

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

УДК 539.12.01

ОТЧЕТ
О ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

**РАСЧЁТ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
СПЕКТРОМЕТРА РЕАКТОРНЫХ АНТИНЕЙТРИНО
В ПАКЕТЕ МОНТЕ-КАРЛО GEANT4**

Студент

_____ Н. Г. Монаков

Москва 2024

Содержание

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Конструкция спектрометра | 3 |
| 2 | Функция отклика детектора (e⁻) | 4 |
| 2.1 | Додекаэдр | 4 |
| 2.2 | Икосаэдр | 6 |
| 3 | Функция отклика детектора (e⁺) | 8 |
| 3.1 | Додекаэдр | 8 |
| 3.2 | Икосаэдр | 10 |

1 Конструкция спектрометра

В качестве детектора антинейтрино от ядерного реактора используется сцинтиллятор на основе линейного алкилбензола (ЛАБ) с сцинтилляционной добавкой РРО (3 г/л) и солью гадолиния с концентрацией гадолиния в сцинтилляторе 0.5 грамм/литр. Антинейтрино регистрируются в реакции обратного бета распада антинейтрино на протоне (водороде в составе ЛАБ). Сцинтиллятор объемом 1 м^3 размещается в сферическом сосуде из полиметилметакрилата (ПММА) с толщиной стенок 10 мм. Сфера со сцинтиллятором расположена в центре цилиндрического бака из нержавеющей стали с внутренними размерами: диаметр=высоте=1858 мм (толщина стали 2 мм), заполненного линейным алкилбензолом (ЛАБ) без сцинтилляционных добавок. Внутри бака по вершинам правильного многоугольника (додекаэдра либо икосаэдра) расположены фотоэлектронные умножители (ФЭУ) марки Hamamatsu R5912. Световыход сцинтиллятора — 5000 фотонов/МэВ, прозрачность сцинтиллятора 5 метров, прозрачность ЛАБ 12 метров, квантовая эффективность ФЭУ 28%.

Конструкции детекторов с различным расположением ФЭУ приведены на рисунках ниже

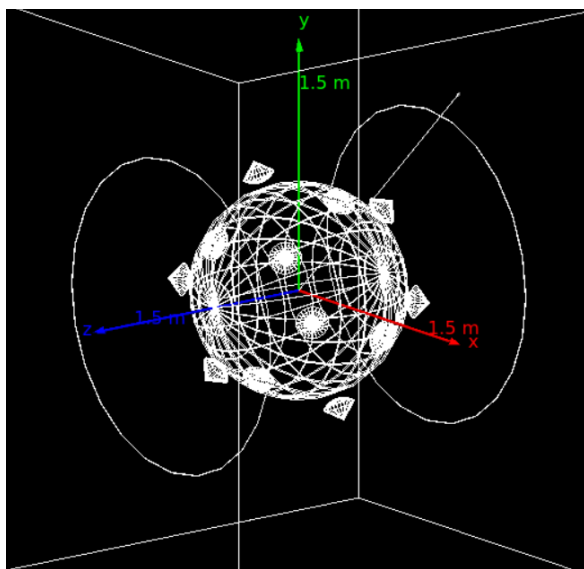


Рисунок 1 — Икосаэдр

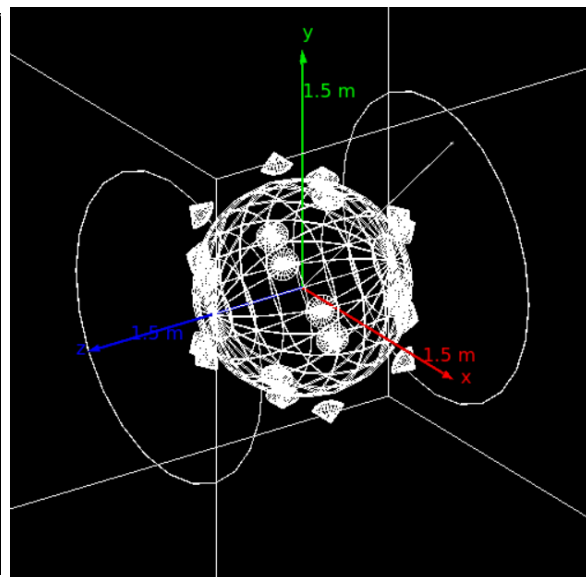


Рисунок 2 — Додекаэдр

2 Функция отклика детектора (e-)

2.1 Додекаэдр

Была рассчитана функция отклика детектора при регистрации электронов с энергией 1 Мэв в зависимости от координаты регистрации и функция отклика при равномерной регистрации электронов в объеме сцинтиллятора. Для сбора статистики проводилось несколько Run'ов с суммарным количеством event'ов около 1.2 миллиона, для анализа использовалась среда для статистического анализа R-studio.

