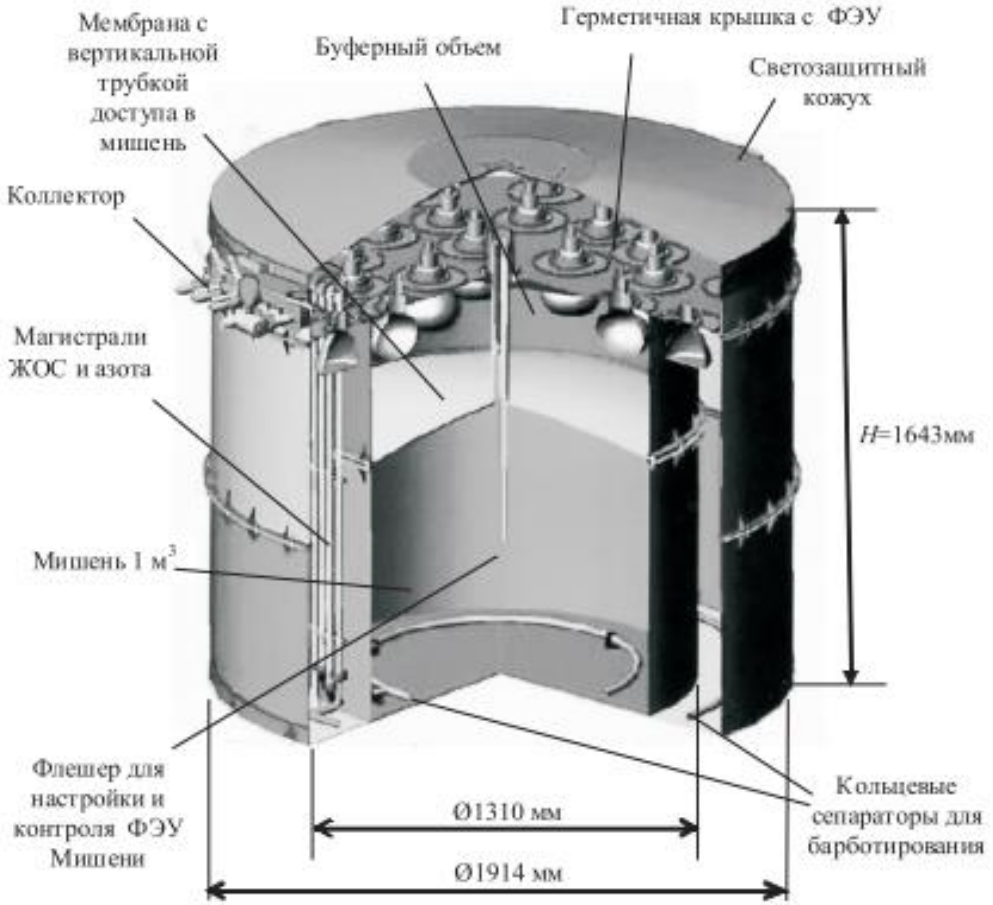
Бакалаврская работа

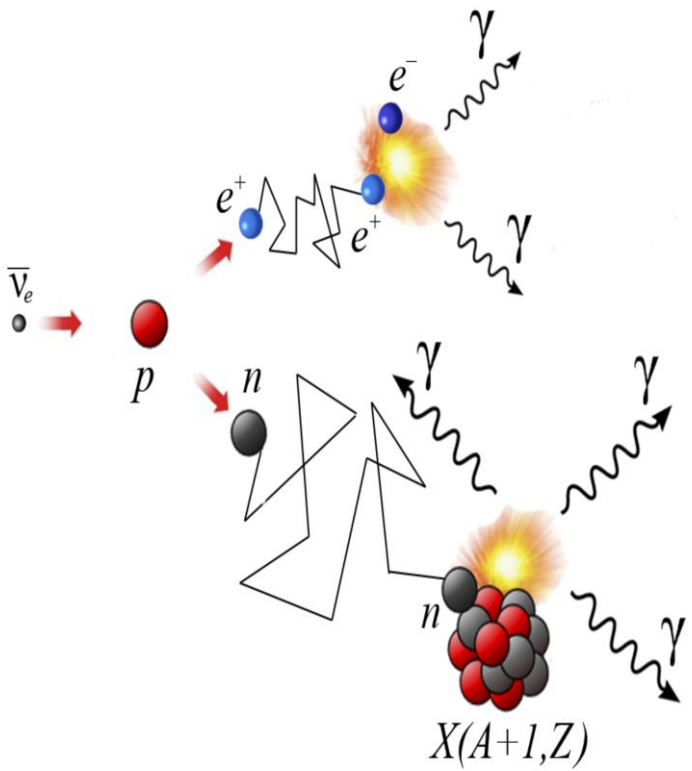
Система оптической калибровки нейтринного спектрометра iDREAM.

Выполнил студент 413 группы Замогильный К.Р.

Научный руководитель, к. ф.-м. н., Чепурнов А.С.

Промышленный детектор iDREAM





Детектирование осуществляется Через реакцию обратного β-распада с использованием техники задержанных совпадений от двух событий:

1) Аннигиляция позитрона
2) Радиационный захват нейтрона

Проблемы, требующие решения перед введением в эксплуатацию на АЭС:

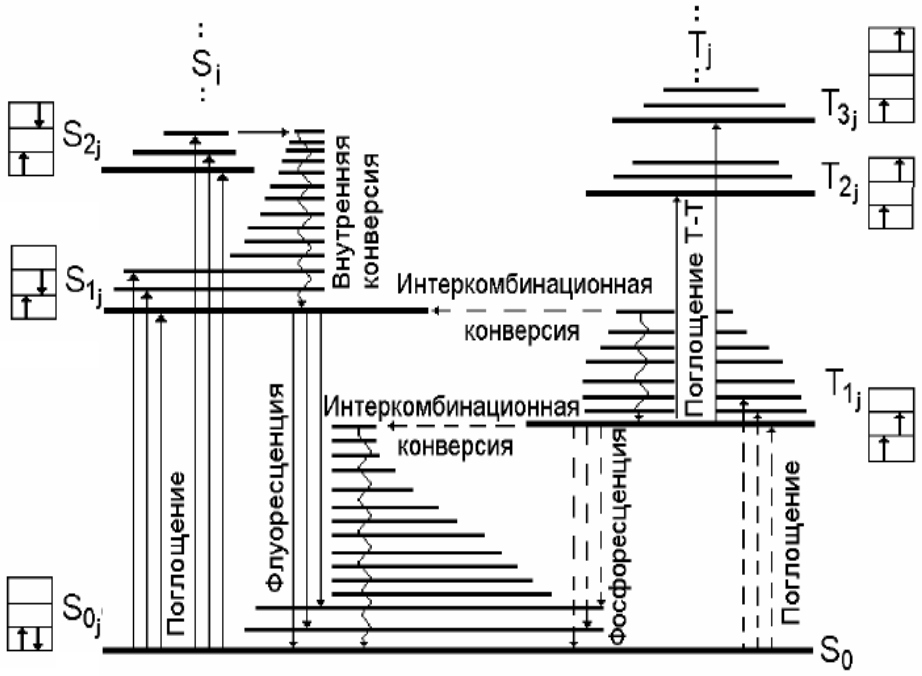
- Калибровка детектора
- Контроль стабильности на АЭС

