

# **Моделирование Dimtu радиатора в рамках разработки модели GaAs- полупроводникового детектора**

Студент группы А18-101 Доронин С. А.

Научный руководитель:

к.ф.-м.н., профессор

Романюк А. С.

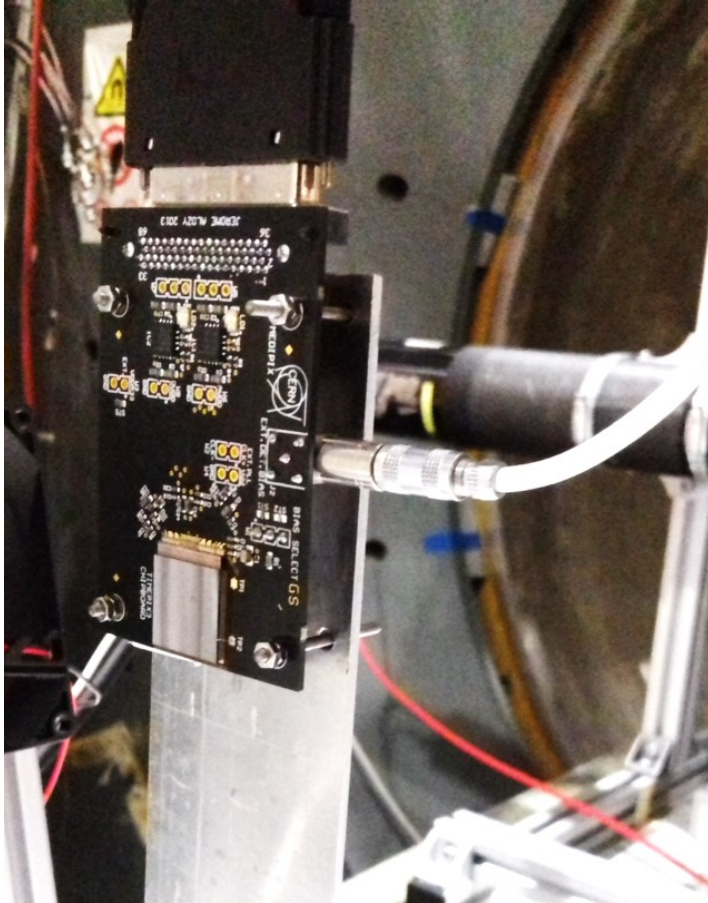
## Цель работы:

Работа за второе полугодие 3<sup>его</sup> курса аспирантуры посвящена добавлению модели димту радиатора в программу моделирования GaAs-полупроводникового детектора.

В рамках данной работы нужно было разработать концепцию генерации димту фотонов на основе полученных экспериментальных данных, учитывающую различные физические процессы, протекающие как в радиаторе, так и в самом детекторе.

Данная работа позволит создать итоговую модель GaAs-полупроводникового детектора, на основании которой можно будет восстанавливать полученные экспериментальные данные, а также осуществить подбор необходимых параметров радиаторов для создания итоговой концепции разрабатываемых в рамках диссертации детекторов.

# Тестирование прототипа GaAs-полупроводникового детектора



В 2018 году группа ATLAS НИЯУ МИФИ проводила тестирование прототипа детектора переходного излучения (Рисунок 1). Работа выполнялась в Европейской организации по ядерным исследованиям (ЦЕРН). Было проведено испытание прототипа GaAs-полупроводникового детектора на пучках частиц.

Рисунок 1 — Прототип полупроводникового детектора с 500 мкм GaAs сенсором

# Моделируемая экспериментальная установка

## GaAs detector setup

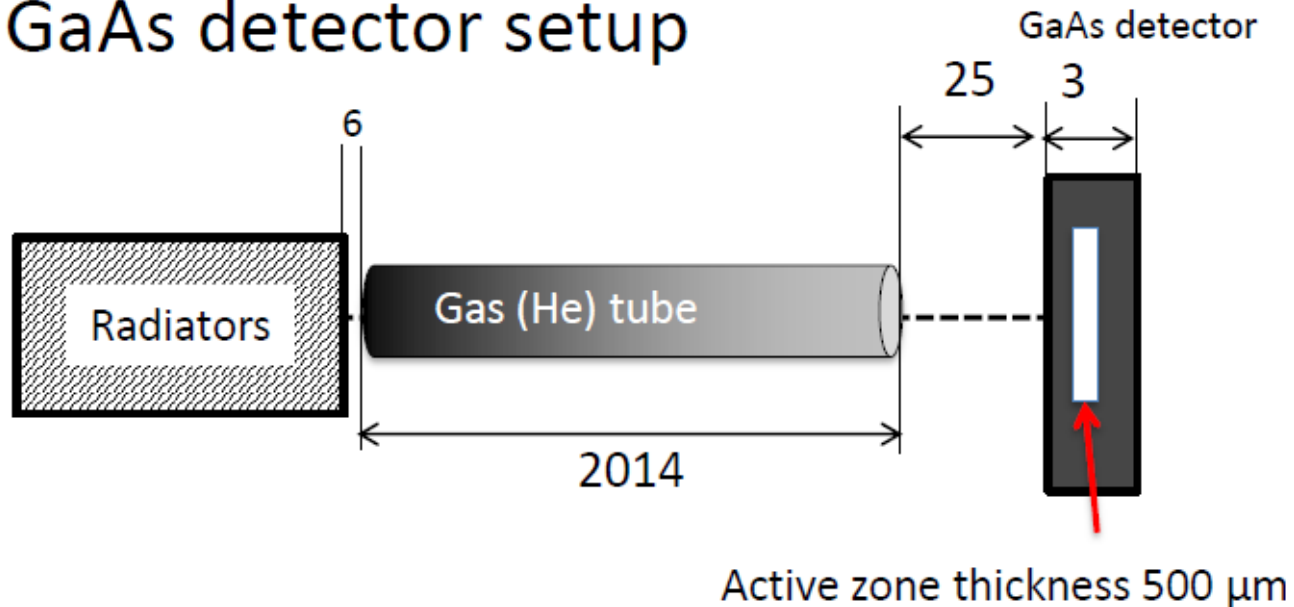


Рисунок 2 — Экспериментальная установка

### Моделируемая конфигурация:

- 50 мкм фольга из майлара
- Зазор: 3 мм
- Число фольг: 90
- Длина трубы с гелием: 2014 мм
- 20 ГэВ электроны
- Данные и моделирование (с dummy)

### Параметры симуляции:

- Слой никеля: 1μm
- Толщина чипа GaAs: 500μm
- Мёртвый слой GaAs: 3μm
- Шумы электроники: 426 eV
- Энергетическое разрешение чипа: 4.2keV
- Параметр диффузии: 0.014

# Рассматриваемые подходы для *dimtu* фотонов

В данной работе рассматривались три поэтапных способа по добавлению фотонных *dimtu* кластеров:

- Моделирование образующихся *dimtu* фотонов на основе зарегистрированного двумерного энергетически-углового распределения с имеющейся малой статистикой событий.
- Моделирование образующихся *dimtu* фотонов с помощью введения эффективности регистрации по энергии и фитирования зарегистрированных угловых и энергетических спектров, с целью увеличения статистики событий.
- Моделирование образующихся *dimtu* фотонов с помощью введения двумерной эффективности регистрации по энергии и углу (на основе равномерного распределения), а также добавления автоматизированного алгоритма фитирования зарегистрированных одномерных спектров, с целью увеличения статистики событий.

