



**Разработка и
производство
двухкоординатного
сцинтилляционного
позиционно – чувствительного
нейтронного детектора**

ООО «РадиаТех»

Компания осуществляет полный цикл создания диагностического оборудования для регистрации и анализа радиационного излучения – рентгеновского, гамма, протонного, нейтронного и прочего, – под любые задачи и требования Заказчика, разрабатывает методики и оказывает различного рода услуги и консультации в области неразрушающего контроля.



Цель проекта

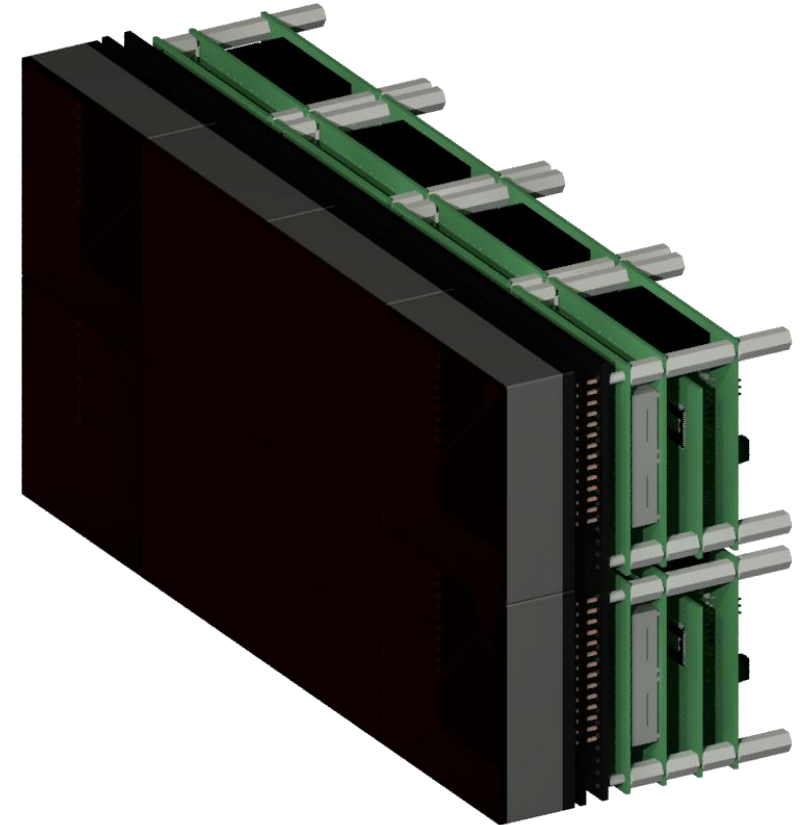
Основные задачи проекта:

- Разработка и производство высокотехнологичных сцинтилляционных нейтронных детекторов, в том числе и позиционно-чувствительных (ПЧД) для исследовательских нейтронных реакторов
 - Обеспечение нейтронных исследовательских станций сцинтилляционными детекторами российского производства
 - Дать возможность российским ученым, используя современные сцинтилляционные детекторы, проводить эксперименты по нейтронной физике мирового уровня
 - Реализация распоряжений и указаний Президента Российской Федерации и постановлений Правительства Российской Федерации по импортозамещению в высокотехнологичной и научной сферах
-

Прототип нейтронного ПЧД

Конечным продуктом является сцинтилляционный
двукоординатный нейтронный ПЧД с характеристиками:

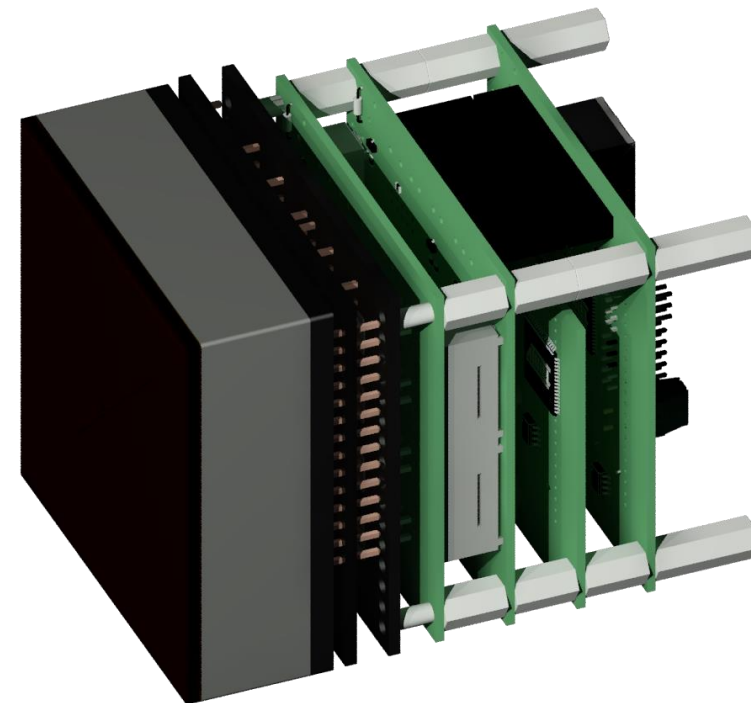
- Разрешающая способность – $1,5 \times 1,5 \text{ мм}^2$
- Чувствительная область – $100 \times 200 \text{ мм}^2$
- Интегральная скорость счета – не хуже $5 \times 10^4 \text{ с}^{-1}$
- Локальная скорость счета на 1 пиксель – не хуже 10^3 с^{-1}
- Интегральный фон – не более $0,6 \text{ с}^{-1}$ (10^{-4} на 1 пиксель)
- Вес детектора вместе с защитой от гамма и нейтронного излучения – 100 кг