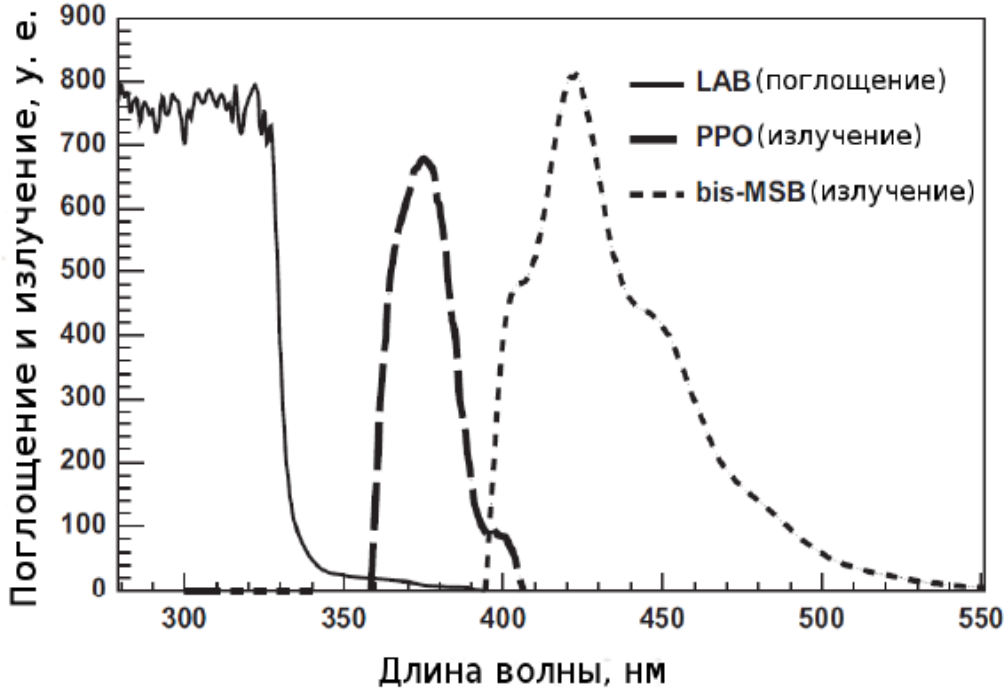
Методы решения:

- Радиоактивные изотопы (Подходит для энергетической калибровки, но не для контроля стабильности на АЭС в связи с ограниченностью доступа)
- Ультрафиолетовые светодиод, излучающий на длине волны возбуждения сцинтиллятора

Механизм сцинтилляции жидкого органического сцинтиллятора

Фотоны излучаются лишь с уровней S_{1j} и T_{1j}, переходы с других уровней осуществляются посредством передачи энергии окружающей среде, следовательно, неважно, каким способом осуществлено возбуждение, посредством ионизации или поглощения ультрафиолета.





Калибровочная система

Реализована на основе генератора ультрафиолетовых импульсов

Характеристики :

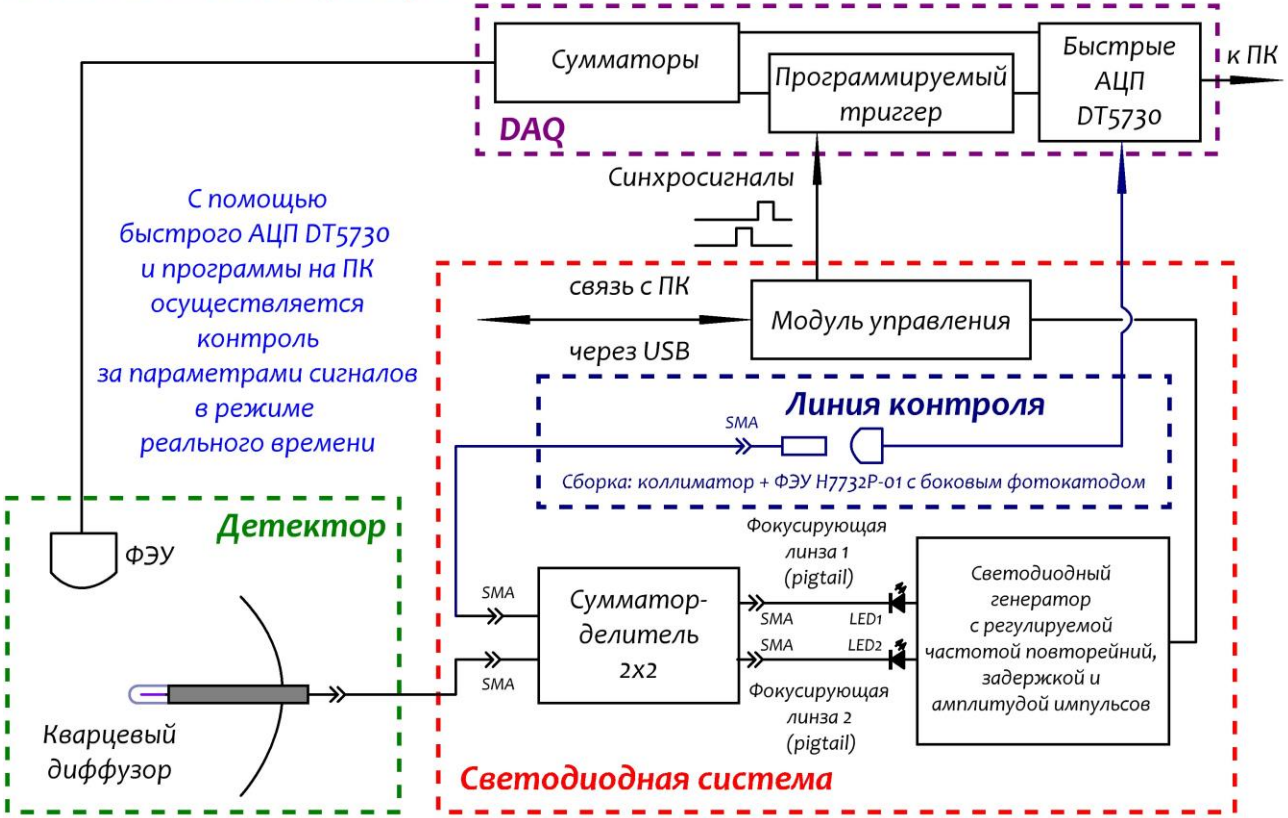
- длительность импульса ~ нс
- длина волны - 265 нм
- Число фотонов за секунду: $M \sim 5 * 10^{15}$ c^{-1}
- Число фотонов в импульсе: $m \sim 10^{8}$
- Мощность светодиода $P \sim 4$ мВт