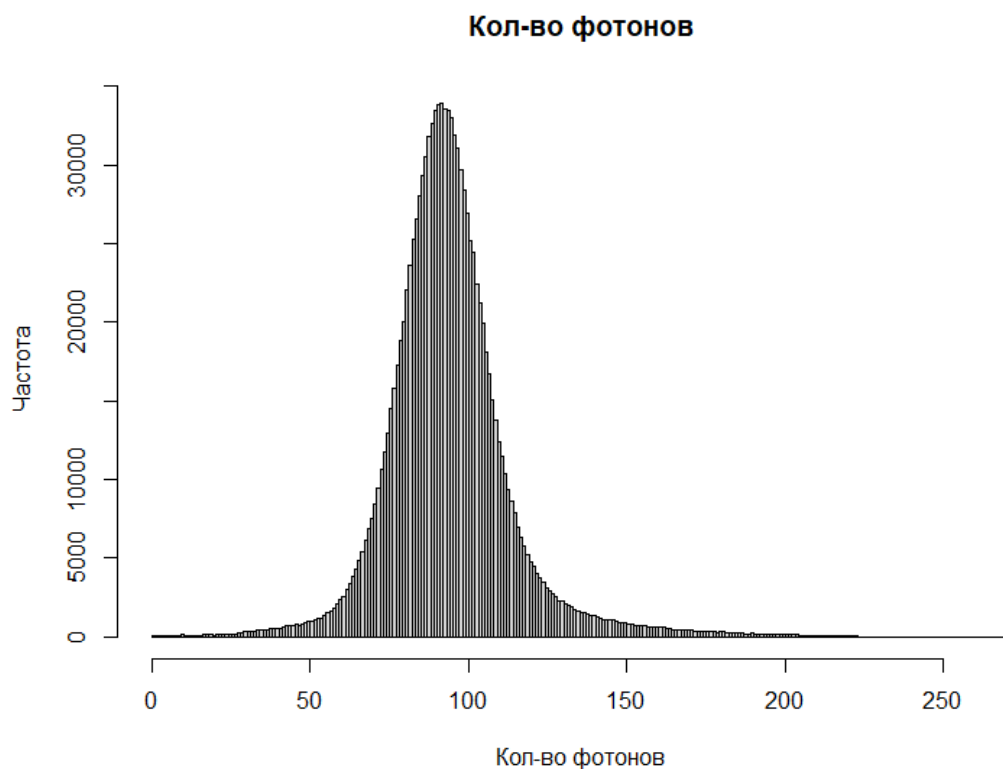
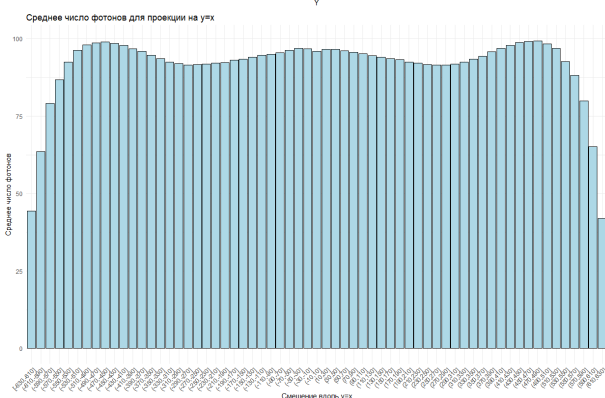
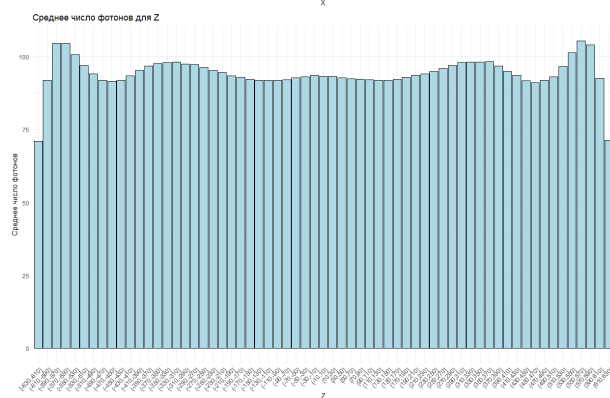
