



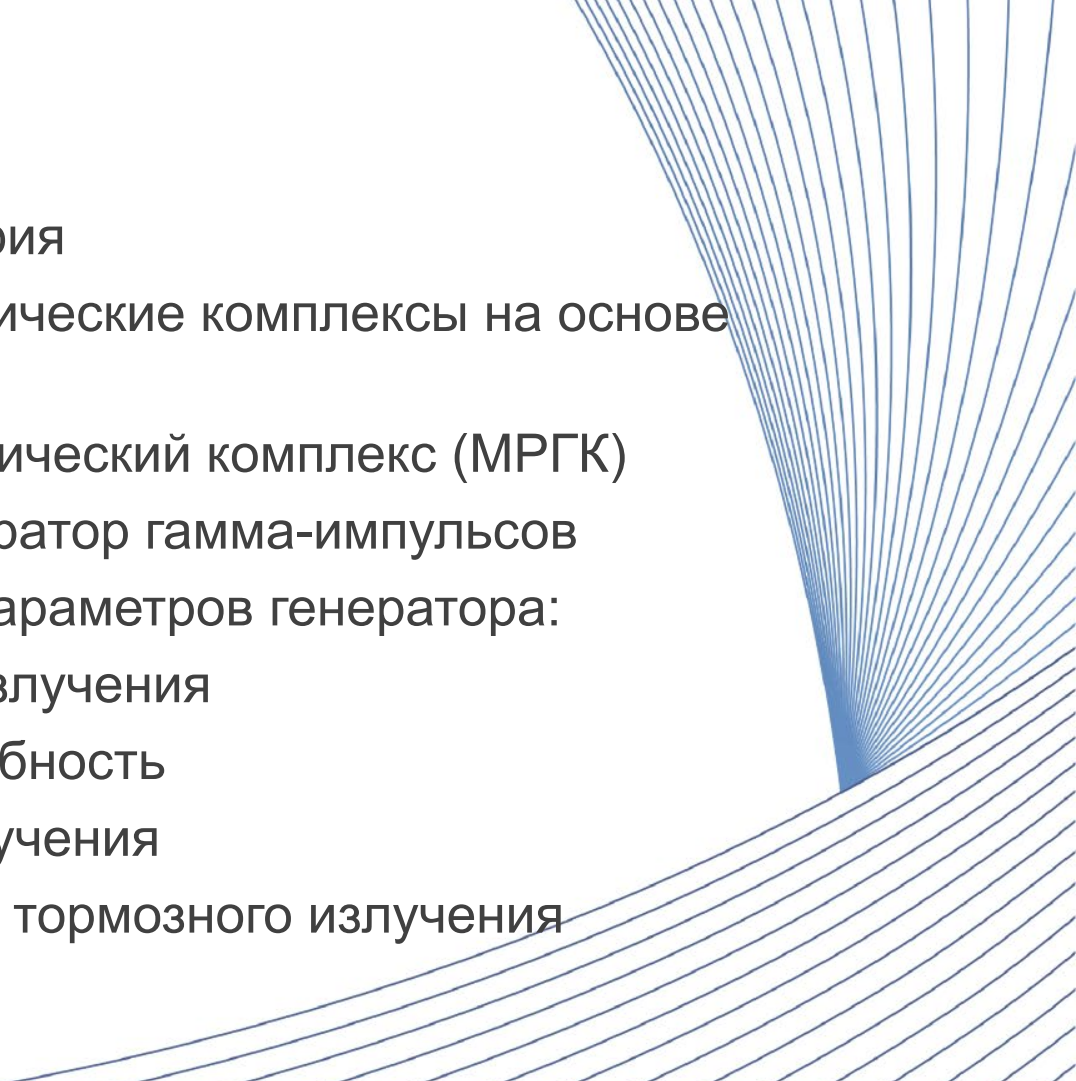
РФЯЦ-ВНИИЭФ
РОСАТОМ

Модернизированный генератор гамма-импульсов на базе бетатрона типа БИМ

Международная конференция
«XXVI Забабахинские научные чтения»
29 мая-02 июня 2023