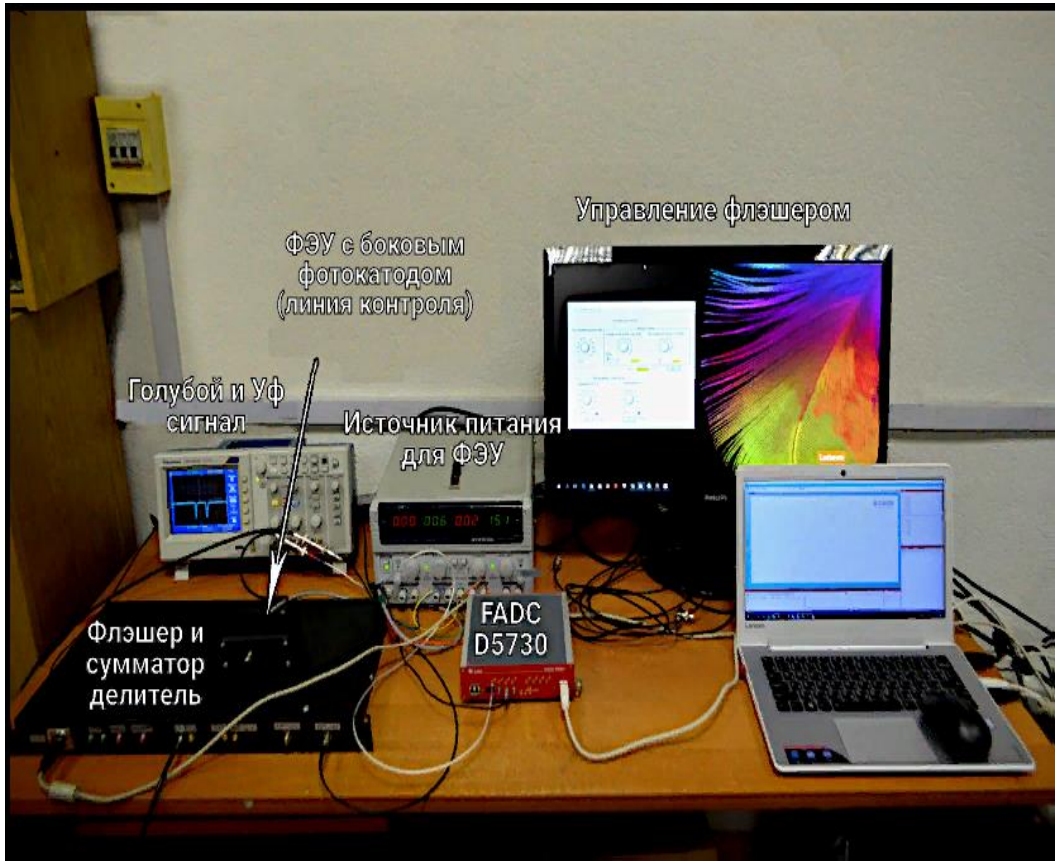
Принципы реализации методики:

- 2 канала излучения для имитации задержанных совпадений
- Возможность регулировки параметров импульса
- Линия контроля

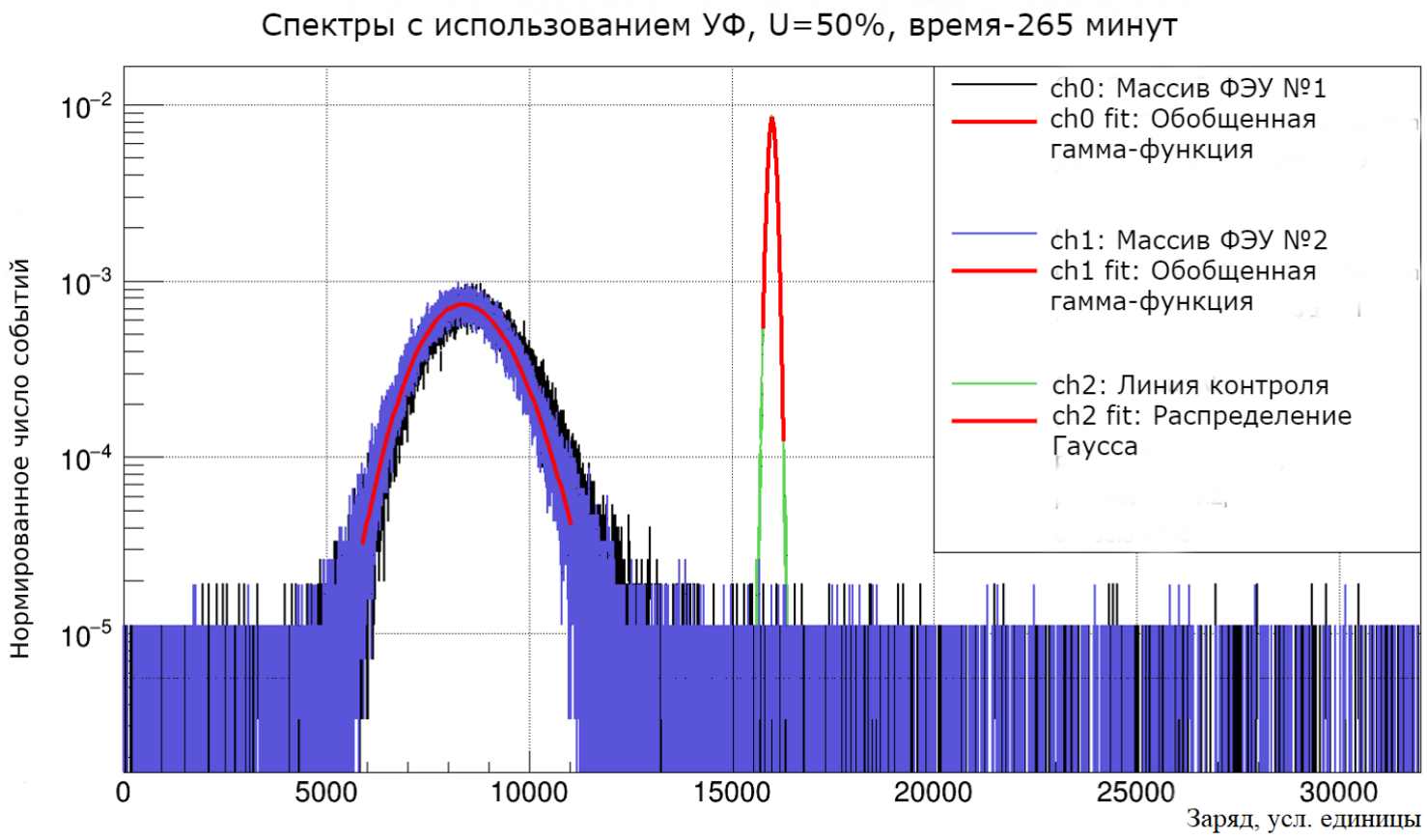
Структурная схема и фотография установки

Калибровочная система на основе управляемого двухканального светодиодного генератора наносекундных ультрафиолетовых импульсов





Измерения долговременной стабильности



Напряжение на светодиоде - 50% (7.5 В)

На протяжении 4 часов через заданный промежуток времени снимались спектры с заданным числом событий.