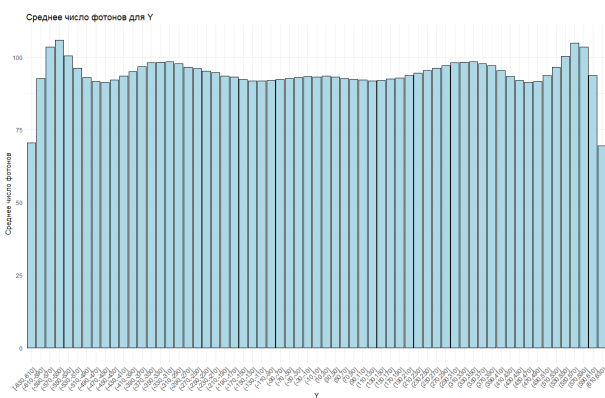
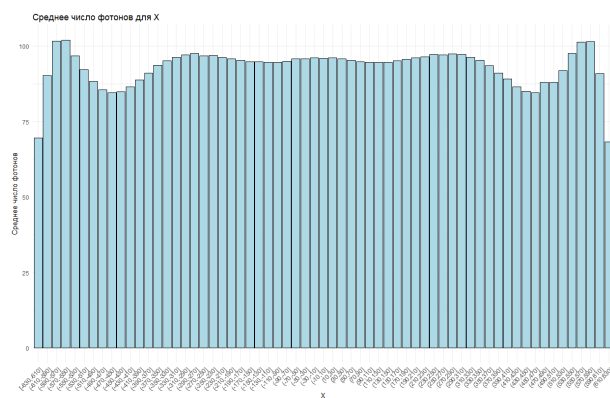
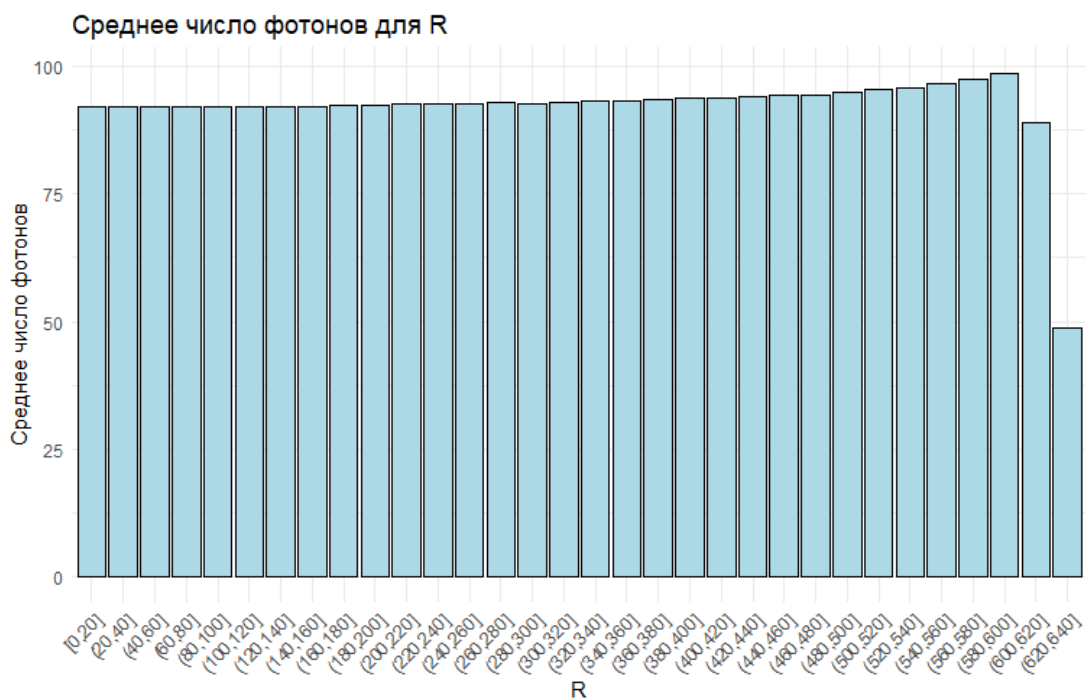