**Савченко Кирилл Валерьевич, Нижегородцев В.И., Селемир В.Д.,
Фомичёв В.А., Чинин А.А., Шамро О.А.**

Содержание

1. Импульсная рентгенография
 2. Российские рентгенографические комплексы на основе бетатрона
 3. Мобильный рентгенографический комплекс (МРГК)
 4. Модернизированный генератор гамма-импульсов
 5. Определение выходных параметров генератора:
 - Экспозиционная доза излучения
 - Просвечивающая способность
 - Размеры источника излучения
 - Длительность импульса тормозного излучения
 6. Заключение
- 

Импульсная рентгенография

Рентгенография динамических процессов, протекающих в оптически плотных средах, в настоящее время является одним из основных методов исследований при проведении газодинамических экспериментов. Для данного метода необходимы мощные источники импульсного γ -излучения.

Факторы, влияющие на информативность исследований:

- Интенсивность выходного излучения
- Пространственное разрешение источника излучения
- Количество генерируемых импульсов в одном опыте и их длительность
- Воспроизводимость параметров излучателя и др.

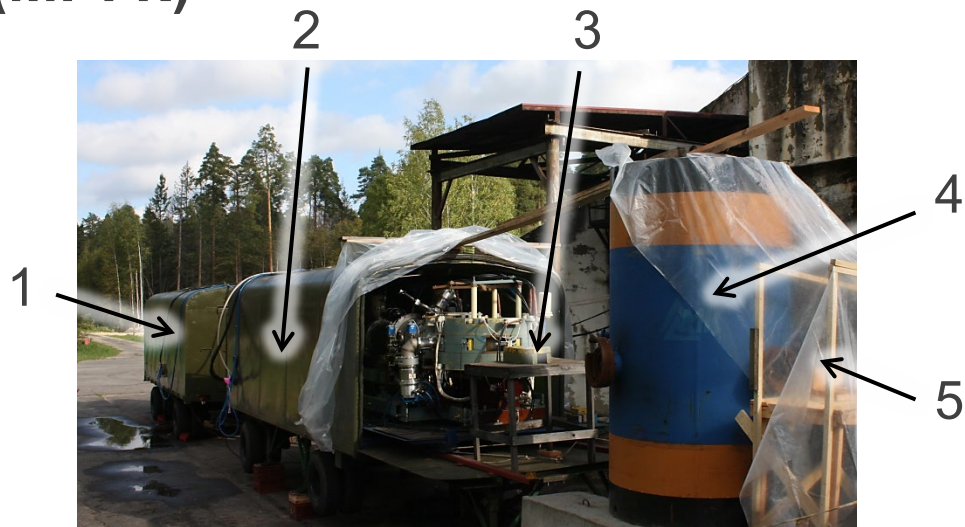
Генераторы излучения, реализованные на базе ускорителей частиц, в зависимости от способа ускорения можно условно разделить на линейные и циклические.

Российские рентгенографические комплексы на основе бетатронов



Параметры	РГКБ	РГКБ-1
Граничная энергия γ -квантов, МэВ	53	65
Экспозиционная доза в импульсе на 1 м, Р	30	35
Длительность импульса в одноимпульсном режиме, нс	120	150
Длительности импульсов в трёхимпульсном режиме, нс	220, 160, 120	250, 180, 150
Размер фокусного пятна, мм ²	2×4	3×6

Мобильный рентгенографический комплекс (МРГК)