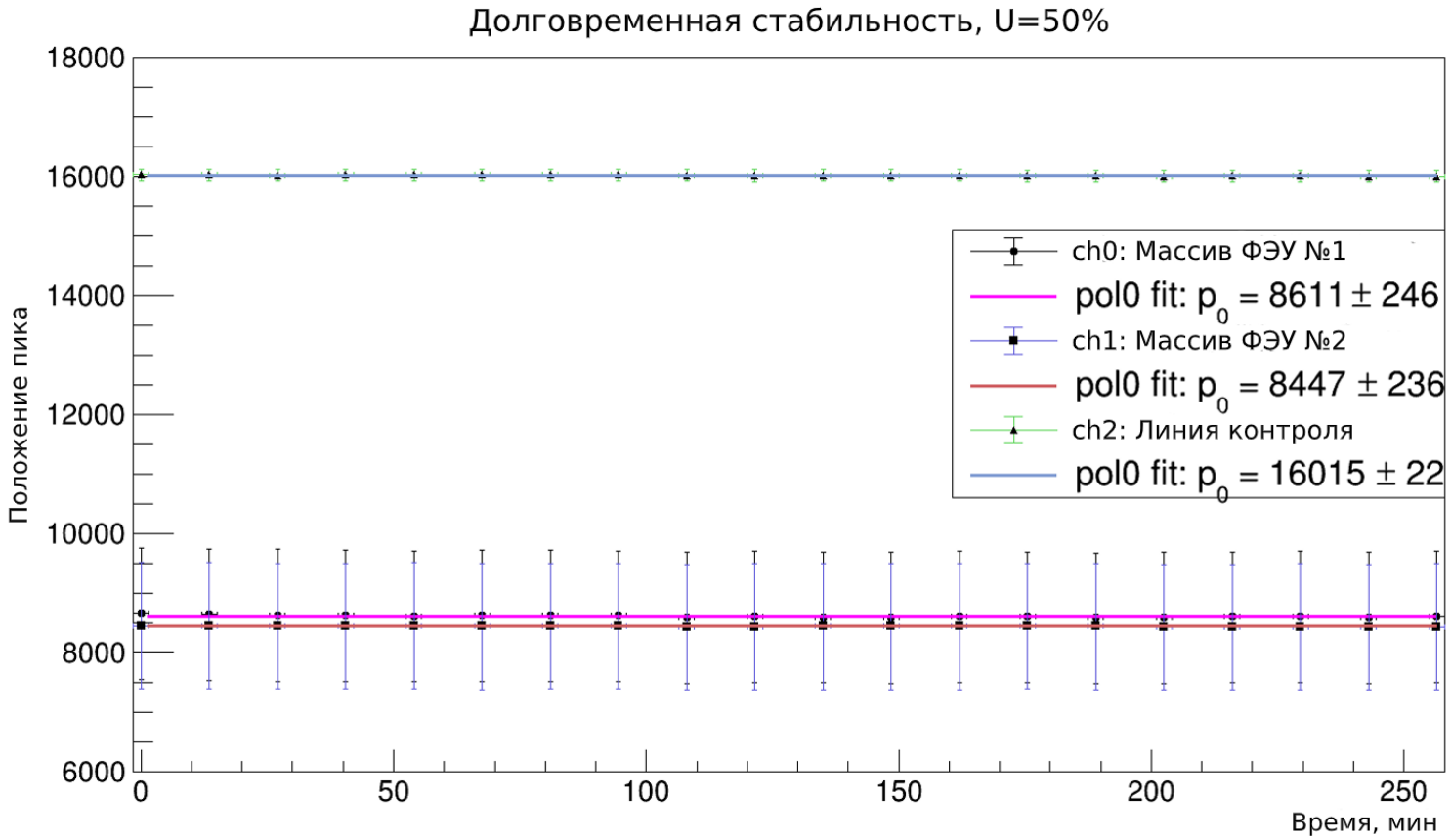
Число событий - 180 000.

Слева, фиолетовым и черным, представлен отклик детектора.

Справа - сигнал с линии контроля.

Наилучшая аппроксимация через обобщенную гамма-функцию.

Стабильность калибровочной системы



Стабильности калибровочной системы в пределах 1%. Уровень стабильности спектрометрических характеристик детектора около 3%. Результаты для других напряжений имеют аналогичную точность.

Вывод: калибровочная система может быть применима в детекторе iDREAM, так как стабильность калибровочной системы выше стабильности детектора.

Вторичное излучение должно быть изотропно для максимально правдоподобной имитации событий.

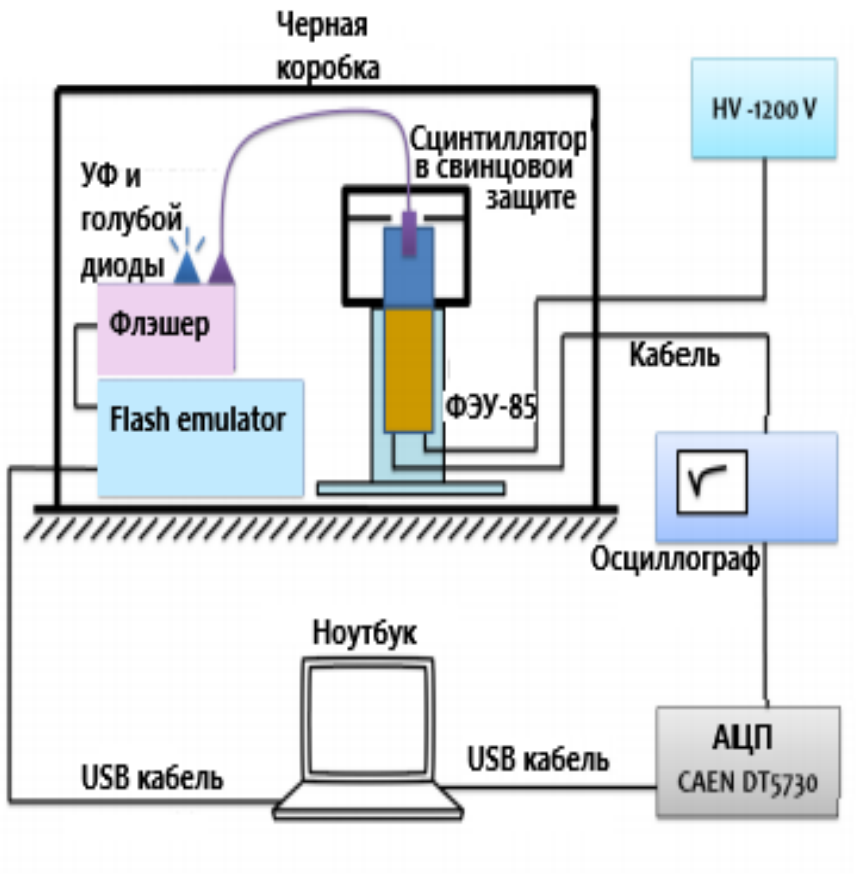
Внесение калибровочного канала и оптоволокна влечет за собой тень.

