

**Предварительный отчет группы НИЦ «Курчатовский Институт»
Ставинский А.В.
10.10.2023**

Состав группы: Ставинский, Алексеев, Мартемьянов, Таэр, Стеханов, Жигарева

Поддержка по программе: Мартемьянов(снс), Таэр(асп.), Жигарева(инж.)

**Мартемьянов Александр Николаевич
Таэр Георгий Сергеевич**

Тестирование и разработка элементов электроники для HGN и исследование характеристик каждого из предназначенных к использованию в детекторе HGN SiPM с целью отбраковки несоответствующих требованиям, предъявляемым к детектору, и подбору групп диодов с близкими рабочими напряжениями.

Критически важными параметрами в детекторе HGN являются точность измерения времени пролета (TOF) нейтронов и эффективность их регистрации.

Активные слои детектора состоят из сцинтиляторных ячеек.

Временное разрешение зависит как от геометрии (размеров ячейки активных слоев детектора (выбраны $40 \times 40 \times 25 \text{ mm}^3$) и SiPM (выбран $6 \times 6 \text{ mm}^2$)), так и от характеристик самих SiPM и обслуживающей их электроники (в частности от длительности переднего фронта импульса). Для эффективности важно соотношение сигнал/шум.

Для SiPM таких размеров фронт импульса для импульса 1 фотоэлектрона (1pe) - 5-7 нсек (зависит от типа). Первой задачей было разработать усилитель с коэффициентом усиления около 10 не ухудшающий фронт с минимальным уровнем шума.

Схема разработанного для SiPM токовый усилитель на основе малошумящей и не влияющей на длительность фронта микросхемы серии AD8099

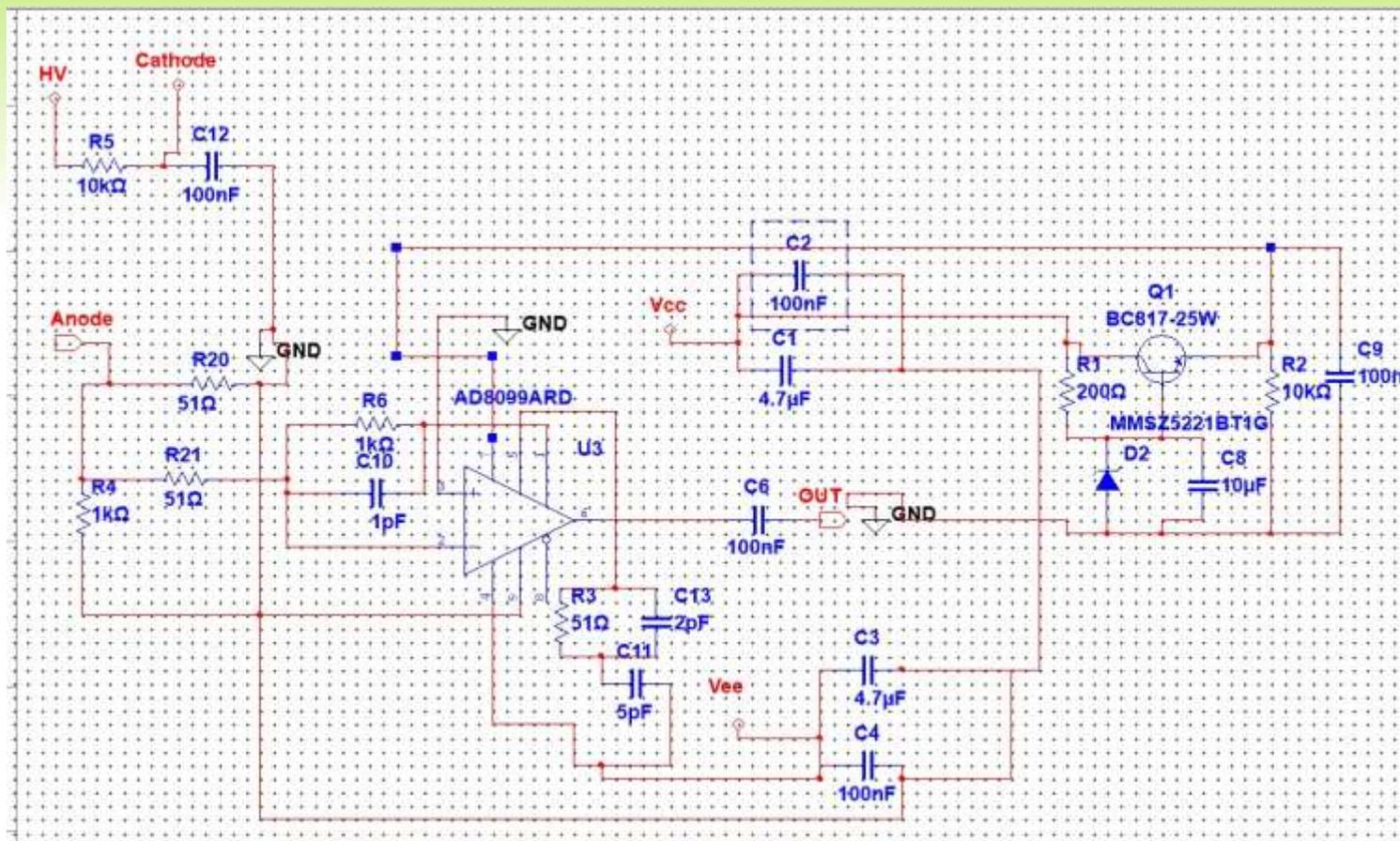




Схема разработана и промоделирована (с SiPM) в рамках программы MultiSim(версия 14.1)