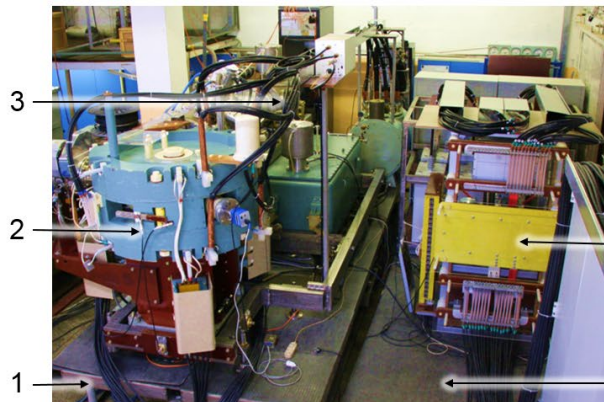


- 1 – модуль импульсного питания электромагнита бетатрона
- 2 – ускорительный модуль
- 3 – система коллимации рентгеновских лучей
- 4 – ВЗК
- 5 – система регистрации теневых изображений

Преимущества МРГК перед стационарными установками:

- Оптимизация геометрии опыта при изменении положения источников излучения и регистраторов относительно объекта исследования, размещенного в ВЗК
- Снижение стоимости рентгенографического комплекса
- Упрощение задачи создания системы защиты окружающей среды в связи с локализацией опасных продуктов взрыва и вызываемой им ударной волны в пределах ВЗК

Модернизированный генератор гамма-импульсов

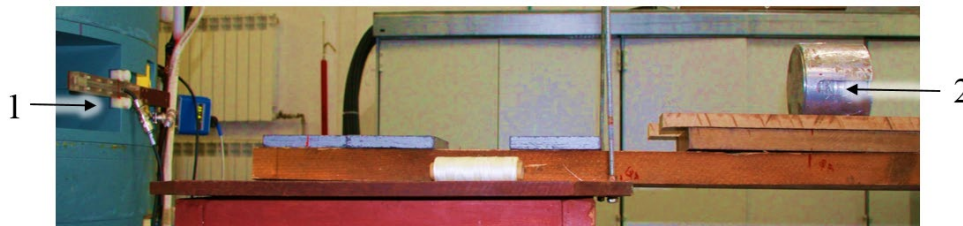
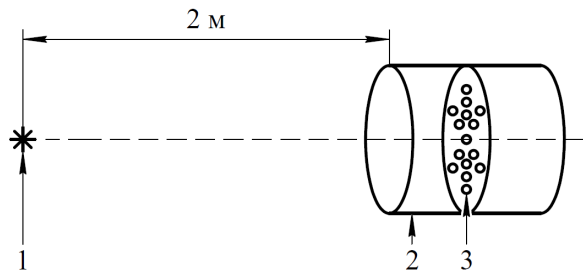


- 1 – юстировочная платформа
- 2 – электромагнит бетатрона
- 3 – инжектор
- 4 – стойка коммутации
- 5 – транспортировочная платформа
- 6 – емкостный накопитель
- 7 – автоматизированная система управления и контроля
- 8 – система высоковольтной синхронизации
- 9 – высоковольтный источник питания

Отличительные особенности генератора гамма-импульсов нового поколения:

- Увеличение емкости накопителя системы импульсного питания с 1,8 мФ до 2,4 мФ
- Использование в двойной формирующей линии (ДФЛ) инжектора трансформаторного масла в качестве диэлектрика (ранее применялось касторовое масло)
- Увеличению интенсивности излучения γ -генератора по сравнению с ранее разработанным в четыре раза
- Улучшение эксплуатационных возможностей излучателя и его надежности