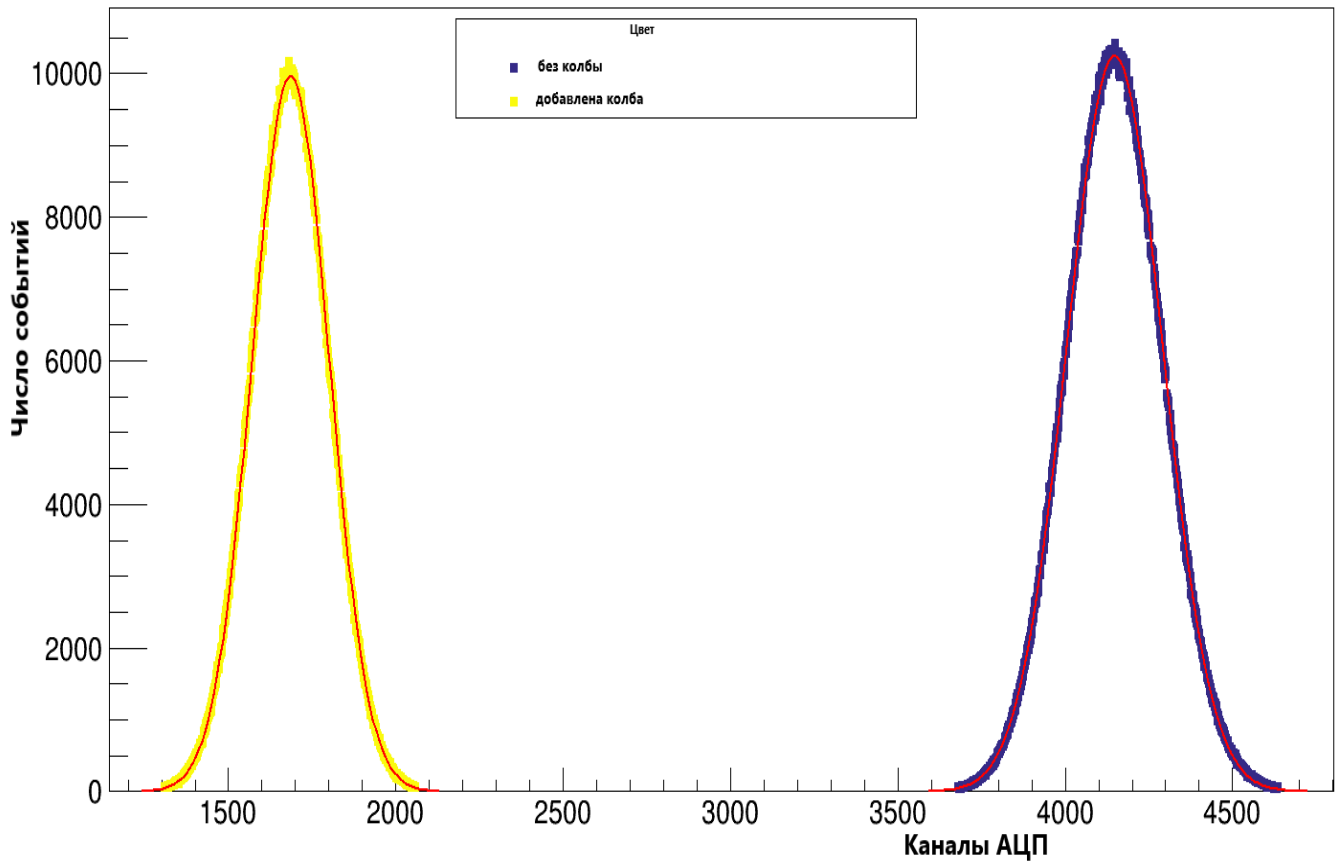
Так как УФ поглощается в десятках микрон, то вторичное излучение зависит от геометрии излучающего объекта.

В роли данного объекта (рассеивателя) могут выступать различные конструкции: кварцевая колба или сапфировый диффузор в форме шара, внутри которых находится излучающее оптоволокно.

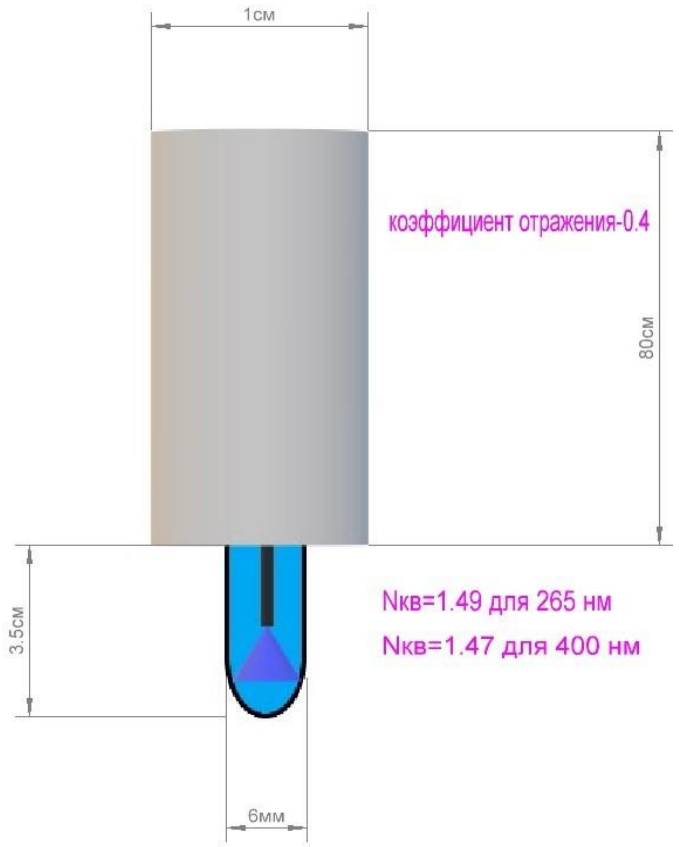
Переизлучение по поверхности рассеивателя улучшает изотропность вторичного излучения. Посредством моделирования выбиралась оптимальная конструкция.