Рисунок 3 — Функция отклика

$$\text{Функция отклика} = \text{FWHM} = 2\sqrt{2 \ln 2} \cdot \sigma \approx 2.355\sigma = 2.355 \cdot 20.14 = 47.03$$

Приведем графики зависимости счета оптических фотонов в зависимости от точки генерации электрона. По графикам видно, что количество зарегистрированных фотонов представляет собой интересную зависимость в случае рассмотрения проекции координаты рождения электрона на оси, однако зависимость от радиус-вектора точки рождения более тривиальная и представляет собой плавно растущую с ростом радиус-вектора функцию. Проекция на оси объясняется поворотом фигуры, в вершинах которых находятся ФЭУ, усреднение возможных поворотов фигуры дает картину, аналогичную зависимости от радиус-вектора.



2.2 Икосаэдр

Была рассчитана функция отклика детектора при регистрации электронов с энергией 1 Мэв в зависимости от координаты регистрации и функция отклика при равномерной регистрации электронов в объеме сцинтиллятора. Для сбора статистики проводилось несколько Run'ов с суммарным количеством event'ов около 500 тысяч, для анализа использовалась среда для статистического анализа R-studio.

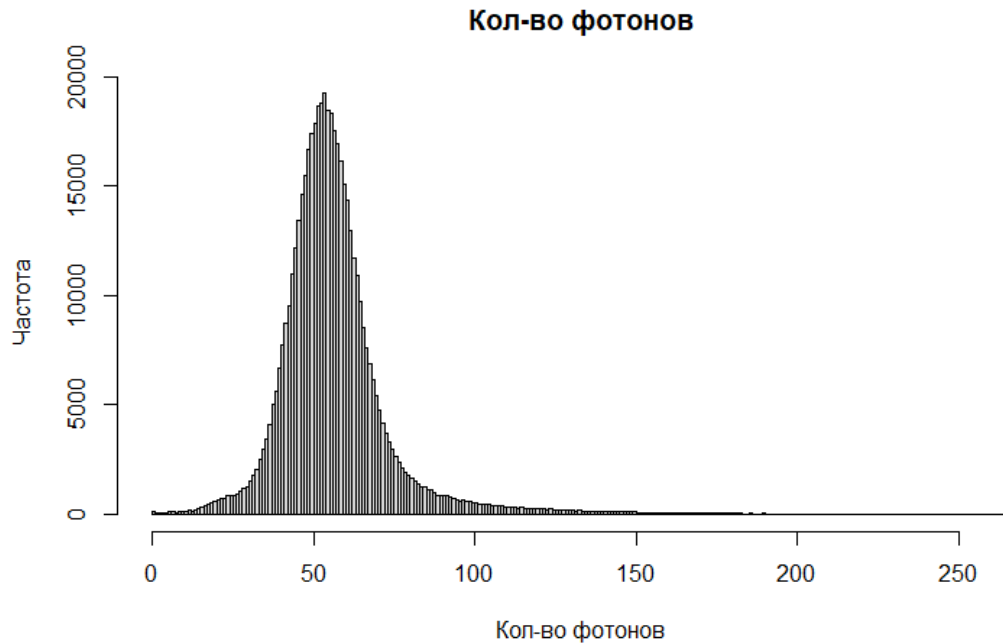
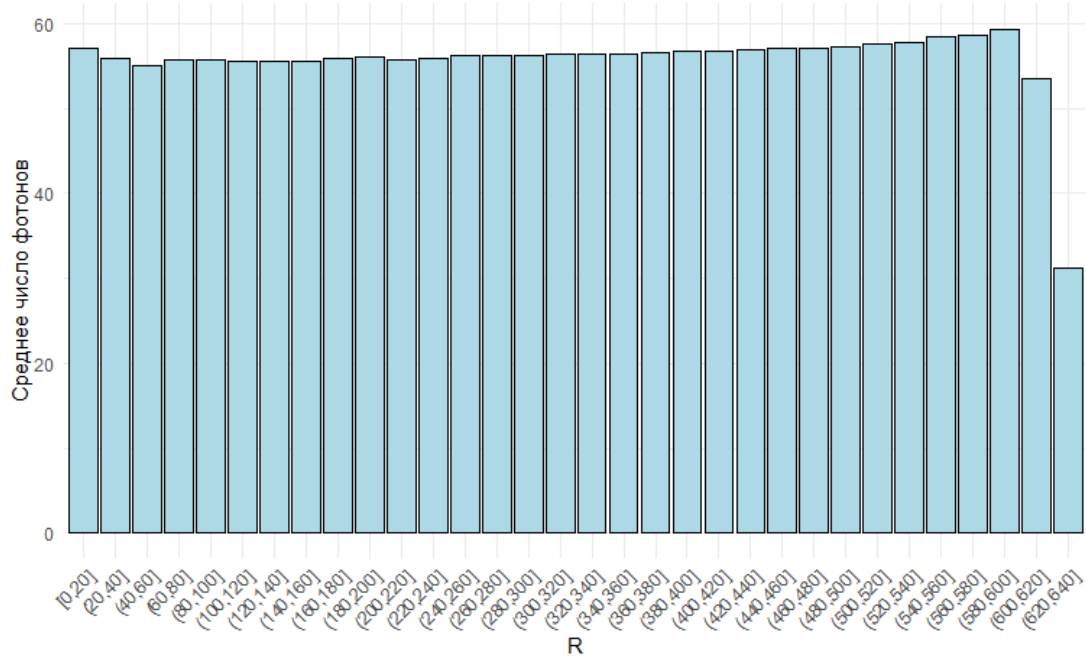


Рисунок 4 — Функция отклика

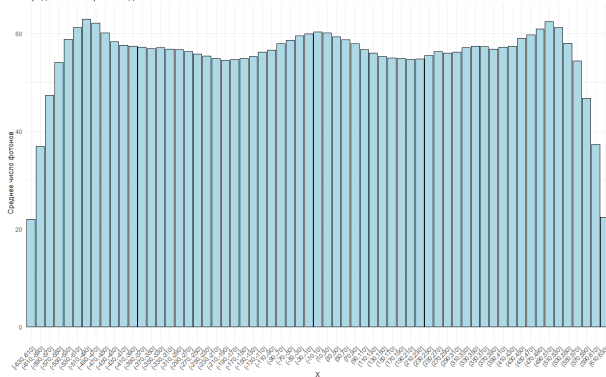
$$\text{Функция отклика} = \text{FWHM} = 2\sqrt{2 \ln 2} \cdot \sigma \approx 2.355\sigma = 2.355 \cdot 17.81 = 41.94$$

Приведем графики зависимости счета оптических фотонов в зависимости от точки генерации электрона. По графикам видно, что количество зарегистрированных фотонов представляет собой интересную зависимость в случае рассмотрения проекции координаты рождения электрона на оси, однако зависимость от радиус-вектора точки рождения более тривиальная и представляет собой плавно растущую с ростом радиус-вектора функцию. Проекция на оси объясняется поворотом фигуры, в вершинах которых находятся ФЭУ, усреднение возможных поворотов фигуры дает картину, аналогичную зависимости от радиус-вектора.