# Первый подход

В данной концепции моделирование dimmy фотонов осуществлялось посредством их генерации на основе зарегистрированного (в эксперименте) двумерного энергетически-углового распределения (Рисунок 3) с имеющейся малой статистикой (около 3000 событий).

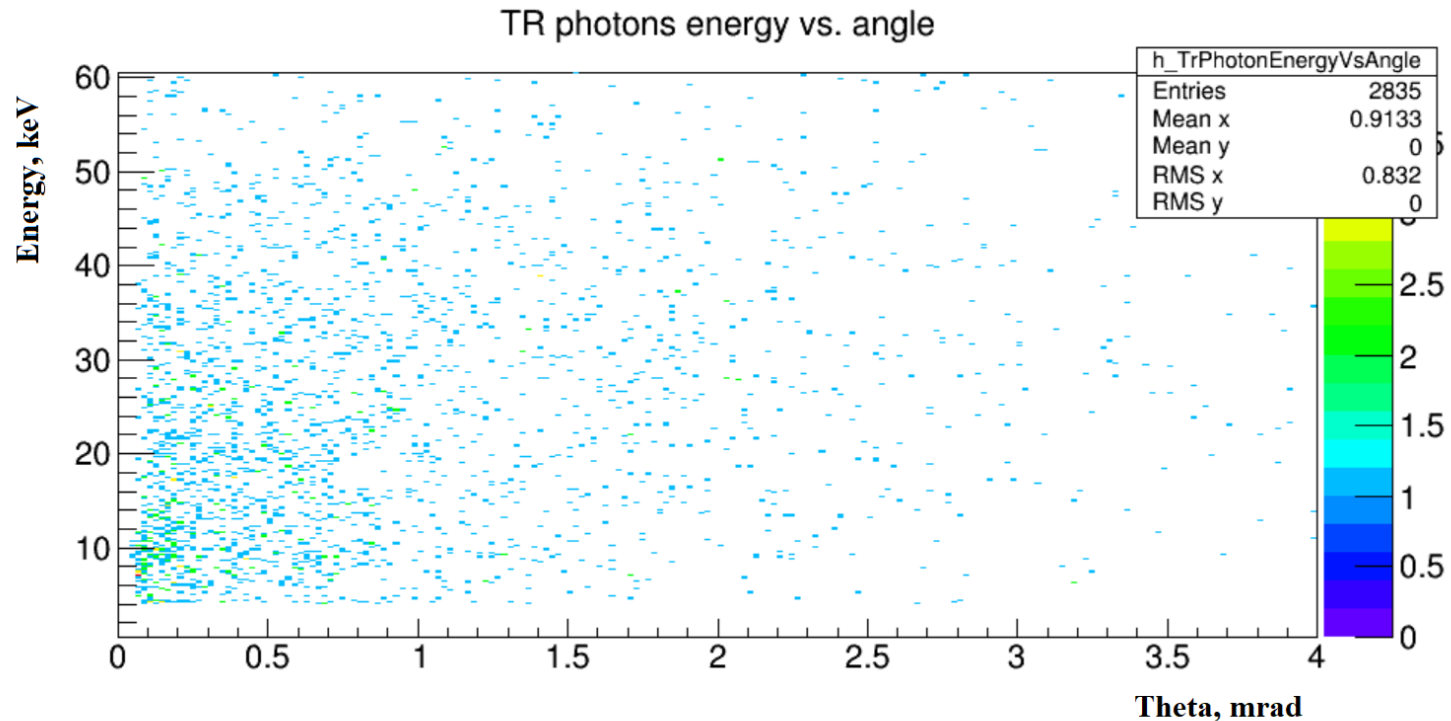


Рисунок 3 — Зарегистрированное двумерное энергетически-угловое распределение dimmy фотонов

# Полученные результаты

В результате данного добавления, были получены угловые спектры для двух диапазонов энергий,  $\omega < 10$  кэВ и  $\omega > 10$  кэВ (Рисунок 4), а также энергетический спектр (Рисунок 5).

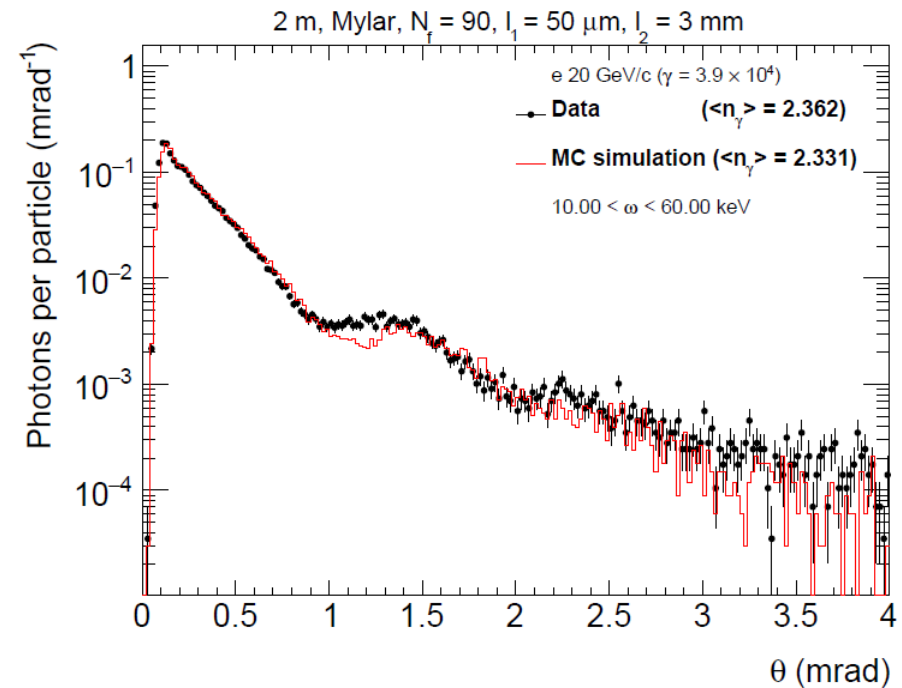
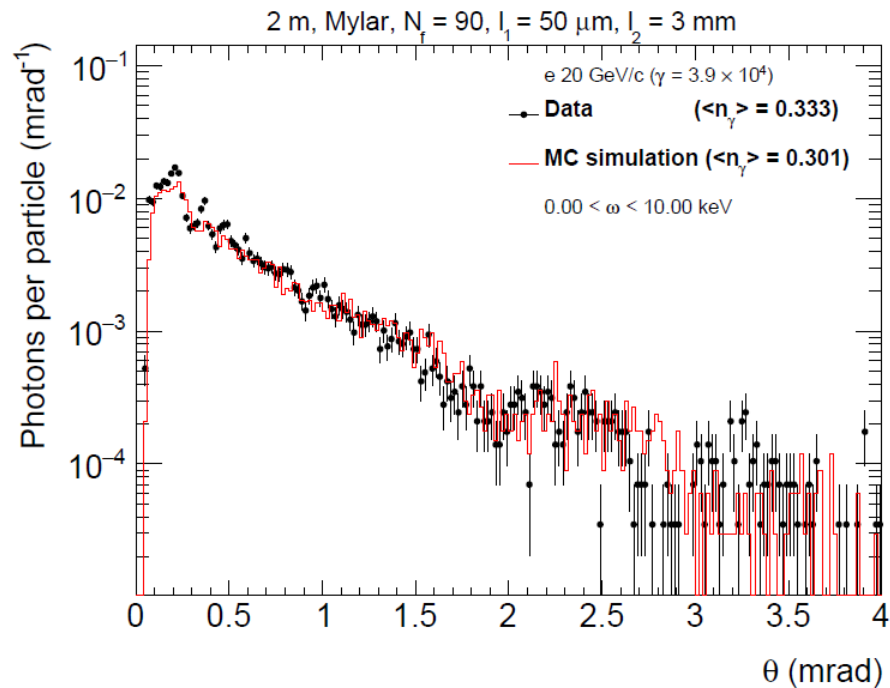