Определение экспозиционной дозы излучения



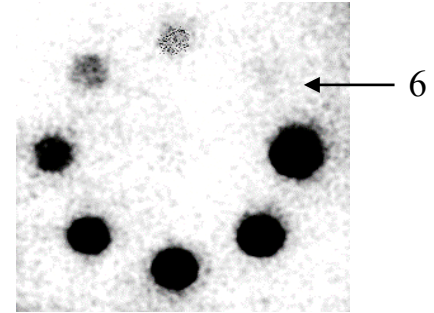
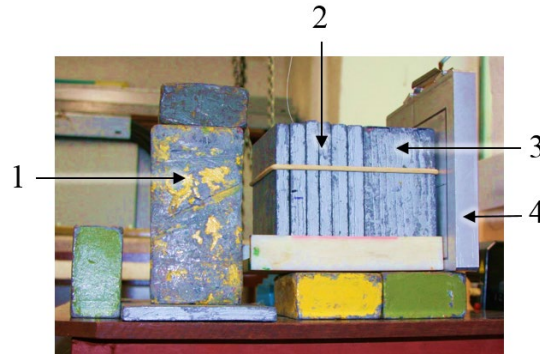
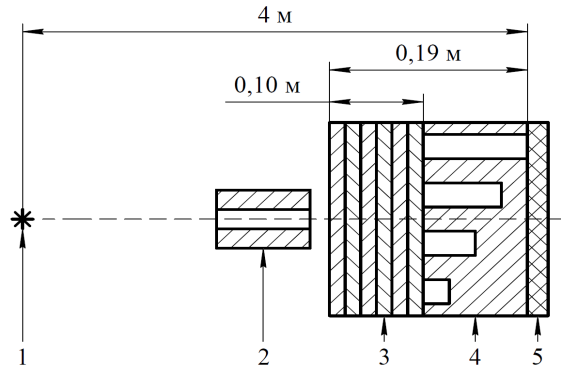
1 – источник излучения, 2 – алюминиевая сборка, 3 – алюминиевый диск с отверстиями для размещения датчиков ИС-7

Порядок определения экспозиционной дозы:

1. Измерение поглощенной дозы в веществе с помощью дозиметра ИКС-А, где в качестве датчиков используются алюмофосфатные стекла ИС-7, помещенные в алюминиевую сборку
2. Пересчет поглощенной дозы в экспозиционную с учетом характеристик вещества и спектрального состава излучения

Экспозиционная доза на расстоянии 1 м от мишени в одноимпульсном режиме при граничной энергии электронного пучка $E_{гр} \approx 70$ МэВ составляет 30 Р.

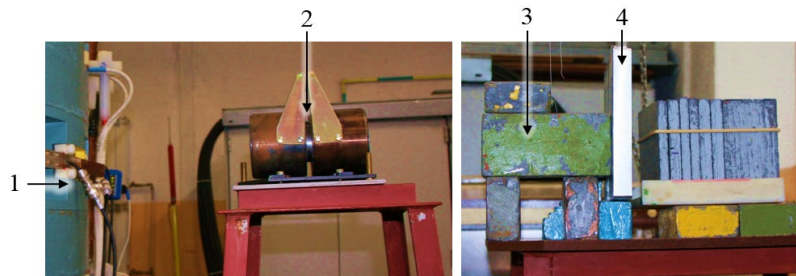
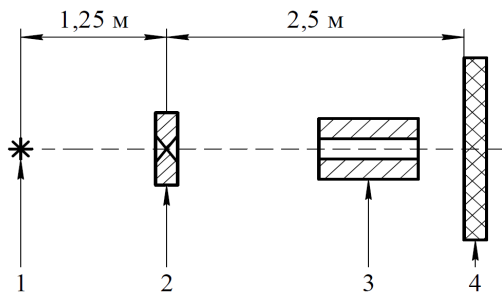
Определение просвечивающей способности



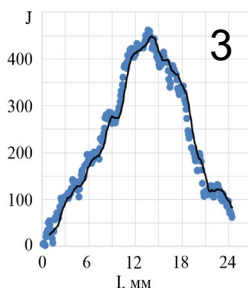
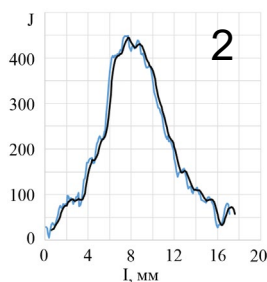
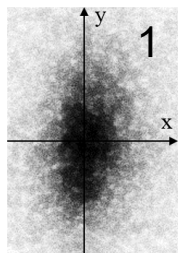
Эксперимент по определению просвечивающей способности генератора гамма-импульсов:
1 – источник излучения, 2 – система коллимации рентгеновских лучей, 3 – свинцовые пластины, 4 – свинцовый тест-объект, 5 – регистрирующая кассета, 6 – рентгенограмма

Максимальная толщина просвеченного вместе с пластинами тест-объекта на расстоянии 4 м от танталовой мишени бетатрона составила 160 мм.