Преимущества сцинтилляционного детектора

Сцинтилляционные детекторы имеют преимущества по сравнению с газонаполненными:

- Высокое пространственное разрешение: в зависимости от длины волны нейтронов и толщины литиевого стекла возможно добиться разрешения до $1 \times 1 \text{ мм}^2$, что невозможно осуществить с помощью газовых детекторов
- Возможность создания детектора любой площади путем увеличения количества модулей фотоумножителей
- Независимость характеристик системы от времени – отсутствие необходимости перекалибровки детектора
- Возможность изменения геометрии детектора – она зависит от расположения фотоумножителей и их формы
- Отсутствие He^3 , высокого давления и высокого напряжения



Основные этапы производства

Для изготовления двухкоординатного нейтронного детектора необходимо выполнить следующие шаги:

1. Создание сцинтилляционного покрытия
 2. Подбор и приобретение фотоумножителей
 3. Разработка и изготовление электронных компонентов для считывания информации с фотоумножителей
 4. Изготовление несущей конструкции детектора и радиационной защиты
 5. Разработка программного обеспечения детектора
 6. Проверка работоспособности детектора на источниках рентгеновского излучения
 7. Испытание системы на действующих исследовательских реакторах
-

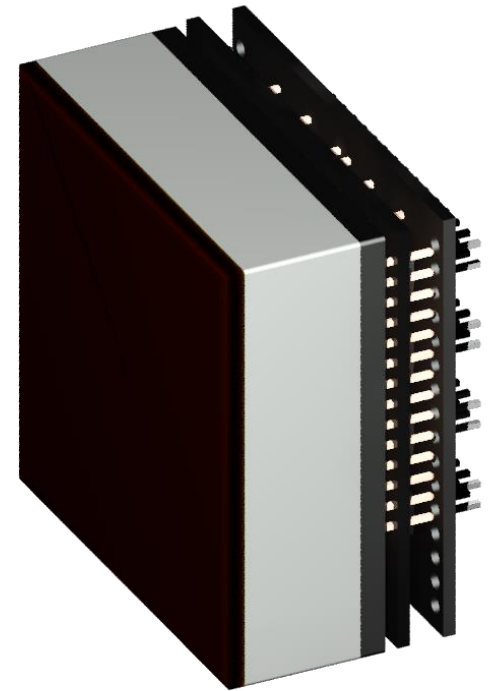
1. Создание сцинтилляционного покрытия

В качестве сцинтиллятора в представленном прототипе детектора используется литиевое стекло Li6 толщиной 1 мм. Сцинтиллятор инициирует вспышку света при попадании на него нейтрона. Для улучшения сбора света верхняя часть сцинтиллятора покрыта белой отражающей краской на основе оксида титана. Сцинтиллятор оптически связан с прозрачным стеклом толщиной 3,5 мм, в котором распространяется световой конус. Главная задача стекла состоит в том, чтобы обеспечить расширение светового конуса для засветки большего количества фотоэлектронных умножителей (ФЭУ), что обеспечивает улучшение пространственного разрешения.

2. Подбор и закупка фотоумножителей

Активная зона детектора используется для преобразования светового конуса от сцинтиллятора в электрический сигнал. Для обеспечения активной зоны детектора $100 \times 200 \text{ мм}^2$ необходимо 8 модулей ФЭУ со следующими характеристиками:

- Размер активной зоны модуля – $50 \times 50 \text{ мм}^2$
- Количество ФЭУ в одном модуле – 64 шт.
- Площадь одного ФЭУ – $6 \times 6 \text{ мм}^2$
- Значение усиления ФЭУ – $1,5 \times 10^6 \pm 50\%$.