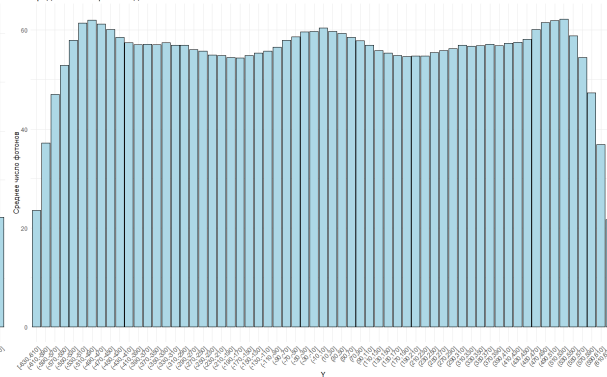
Среднее число фотонов для R



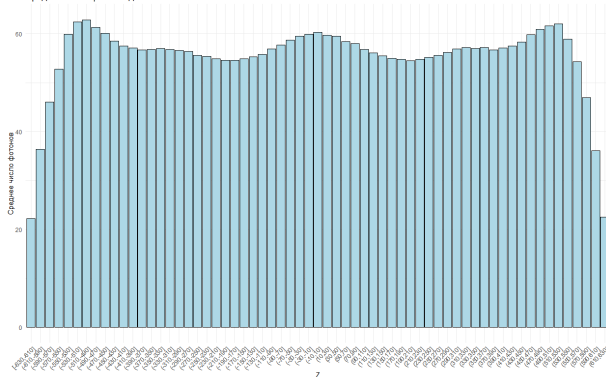
Среднее число фотонов для X



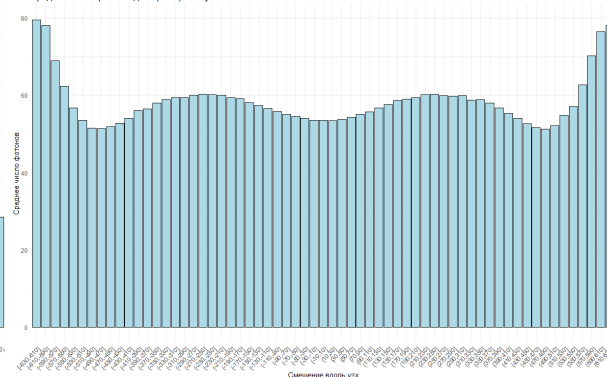
Среднее число фотонов для Y



Среднее число фотонов для Z



Среднее число фотонов для проекции на узх



3 Функция отклика детектора (e+)

3.1 Додекаэдр

Была рассчитана Функция отклика детектора при регистрации позитронов с энергией 3 Мэв в зависимости от координаты регистрации и функцию отклика при равномерной регистрации позитронов в объеме детектора.