Рисунок 4 — Сравнение зарегистрированного углового спектра для экспериментальных данных и моделирования (dummys и фотоны переходного излучения,  $\omega < 10$  кэВ и  $\omega > 10$  кэВ)

# Полученные результаты

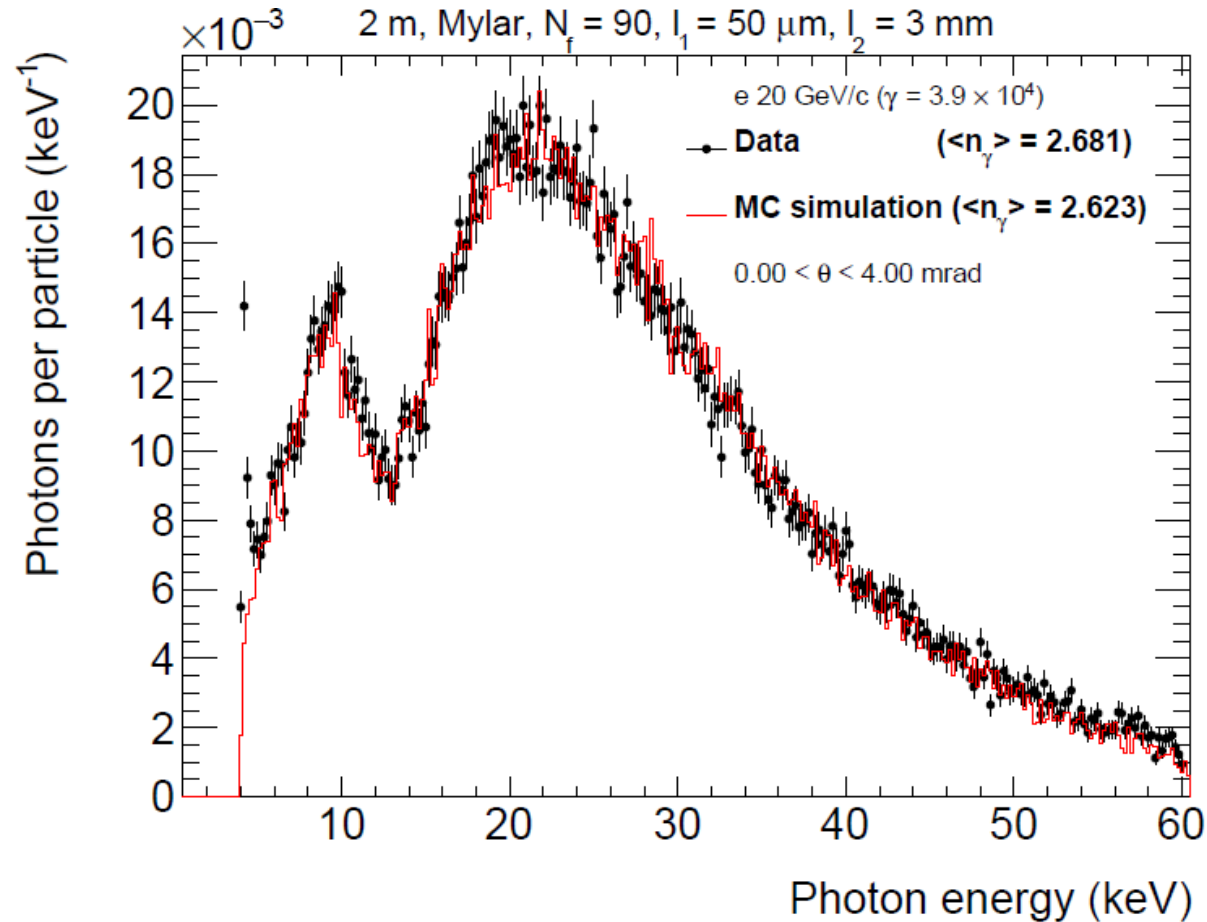


Рисунок 5 — Сравнение зарегистрированного энергетического спектра для экспериментальных данных и моделирования (dumtu и фотоны переходного излучения,  $0 < \Theta < 4 \text{ мрад}$ )



## Второй подход

В данной концепции моделирование dummy фотонов осуществлялось посредством введения эффективности регистрации детектора по энергии (восстановление падающего спектра), а также на основе использования фитирующих функций для экспериментальных данных.

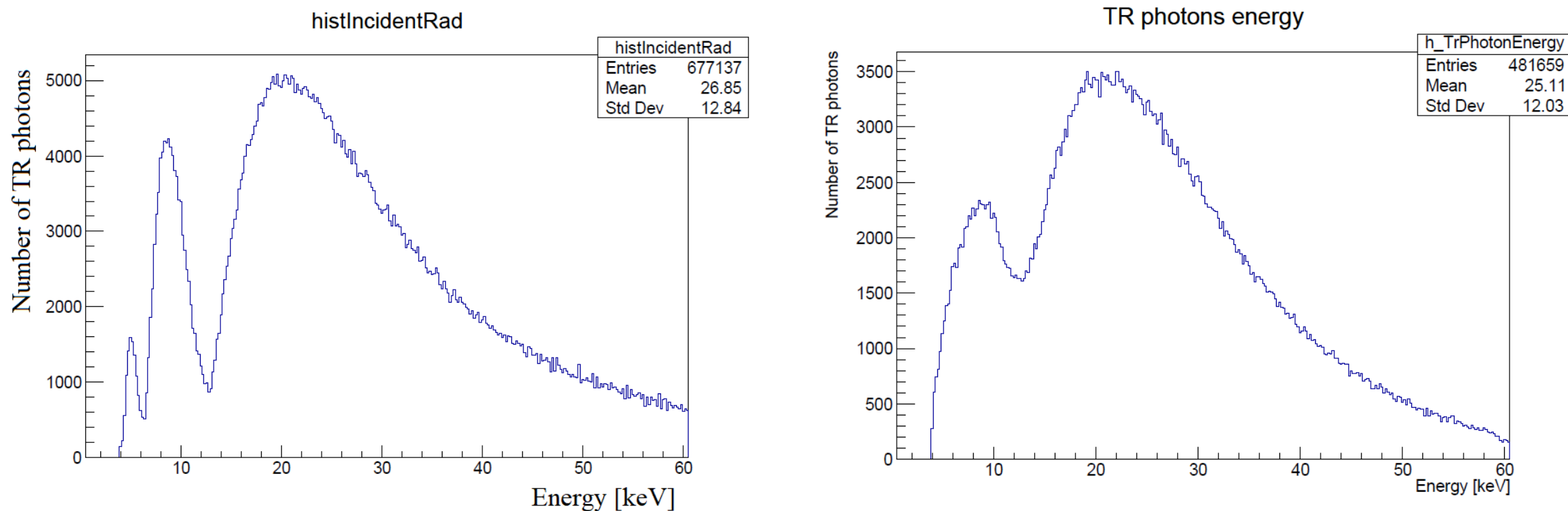


Рисунок 6 — Падающий (слева) и зарегистрированный (справа) энергетические спектры для фотонов переходного излучения

# Эффективность регистрации

Полученная, как отношение падающего спектра к зарегистрированному, эффективность регистрации приведена на рисунке 7.

