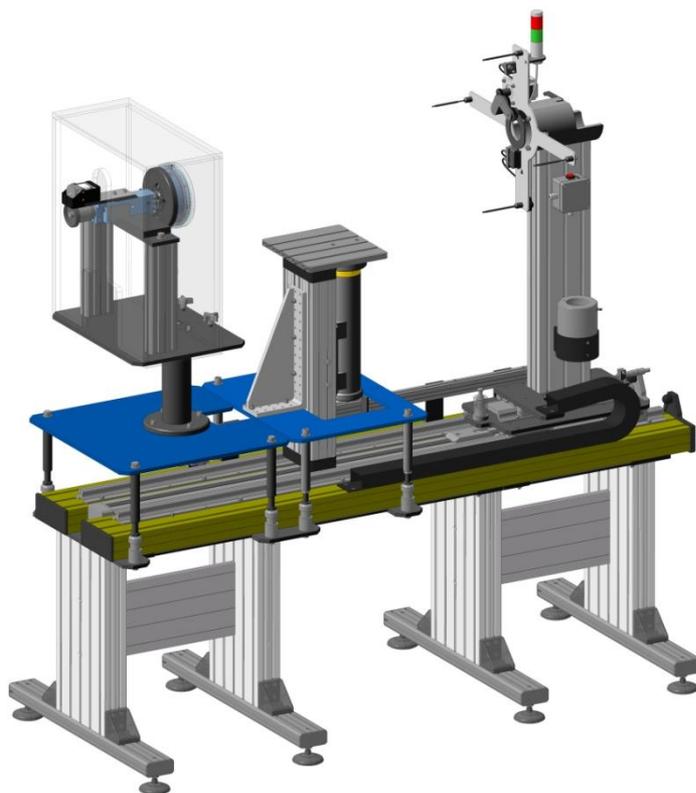


- Высокоточный экстраполяционный метод
 - Входное окно (потенциальный электрод) из пленки майлар (ПЭТ) толщиной $0,7 \text{ мг/см}^2$ с алюминиевым покрытием
 - Подвижный собирающий электрод из ПММА, $\varnothing 30 \text{ мм}$, с графитовым напылением
 - Система прецизионного микрометрического автоматического позиционирования с погрешностью менее 2 мкм на основе ПЛК, шагового двигателя и измерительного щупа HEIDENHAIN
 - ПО, интерфейс управления ЭК с использованием пульта управления и ПК
-
- Комплект дополнительных фильтров тканеэквивалентной толщины от 5 до 300 мг/см^2
 - Глубина экстраполяционной камеры от $0,25$ до $2,5 \text{ мм}$
 - Поляризационное напряжение до $\pm 50 \text{ В}$
 - Напряженность электрического поля 10 В/мм
 - Ток утечки камеры $5 \cdot 10^{-16} \text{ А}$
 - Измерение ионизационного тока камеры с использованием электрометров Keithley 6517B





Стенд эталонной дозиметрической установки бета-излучения



- Воспроизведение единиц поглощенной дозы бета-излучения в ткани с использованием источников БИС-10, БИС-50 ($^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$), БИС-40 (^{147}Pm), КАС.Д3 (^{85}Kr)
- Подвижный блок излучателя в диапазоне расстояний 80-1000 мм
- Система автоматического управления позиционированием с погрешностью ± 50 мкм с использованием датчика линейного перемещения HEIDENHAIN
- Точность установки реперной точки экстраполяционной камеры 0,02 мм; дозиметра $\pm 0,2$ мм

Интегрирование ПО стенда и камеры с программой измерений МПД



Дозиметр эталонный ДКС-АТ5350/1

Универсальный высокоточный широкодиапазонный дозиметр рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ5350/1 предназначен для измерения кермы и мощности кермы в воздухе с основной относительной погрешностью измерения $\pm 3\%$ может быть использован в качестве эталонного для поверки дозиметрических установок.



В комплект поставки дозиметра входит набор ионизационных камер фирмы PTW Freiburg (Германия).

Рекомендован ГОСТ 8.087-2000 для использования при аттестации поверочных установок



Дозиметр эталонный ДКС-АТ5351



Основные технические характеристики

Диапазоны измерения (ток, заряд), А, Кл	$1 \cdot 10^{-16} - 2 \cdot 10^{-6}$ ($1 \cdot 10^{-15} - 1 \cdot 10^{-6}$ в ДКС-АТ5350/1)
Погрешность измерения	0,1 – 0,4 % (0,1 – 0,5 % в ДКС-АТ5350/1)
Диапазон воспроизведения напряжений постоянного тока, В	от 0 до ± 600 (от 0 до ± 500 в ДКС-АТ5350/1)
Интерфейсные функции	RS232, USB, Ethernet (RS232 в ДКС-АТ5350/1)
Дисплей	TFT, 4,3" (480x272 pixel) (графический ЖКИ (240x64 pixel) в ДКС-АТ5350/1)





ATOMTEX[®]

Спасибо за внимание!

Республика Беларусь
220005, Минск, ул. Гикало, 5
Тел./Факс: +375-17-292-81-42

info@atomtex.com

www.atomtex.com



EAC

EN