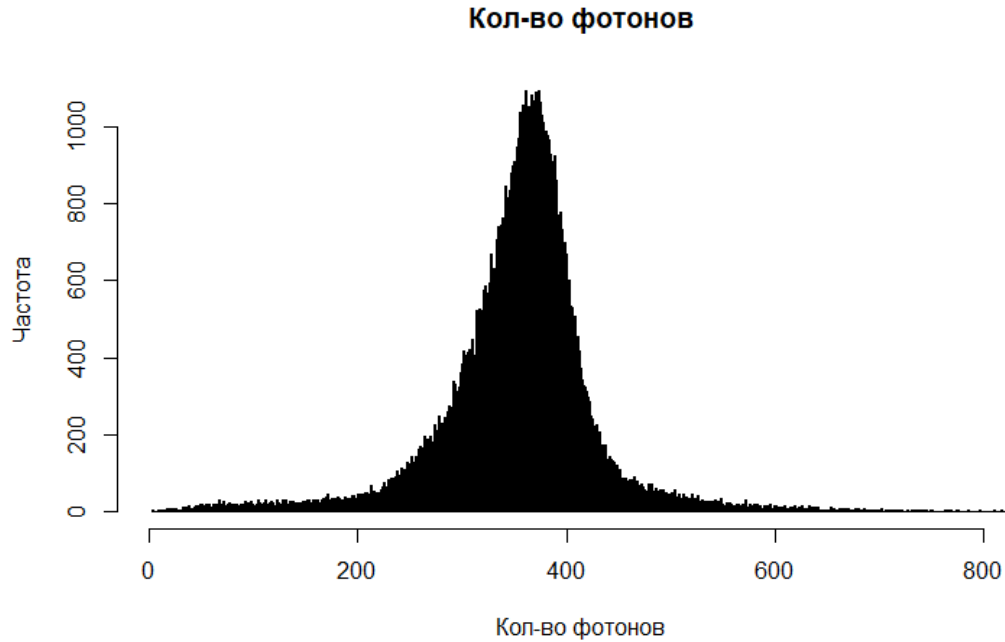
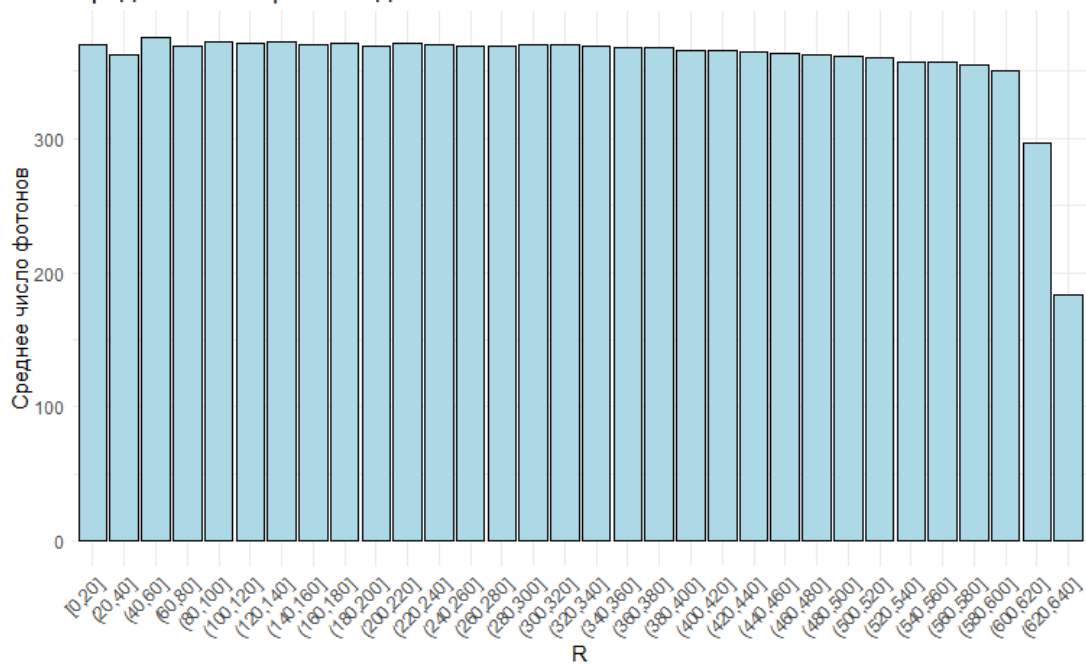


Рисунок 5 — Функция отклика

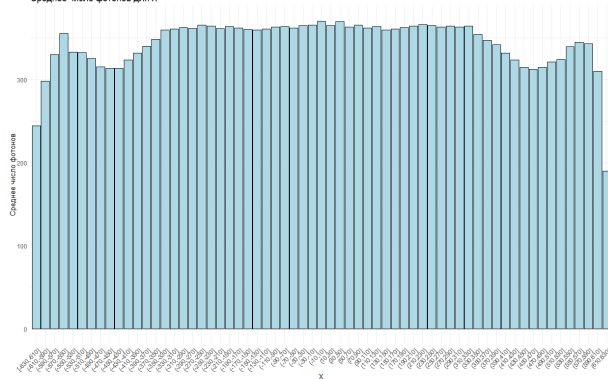
$$\text{Функция отклика} = \text{FWHM} = 2\sqrt{2 \ln 2} \cdot \sigma \approx 2.355\sigma = 2.355 \cdot 72.53 = 170.82$$

Приведем графики зависимости счета оптических фотонов в зависимости от точки генерации позитрона. По графикам видно, что количество зарегистрированных фотонов представляет собой интересную зависимость в случае рассмотрения проекции координаты рождения электрона на оси, однако зависимость от радиус-вектора точки рождения более тривиальная и представляет собой практически незначимо падающую с ростом радиус-вектора функцию. Проекция на оси объясняется поворотом фигуры, в вершинах которых находятся ФЭУ, усреднение возможных поворотов фигуры дает картину, аналогичную зависимости от радиус-вектора.