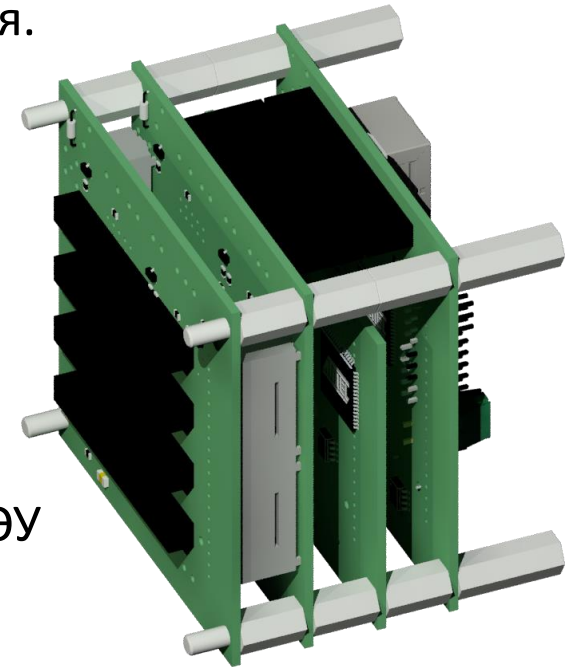


3. Разработка и изготовление электронных компонент для считывания информации

Для считывания информации с модуля ФЭУ необходима соответствующая электроника. Для данного прототипа детектора разработана электроника считывания. Каждый из 64 каналов фотоумножителя подключен к своему предусилителю, усилителю, АЦП и пороговому дискриминатору. Сигнал с ФЭУ, превысивший порог дискриминатора, преобразовывается в цифровой и передается на компьютер для дальнейшей обработки и определения положения нейтрона с помощью специализированного программного обеспечения.

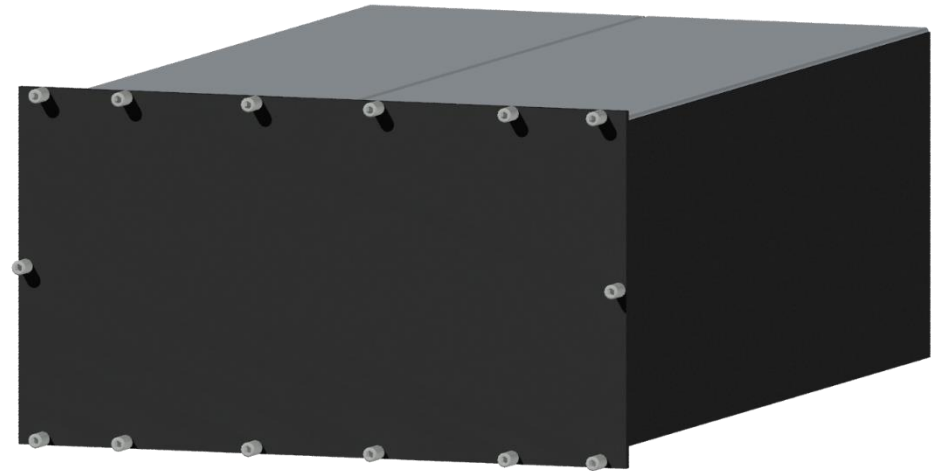
Характеристики электроники:

- Возможность работы в счетном и энергетическом режиме
- Скорость считывания – до 200 000 п/с
- Динамический диапазон – -80 пкКл
- Разрешающая энергетическая способность – 14 бит
- Площадь электроники считывания не превышает площадь модуля ФЭУ



4. Изготовление несущей конструкции детектора и радиационной защиты

Для размещения фотоумножителей и электроники создается несущая конструкция детектора таким образом, чтобы внутри не мог попасть свет. Кроме того, для обеспечения условий предельно низкого фона, уменьшения чувствительности регистрирующей системы к быстрым нейтронам и гамма квантам, а также подавления электронных шумов до соответствующих уровней детектор со всех сторон имеет радиационную защиту, состоящую из специальной комбинированной гамма и нейтронной защиты, специально разработанной ООО «РадиаТех».



5. Разработка программного обеспечения

Для считывания данных с детекторного модуля и определения точки взаимодействия нейтрона со сцинтиллятором разработано программное обеспечение. Положение нейтрона определяется аппроксимацией полученных точечных значений функцией Гаусса. Этот подход позволяет получить координаты зарегистрированного нейтрона с точностью до 1 мм. Данный программный продукт позволяет использовать нейтронные детекторы на любой операционной системе или может быть встроен в существующее программное окружение.

6. Проверка работоспособности детектора на источниках рентгеновского излучения

После полной сборки детектора проводится тестирование с помощью источника рентгеновского излучения. В этих испытаниях проверяется работоспособность электроники и программного обеспечения, настраиваются пороги, проверяется качество оптических элементов (сцинтиллятора, стекла, оптических контактов) и измеряется максимальная скорость счета. При выявлении несоответствий происходит их устранение.

7. Испытание системы на действующих исследовательских реакторах

Конечным этапом создания сцинтилляционного нейтронного детектора является его испытание на действующем исследовательском реакторе. Проверяется чувствительность детектора к нейтронам и гамма-квантам. Определяется качество радиационной защиты. Проводятся тестовые измерения и окончательная настройка детектора.

Стоимость разработки и производства сцинтилляционного нейтронного ПЧД

Стоимость одного модуля нейтронного ПЧД размером 50×50 мм² и пространственным разрешением $1,5 \times 1,5$ мм² составляет приблизительно 2 млн рублей, включая НДС. Стоимость может варьироваться от количества модулей и геометрии ПЧД.