Определение размеров источника излучения



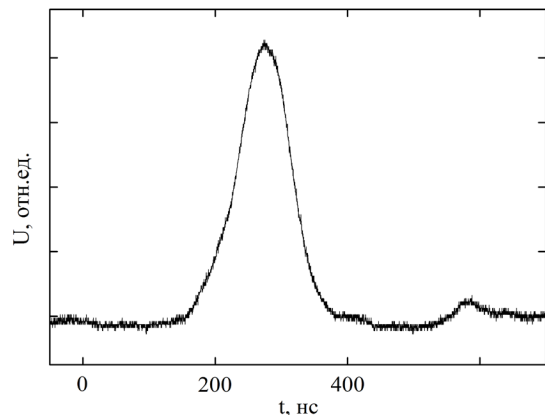
Эксперимент по определению размеров источника рентгеновского излучения: 1 – источник излучения, 2 – камера-обскура, 3 – система коллимации рентгеновских лучей, 4 – регистрирующая кассета.



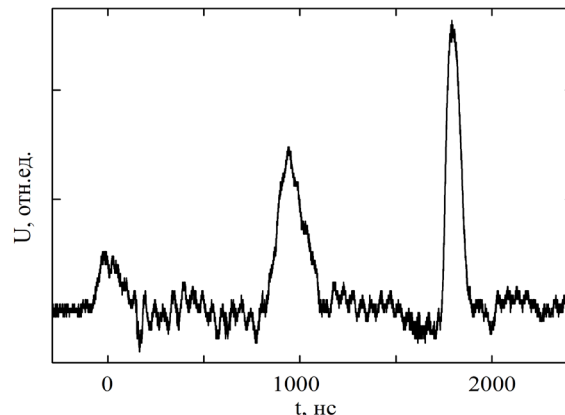
1 – рентгенограмма источника излучения
2 - плотность почернения изображения вдоль горизонтальной оси
3 - плотность почернения изображения вдоль вертикальной оси

В геометрии тестовых включений размеры источника излучения составляют 2×4 мм при размерах танталовой мишени 4×4 мм.

Определение длительности импульса тормозного излучения



Одноимпульсный режим



Трехимпульсный режим

Определенное по осциллограммам значение длительности выходного γ -импульса в одноимпульсном режиме на полувысоте составляет ≈ 100 нс, в трехимпульсном режиме – 200 нс, 150 нс, 120 нс соответственно.

Заключение

В результате четырехлетней опытно-конструкторской работы был спроектирован, изготовлен и испытан модернизированный генератор γ -излучения на базе бетатрона типа БИМ. Проведенные государственные испытания подтвердили соответствие выходных параметров установки техническому заданию.

Выходной параметр генератора гамма-излучения нового поколения	Значение
Граничная энергия электронного пучка, МэВ	70
Просвечивающая способность на расстоянии 4 м от мишени, мм (свинец)	160
Экспозиционная доза излучения в воздухе на расстоянии 1 м от мишени, Р	30
Размер фокусного пятна, мм	2×4
Длительность импульса тормозного излучения в одноимпульсном режиме, нс	100
Длительность импульса тормозного излучения в трёхимпульсном режиме, нс	200, 150, 120

Разработанный генератор является базовой установкой многолучевого рентгенографического комплекса для малоракурсной томографии динамических объектов с большими оптическими толщинами.

Спасибо за внимание

Савченко Кирилл Валерьевич
Научный сотрудник

Тел.: 8 (83130) 27688
E-mail: OAShamro@vniief.ru

01.06.2023