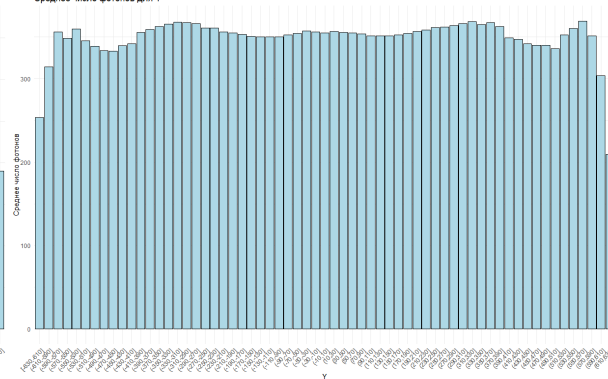
Среднее число фотонов для R



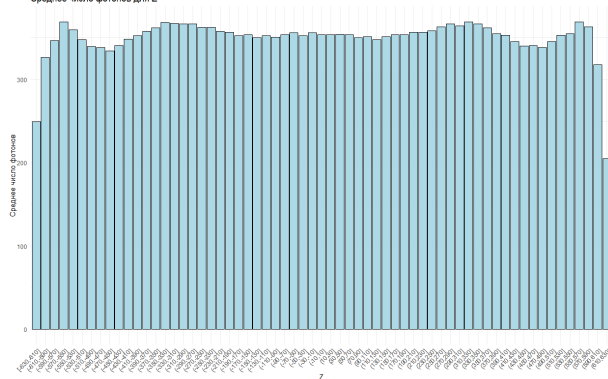
Среднее число фотонов для X



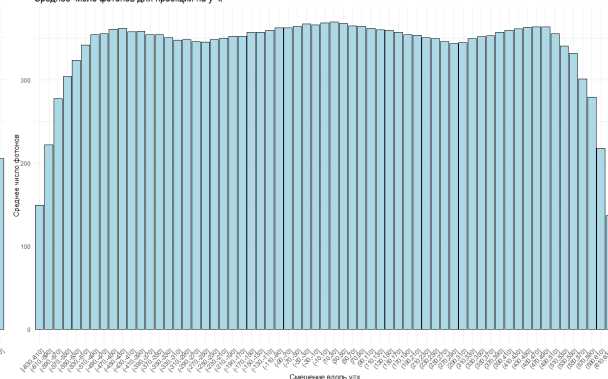
Среднее число фотонов для Y



Среднее число фотонов для Z



Среднее число фотонов для проекции на uх



3.2 Икосаэдр

Была рассчитана функция отклика детектора при регистрации позитронов с энергией 3 Мэв в зависимости от координаты регистрации и функция отклика при равномерной регистрации электронов в объеме сцинтиллятора. Для сбора статистики проводилось несколько Run'ов с суммарным количеством event'ов около 100 тысяч, для анализа использовалась среда для статистического анализа R-studio.

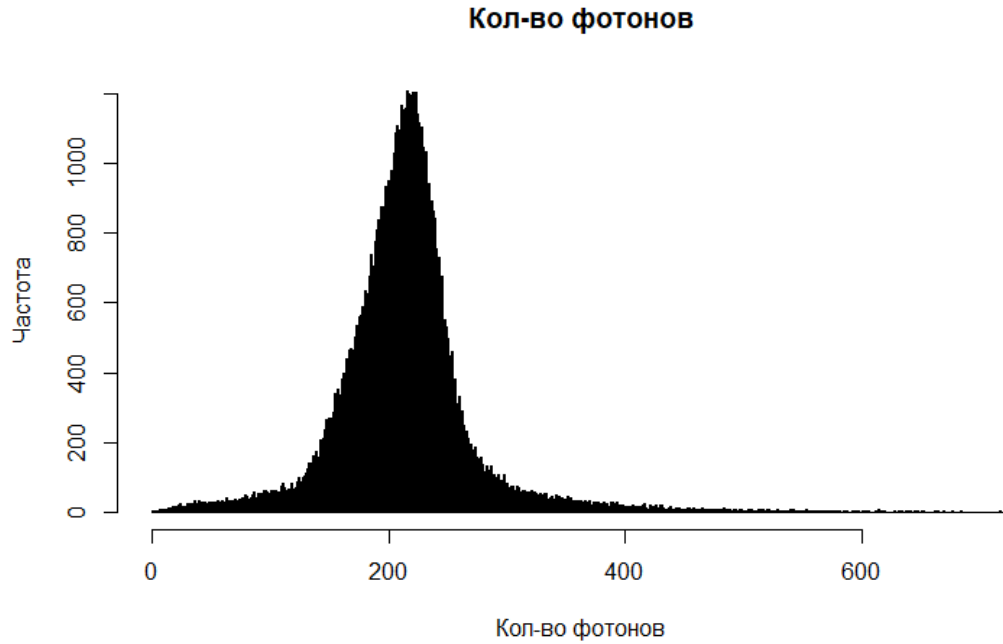
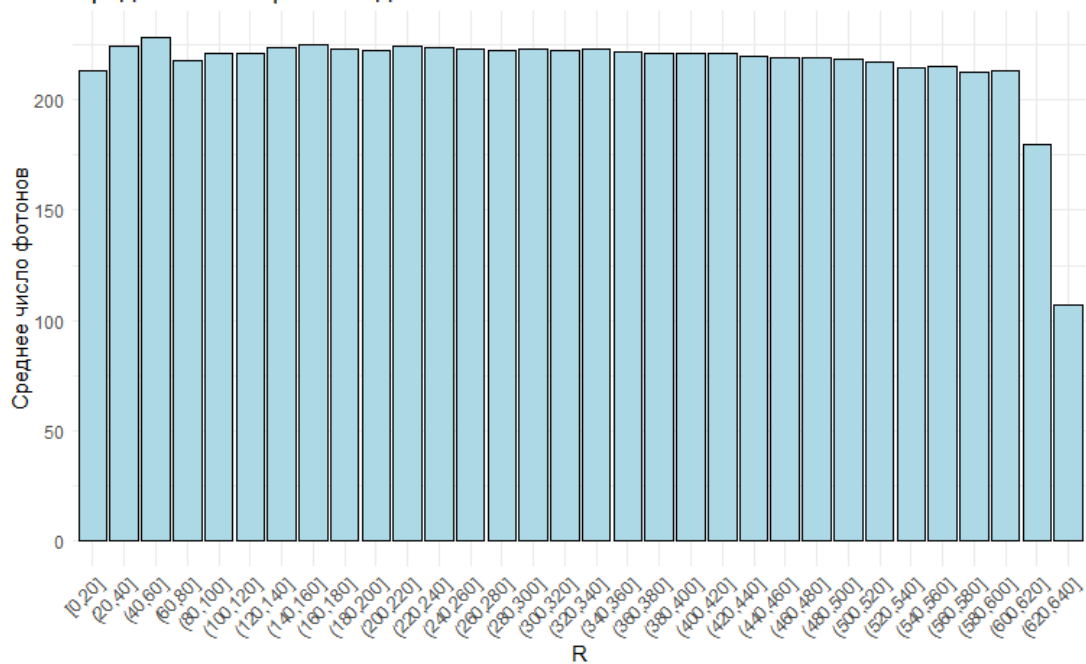