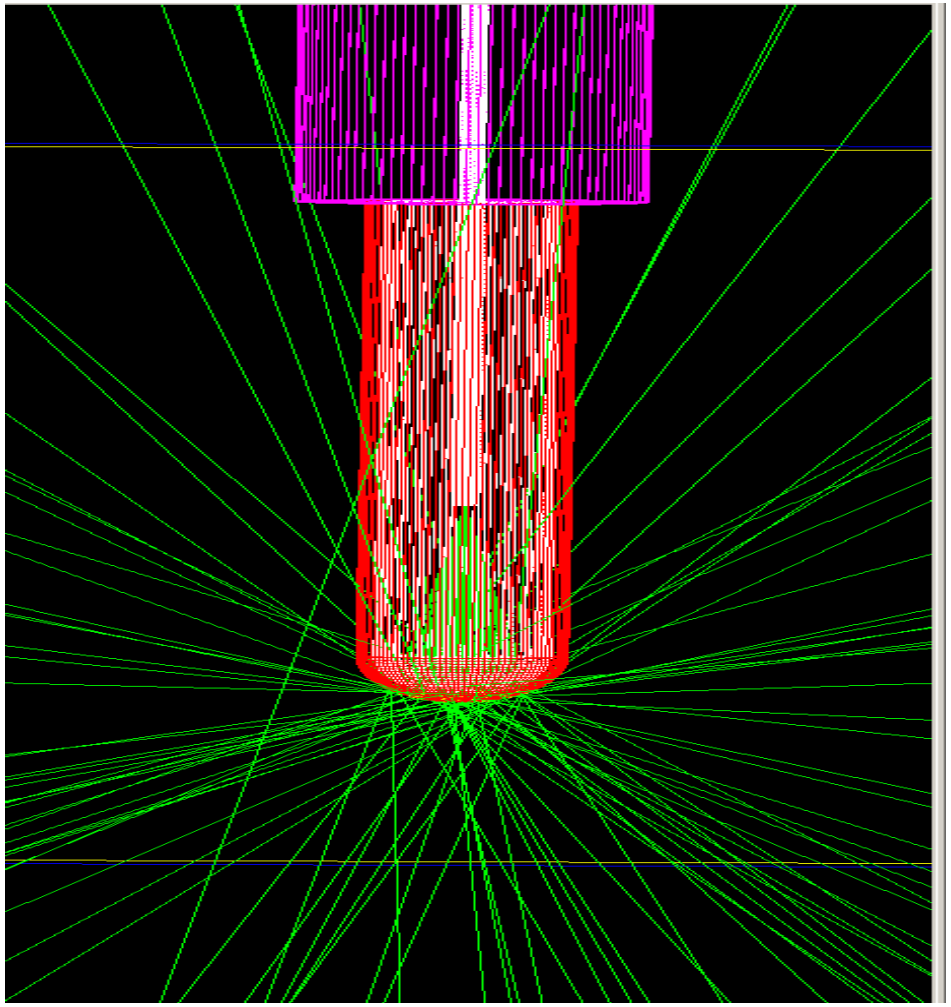
Оценка потерь в кварцевой колбе





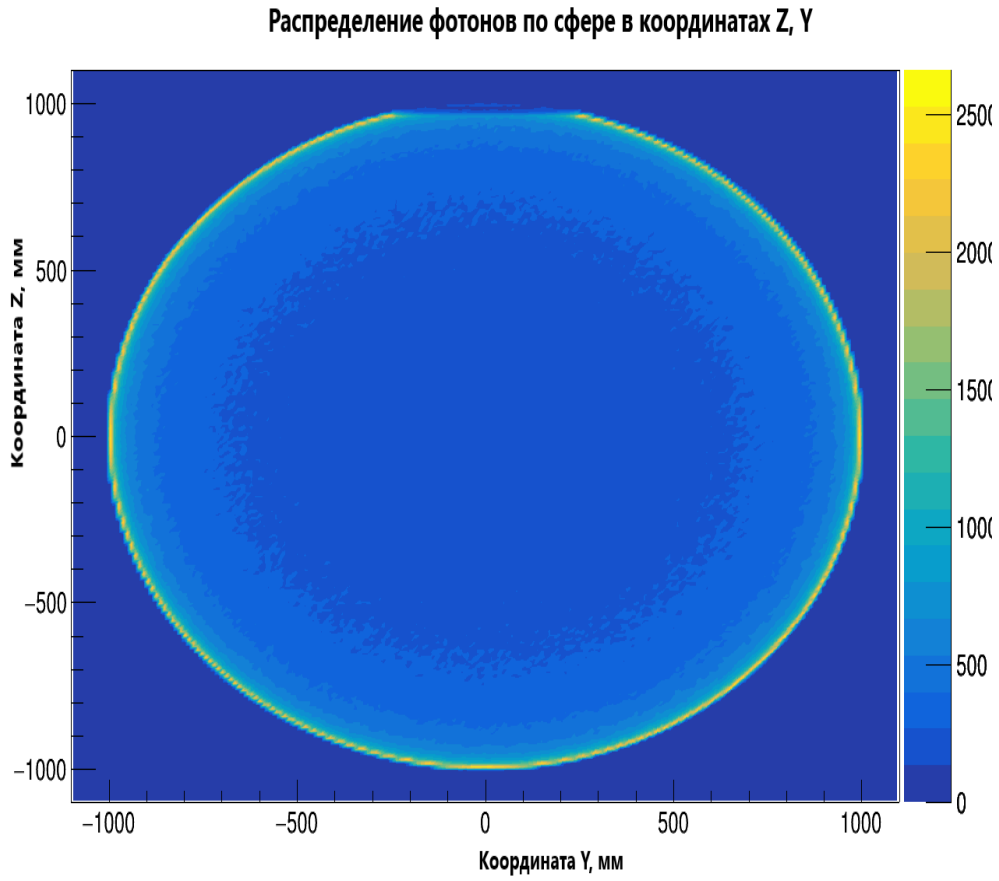
Конструкция ввода оптоволокна в детектор и визуализация модели в GEANT4