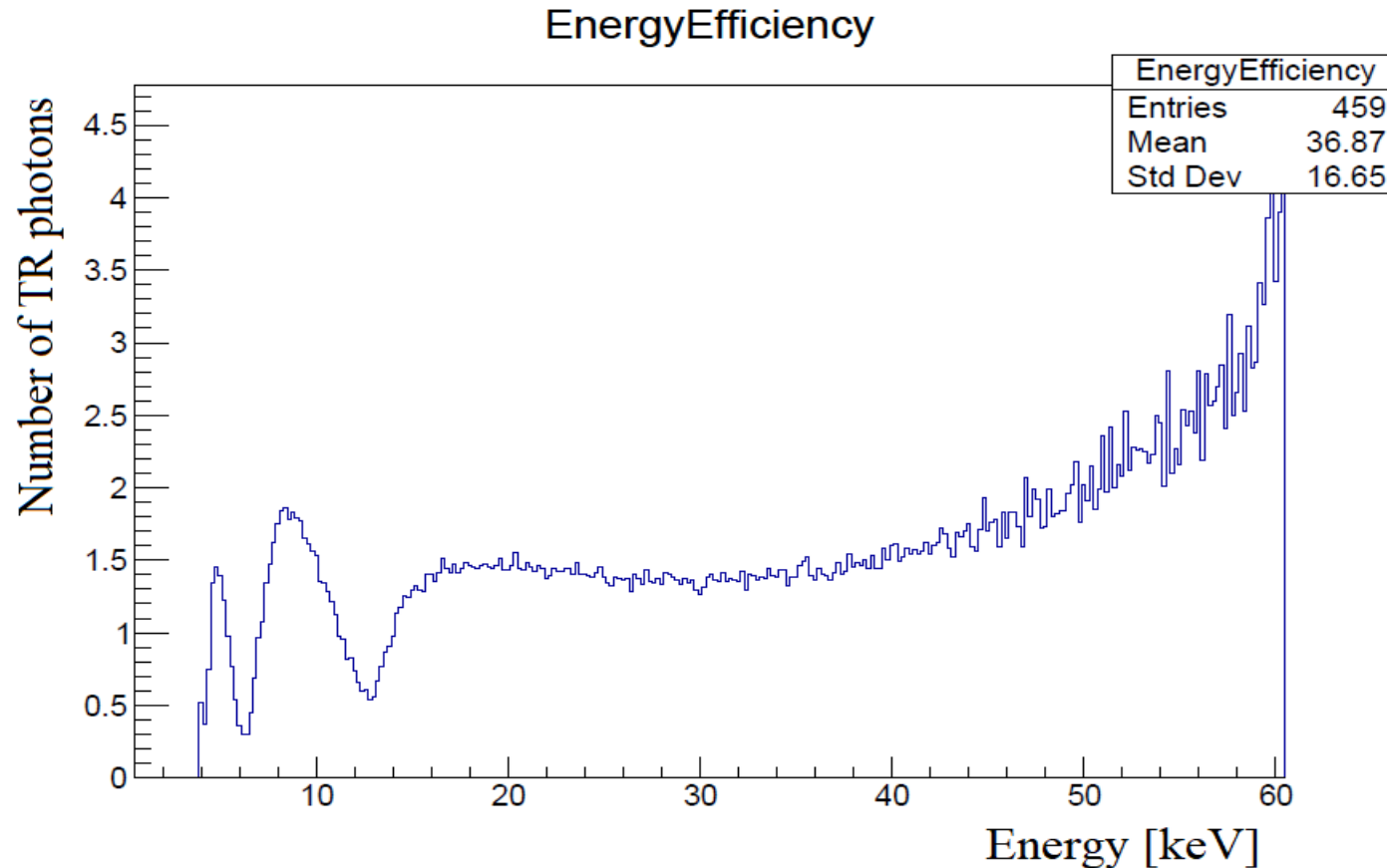


Рисунок 7 — Эффективность регистрации по энергии детектора переходного излучения (GaAs)

# Фитирование по энергии

Было проведено фитирование имеющегося зарегистрированного энергетического спектра на малой статистике, а затем, по полученной фитирующей функции, заполнялась гистограмма для большего числа событий – 200 тысяч (Рисунок 8).