Рисунок 6 — Функция отклика

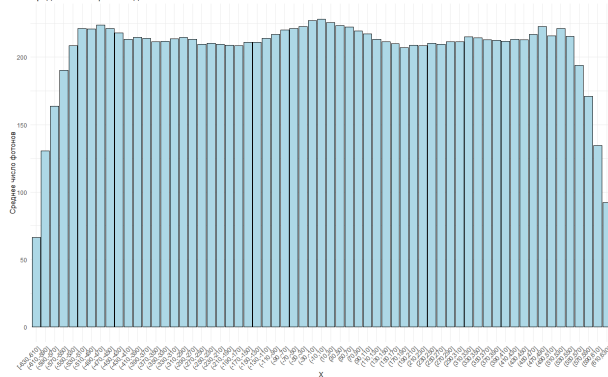
$$\text{Функция отклика} = \text{FWHM} = 2\sqrt{2\ln 2} \cdot \sigma \approx 2.355\sigma = 2.355 \cdot 59.23 = 139.49$$

Приведем графики зависимости счета оптических фотонов в зависимости от точки генерации позитрона. По графикам видно, что количество зарегистрированных фотонов представляет собой интересную зависимость в случае рассмотрения проекции координаты рождения электрона на оси, однако зависимость от радиус-вектора точки рождения более тривиальная и представляет собой практически незначимо падающую с ростом радиус-вектора функцию. Проекция на оси объясняется поворотом фигуры, в вершинах которых находятся ФЭУ, усреднение возможных поворотов фигуры дает картину, аналогичную зависимости от радиус-вектора.

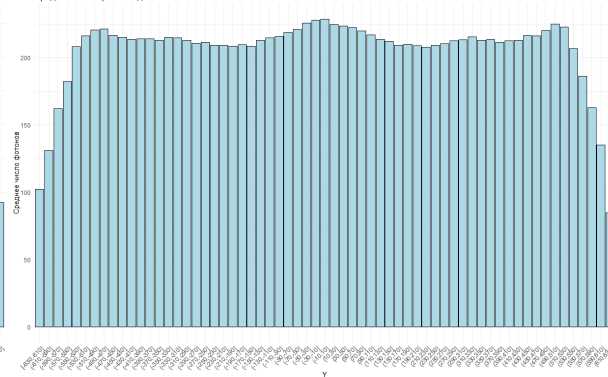
Среднее число фотонов для R



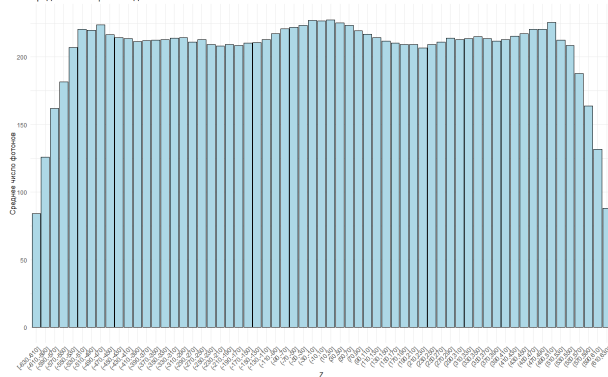
Среднее число фотонов для X



Среднее число фотонов для Y



Среднее число фотонов для Z



Среднее число фотонов для проекции на uх