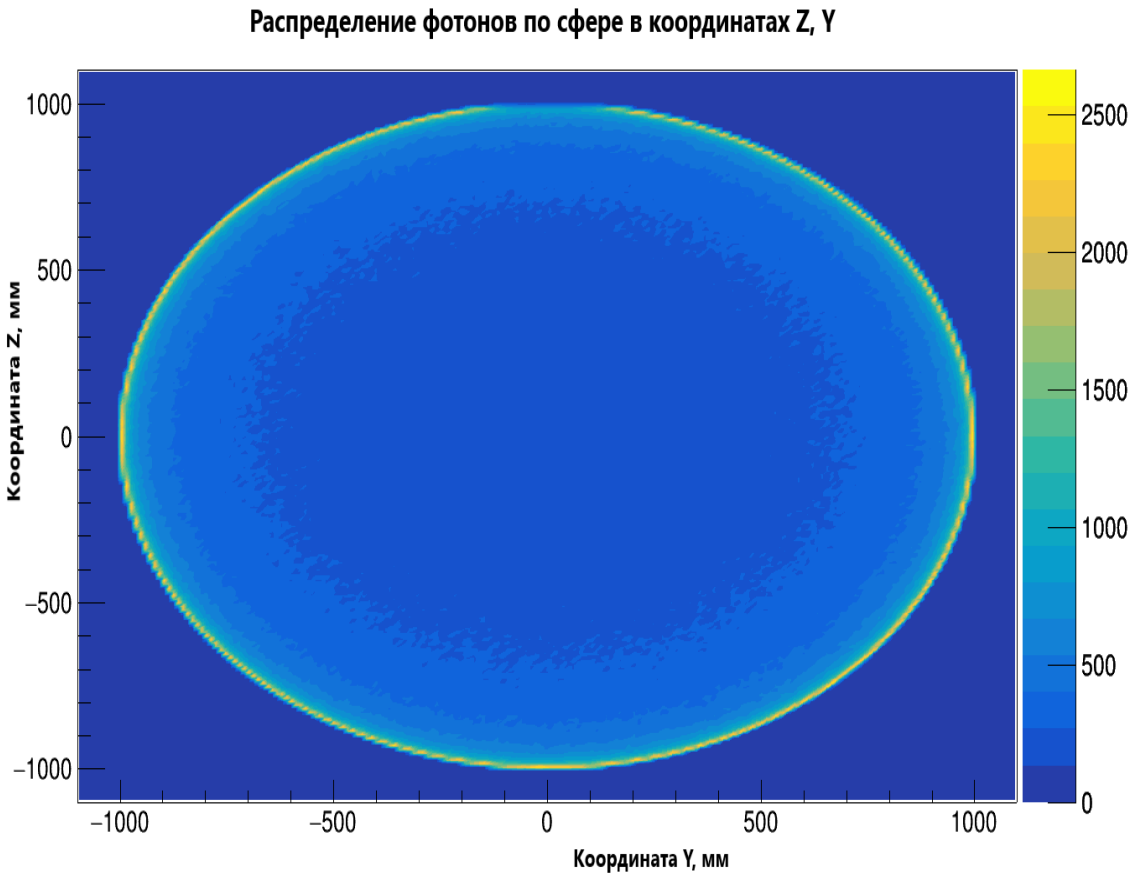


Сравнение распределений числа фотонов по профилю сферы

В отсутствии колбы: лишь канал и оптоволокно



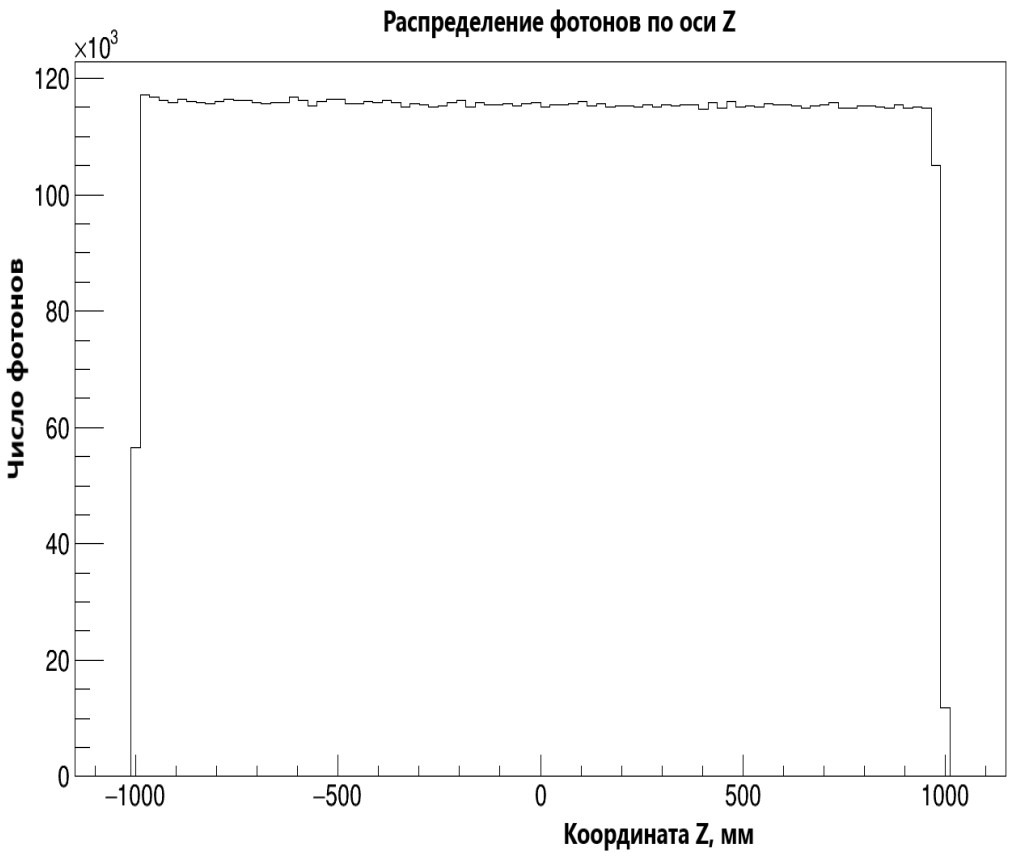
Добавлена колба

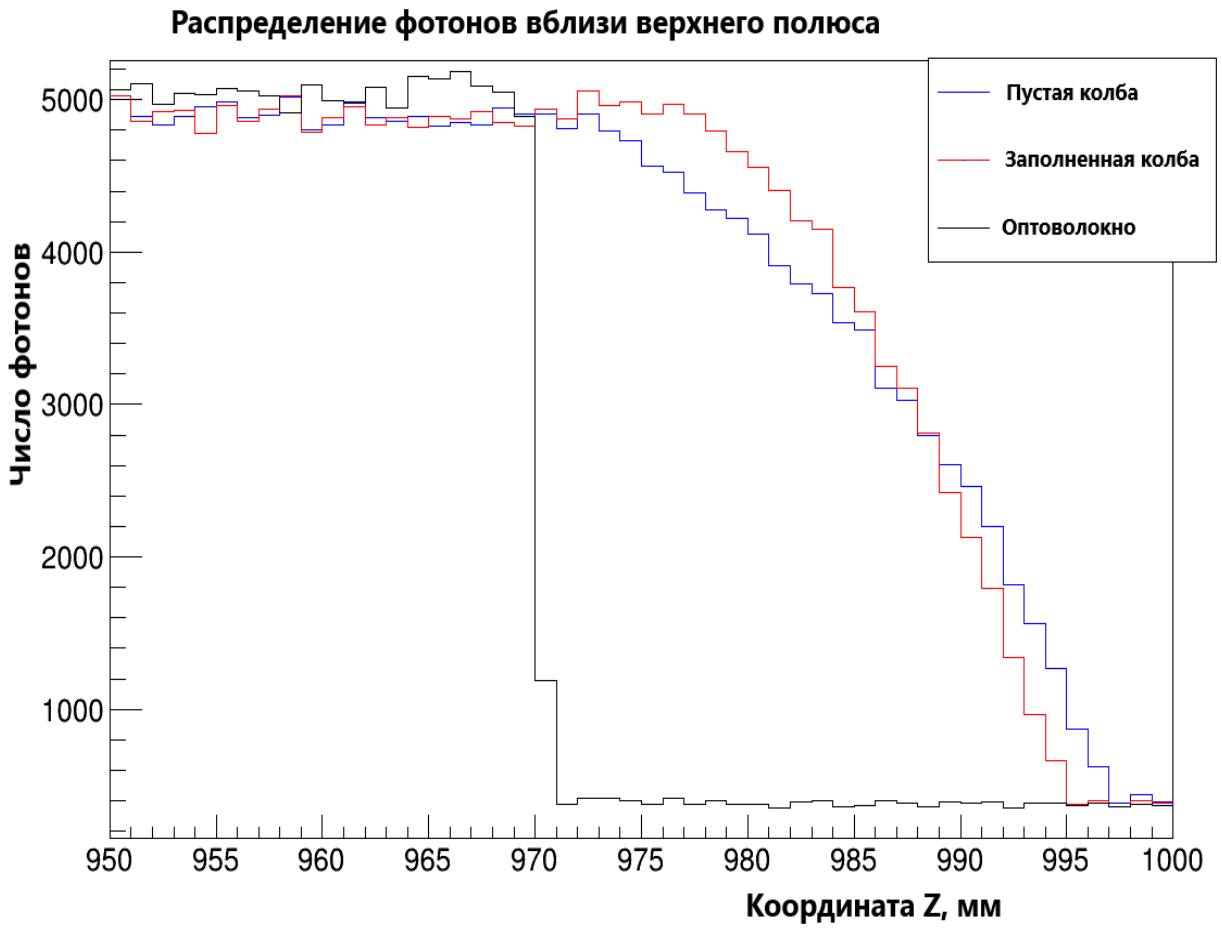


Вывод: добавление колбы существенно уменьшает тень

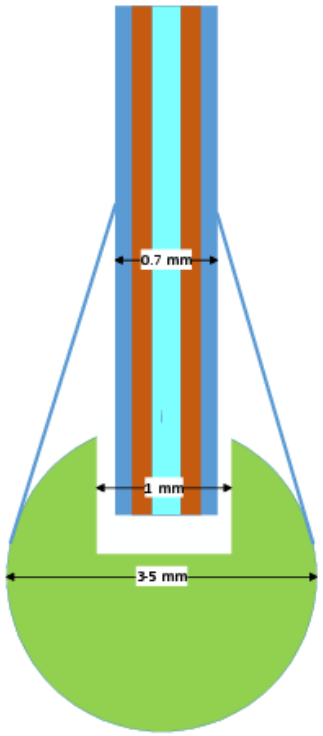
Распределения числа фотонов по оси Z

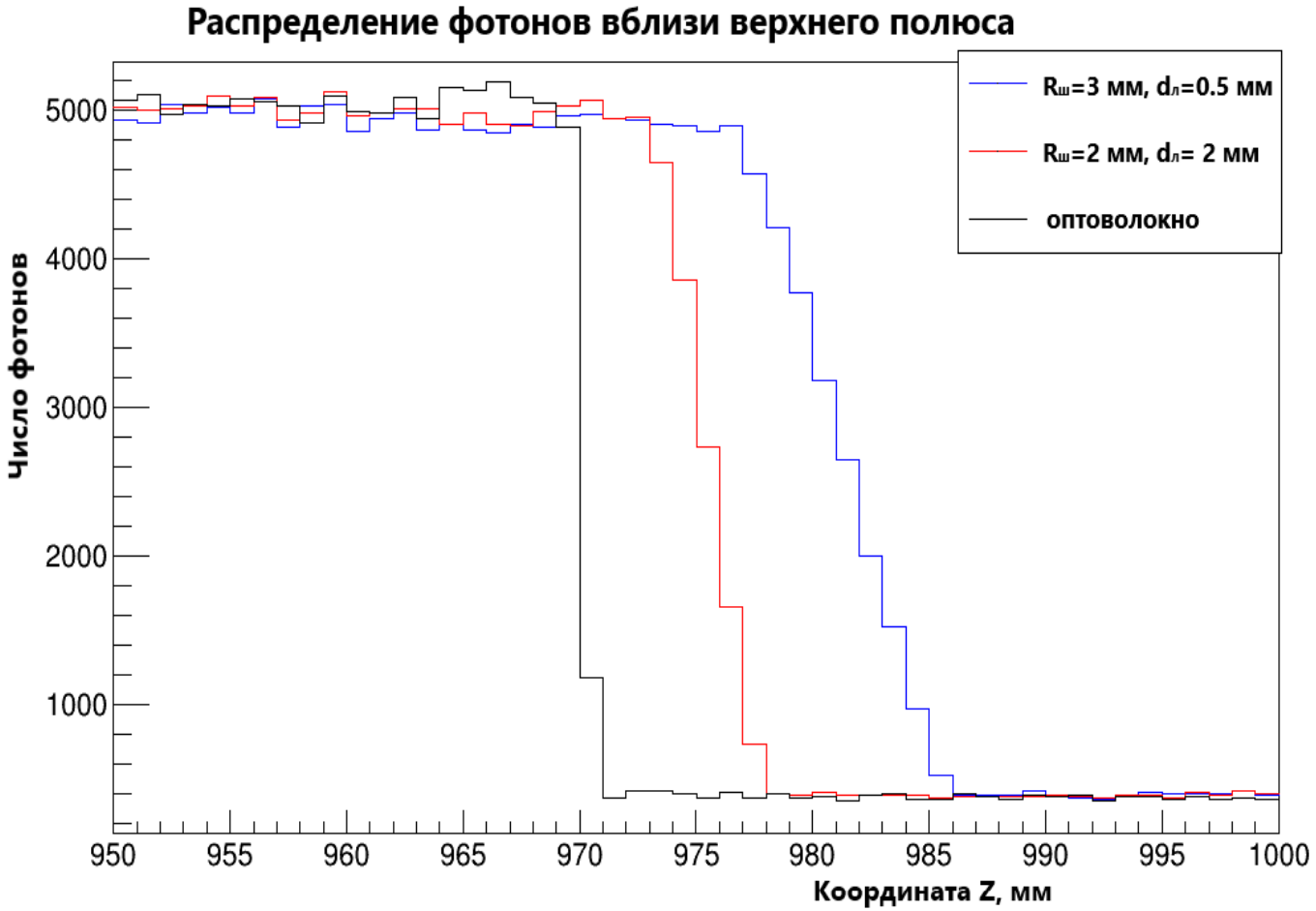
Z= -1000 – нижний полюс сферы
Z= 1000 – верхний полюс сферы





Конструкция диффузора и результаты симуляций





Сравнительные таблицы

Θ_0 – параметр, характеризующий затемненную область в целом
$\Theta_{кр}$ - область глубокой тени

Глубина лунки, мм	2	1.5	1	0.5
Число фотонов N, 10^3	137	141	145	149
$\Theta_{кр}$	12°	11.6°	11.4°	10.9°
Θ_0	12.8°	12.6°	12.5°	12.3°

Сканирование по глубине лунки

Радиус шарика, мм	1	2	3	3.5
Число фотонов N, 10^3	133	149	163	168
$\Theta_{кр}$	12.3°	10.9°	9.5°	8.8°
Θ_0	13.3°	12.3°	11.7°	11.4°

Сканирование по радиусу шарика

	Оптоволокно	Пустая колба	Заполненная колба	Диффузор
Число фотонов N, 10^3	113	190	192	163
$\Theta_{кр}$	14°	4.4°	5.5°	9.5°
Θ_0	14°	12°	10.8°	11.7°

Сравнение симуляций

Спасибо за внимание!!!