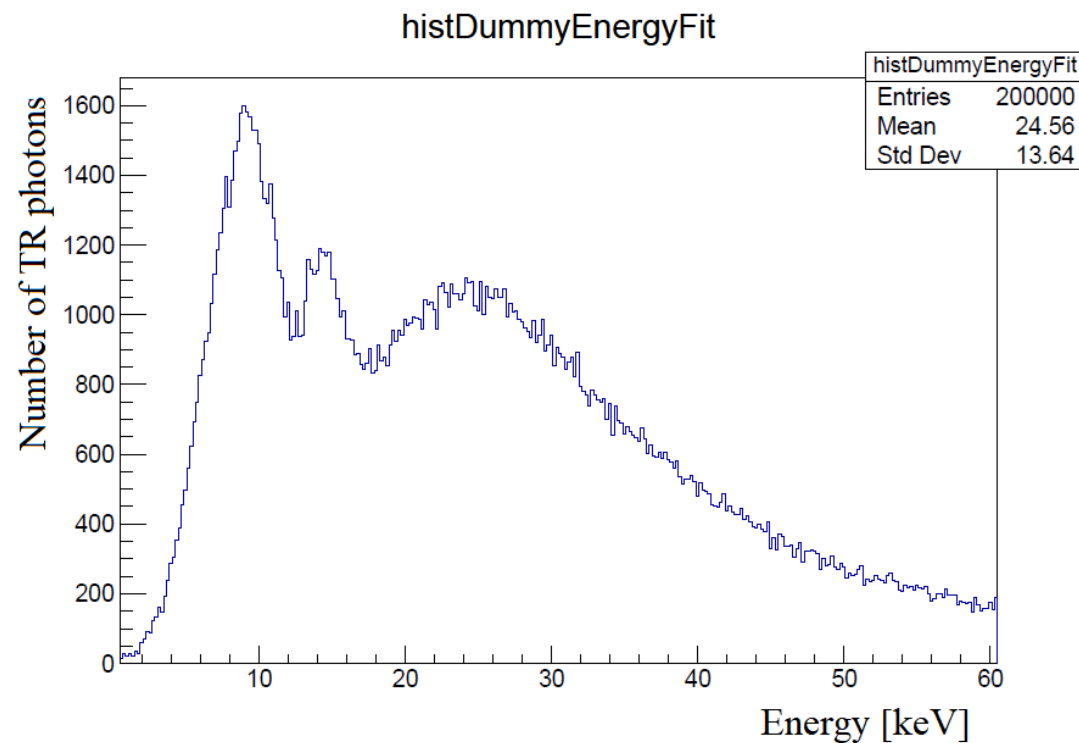
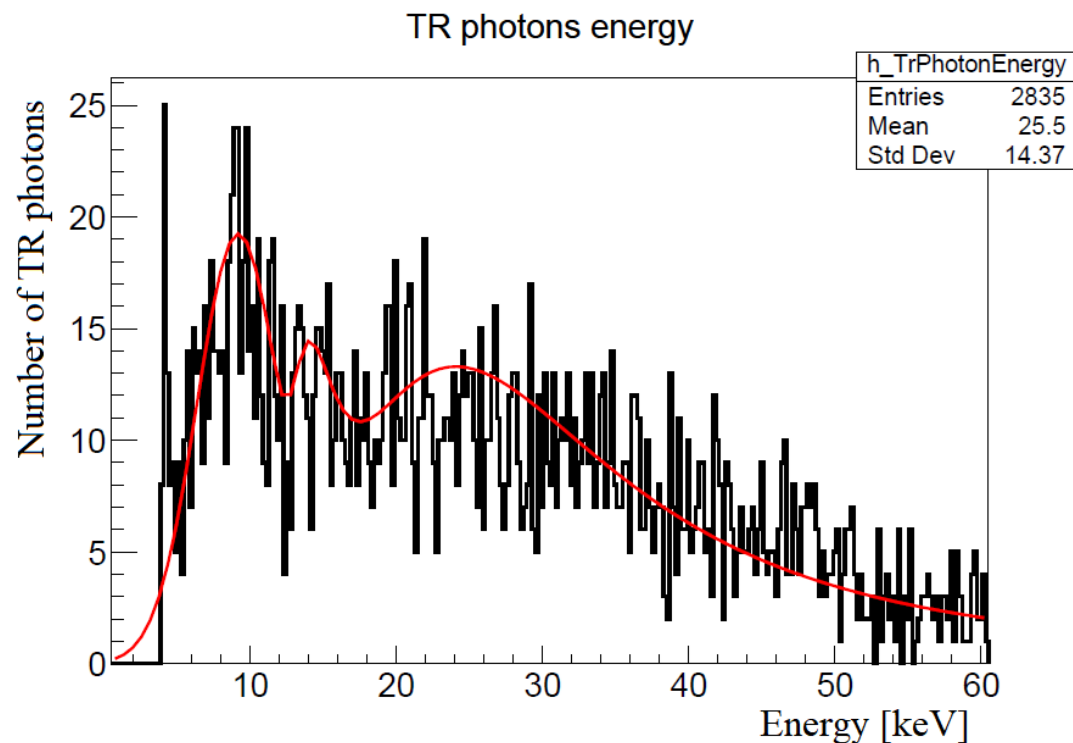


Рисунок 8 — Фитированный зарегистрированный энергетический спектр (слева) и зарегистрированный энергетический спектр на большой статистике (справа), dummy фотоны

# Падающий спектр, dummy фотоны

Посредством перемножения эффективности регистрации и зарегистрированного энергетического спектра на большой статистике, был получен падающий спектр на большой статистике для dummy фотонов (Рисунок 9).

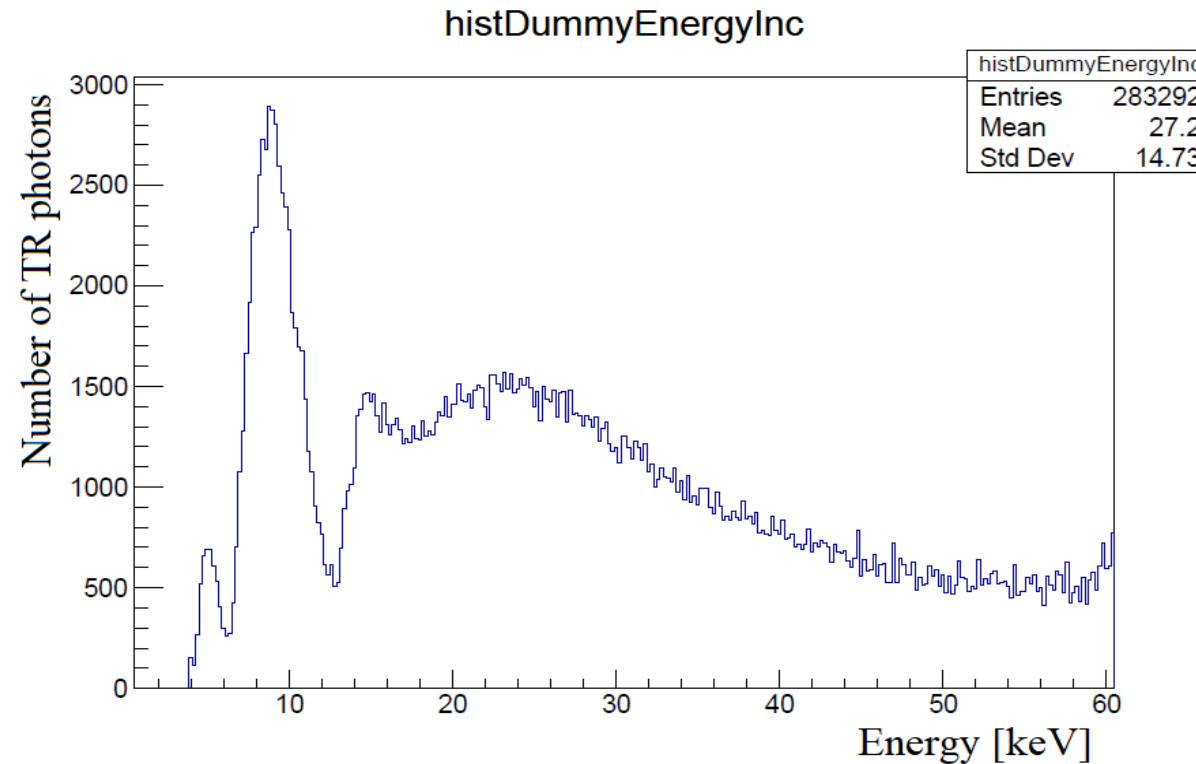


Рисунок 9 — Падающий энергетический спектр на большой статистике, dummy фотоны

# Фитирование по углу

Было проведено фитирование имеющихся зарегистрированных угловых спектров на малой статистике ( $\omega < 13$  кэВ и  $\omega > 13$  кэВ), а затем, по полученным фитирующим функциям, заполнялись гистограммы для большего числа событий – 200 тысяч (Рисунок 10 и 11).

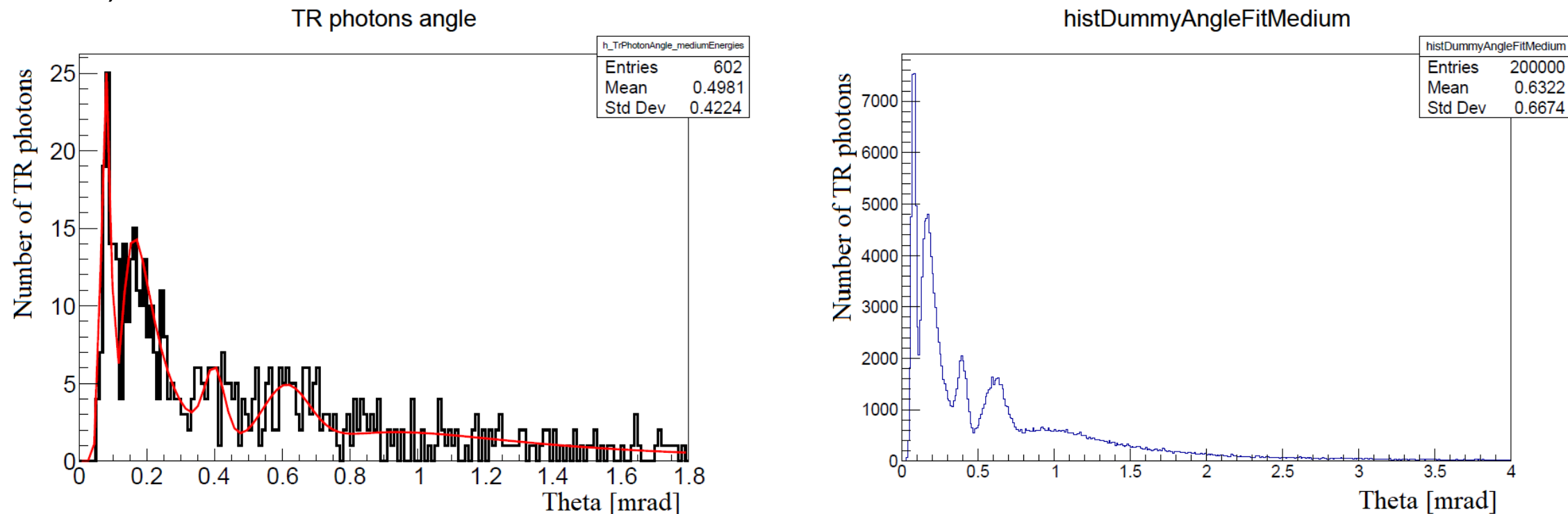


Рисунок 10 — Фитированный зарегистрированный угловой спектр,  $\omega < 13$  кэВ, (слева) и зарегистрированный угловой спектр на большой статистике (справа), dummy фотоны

# Фитирование по углу

Было проведено фитирование имеющихся зарегистрированных угловых спектров на малой статистике ( $\omega < 13$  кэВ и  $\omega > 13$  кэВ), а затем, по полученным фитирующим функциям, заполнялись гистограммы для большего числа событий – 200 тысяч (Рисунок 9 и 10).

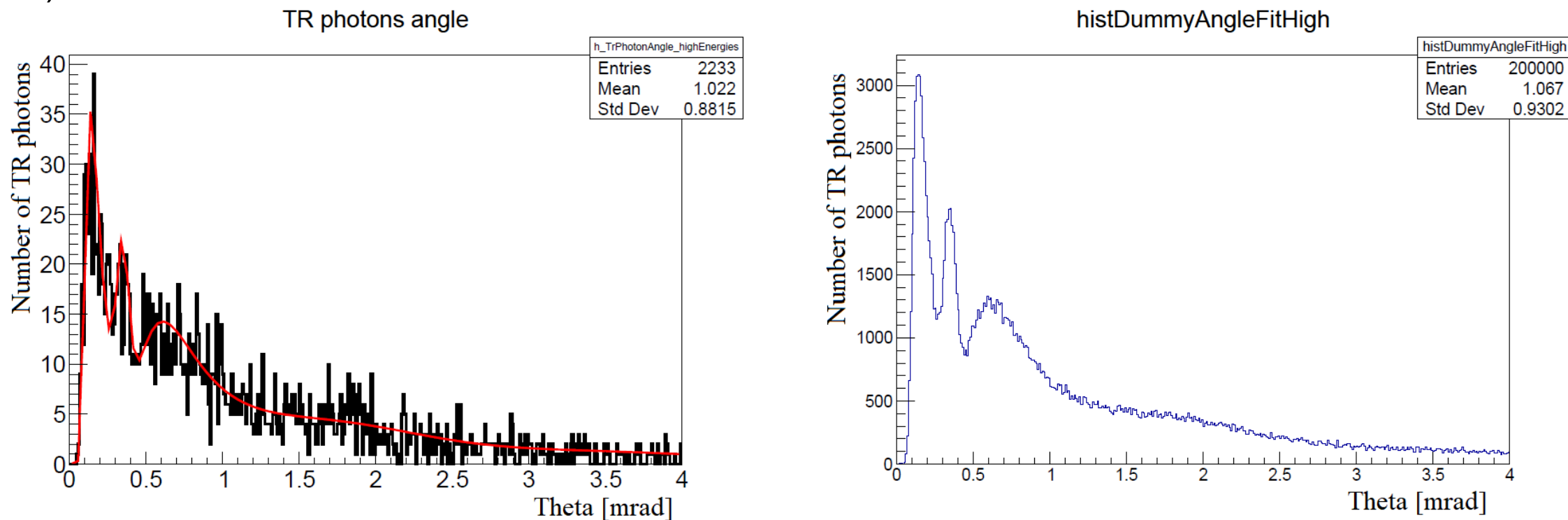


Рисунок 11 — Фитированный зарегистрированный угловой спектр,  $\omega > 13$  кэВ, (слева) и зарегистрированный угловой спектр на большой статистике (справа), dummy фотоны

# Полученные результаты

В результате данного добавления, были получены угловые спектры для двух диапазонов энергий,  $\omega < 10$  кэВ и  $\omega > 10$  кэВ (Рисунок 12), а также энергетический спектр (Рисунок 13).

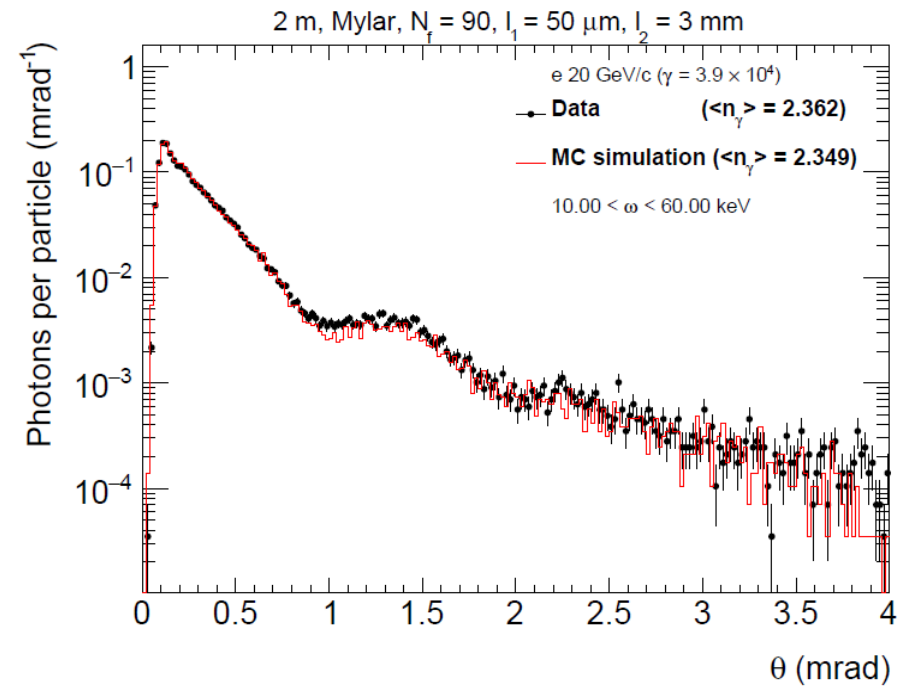
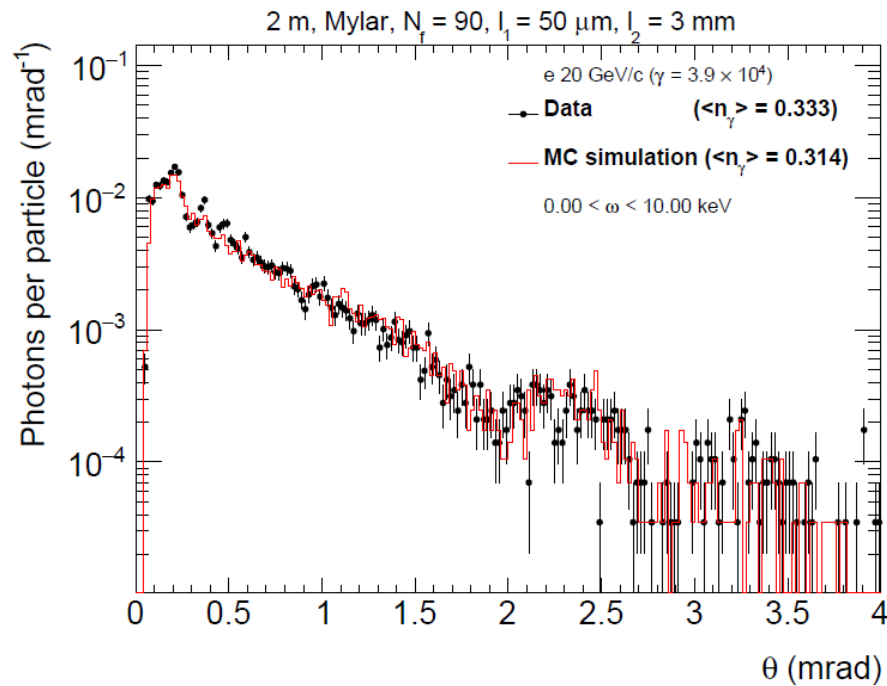


Рисунок 12 — Сравнение зарегистрированного углового спектра для экспериментальных данных и моделирования (дипты и фотоны переходного излучения,  $\omega < 10$  кэВ и  $\omega > 10$  кэВ)

# Полученные результаты

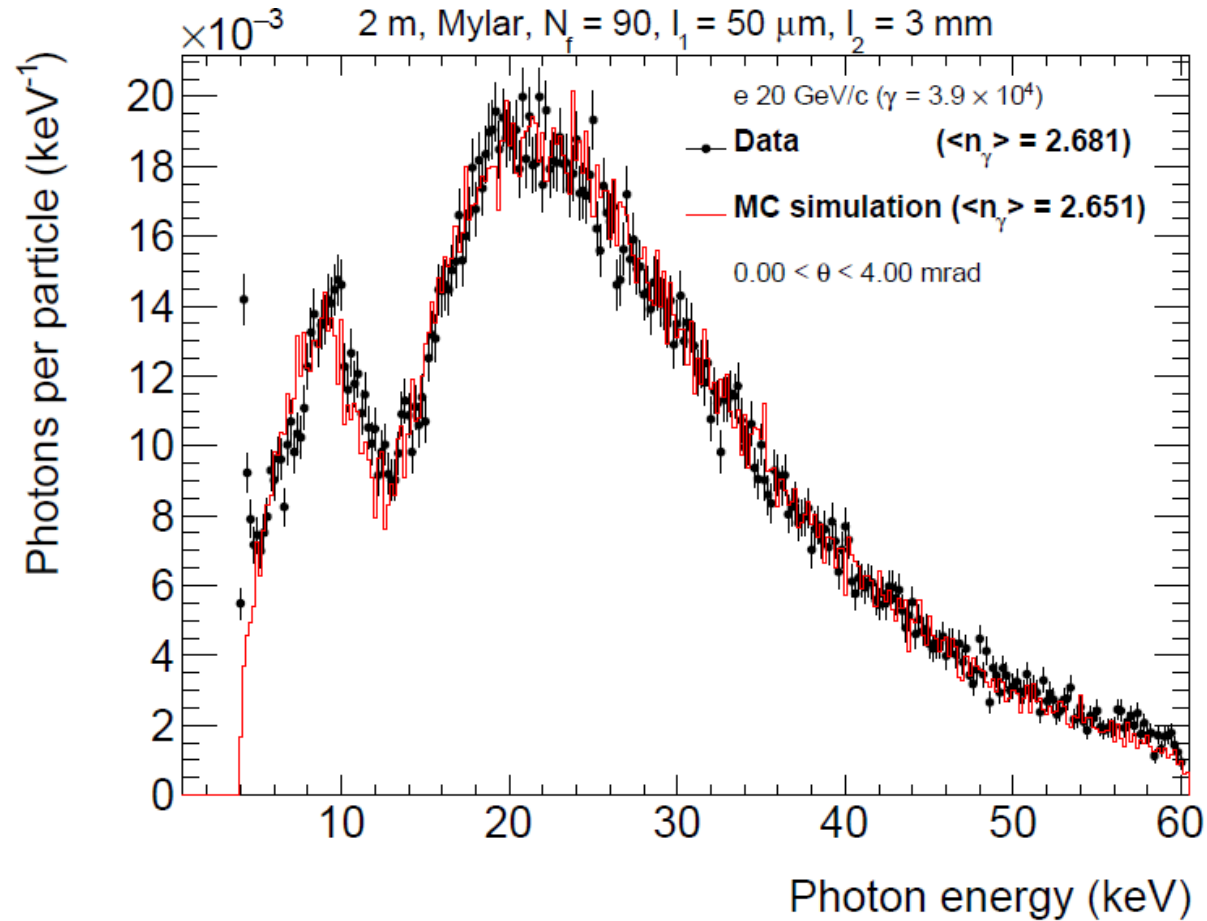


Рисунок 13 — Сравнение зарегистрированного энергетического спектра для экспериментальных данных и моделирования (dumtu и фотоны переходного излучения,  $0 < \Theta < 4 \text{ мрад}$ )



## Третий подход

В данной концепции моделирование димуту фотонов осуществлялось посредством введения двумерной эффективности регистрации по энергии и углу (на основе равномерного распределения — Рисунок 14). Далее, с целью автоматизации процесса фитирования зарегистрированных одномерных спектров, в программу будет добавлен специальный алгоритм (для увеличения статистики событий, было проверено во втором подходе).

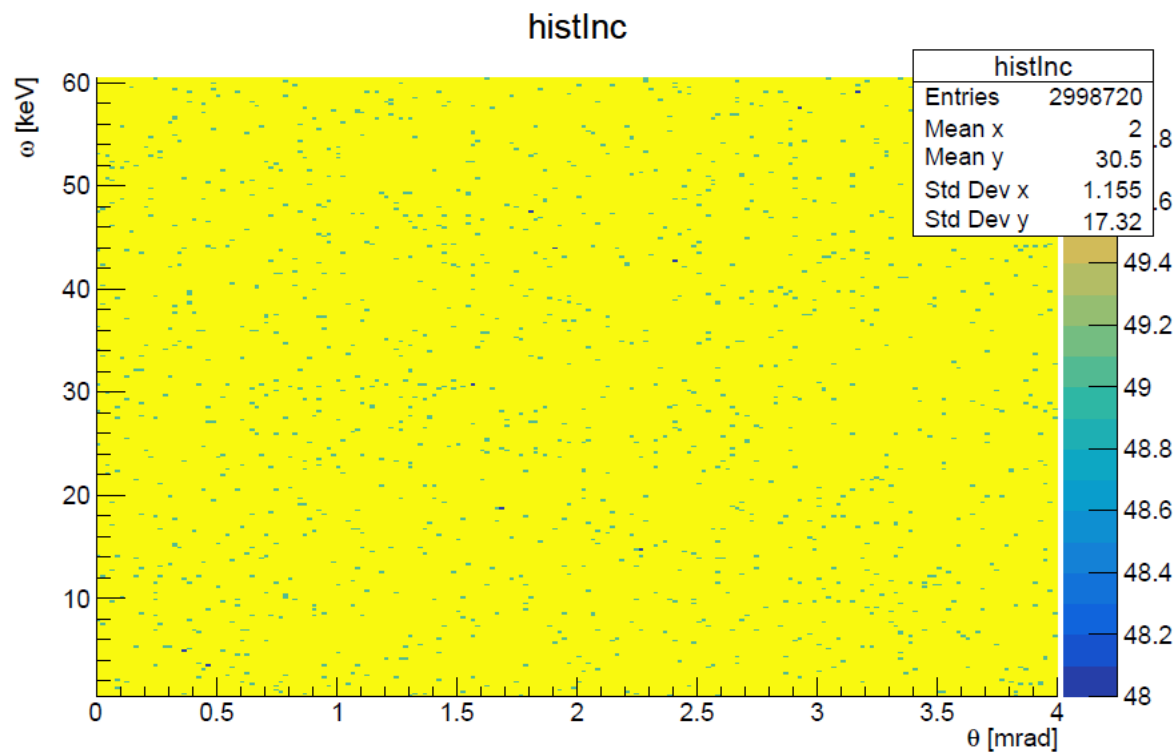


Рисунок 14 — Двумерный равномерный спектр на большой статистике

# Зарегистрированный двумерный спектр и эффективность регистрации

На основе полученного двумерного равномерного распределения, были построены двумерный зарегистрированный спектр и двумерная эффективность регистрации (Рисунок 15).

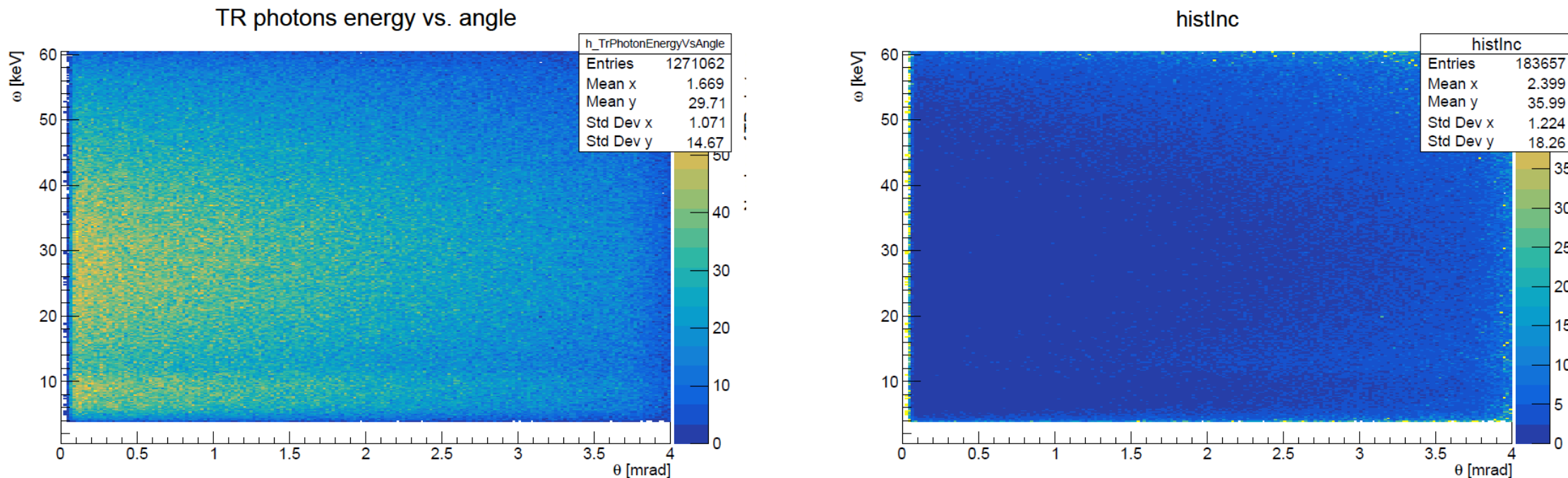


Рисунок 15 — Зарегистрированный двумерный спектр на большой статистике (слева) и двумерная эффективность (по углу и энергии) на большой статистике (справа).

# Заключение

Работа по диссертации во втором полугодии 3<sup>его</sup> курса аспирантуры была посвящена добавлению генерации dummy фотонов в программу моделирования GaAs-полупроводникового детектора, сравнению проведённых расчётов с полученными экспериментальными данными.

В данной работе рассматривались три поэтапных способа по добавлению фотонных dummy кластеров:

- Моделирование образующихся dummy фотонов на основе зарегистрированного двумерного энергетически-углового распределения с имеющейся малой статистикой событий.
- Моделирование образующихся dummy фотонов с помощью введения эффективности регистрации по энергии и фитирования зарегистрированных угловых и энергетических спектров, с целью увеличения статистики событий.
- Моделирование образующихся dummy фотонов с помощью введения двумерной эффективности регистрации по энергии и углу (на основе равномерного распределения), а также добавления автоматизированного алгоритма фитирования зарегистрированных одномерных спектров, с целью увеличения статистики событий.

В результате полного рассмотрения первых двух подходов было установлено, что согласование полученных экспериментальных данных и моделирования становится лучше, при добавлении dummy фотонов в программу моделирования на основе введения эффективности регистрации детектора, а также увеличения статистики набранных в ходе эксперимента событий. Результатом полного рассмотрения третьего подхода станет разработка итоговой концепции включения dummy фотонов в программу моделирования GaAs-полупроводникового детектора.

**Спасибо за внимание!**