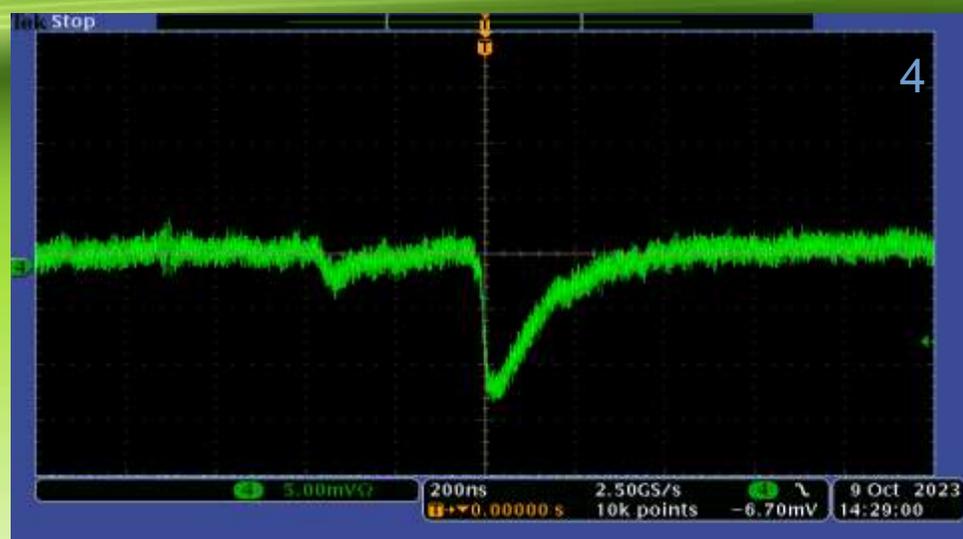
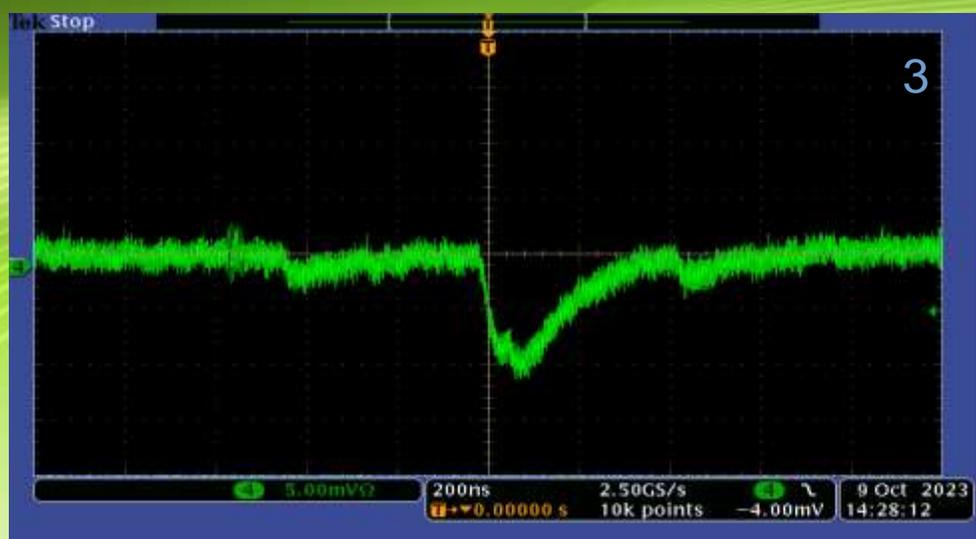
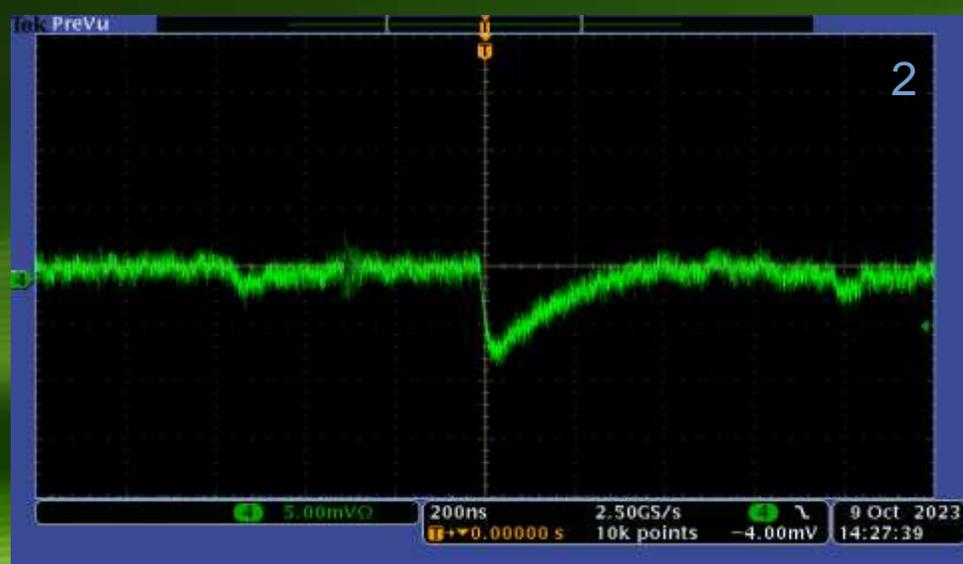
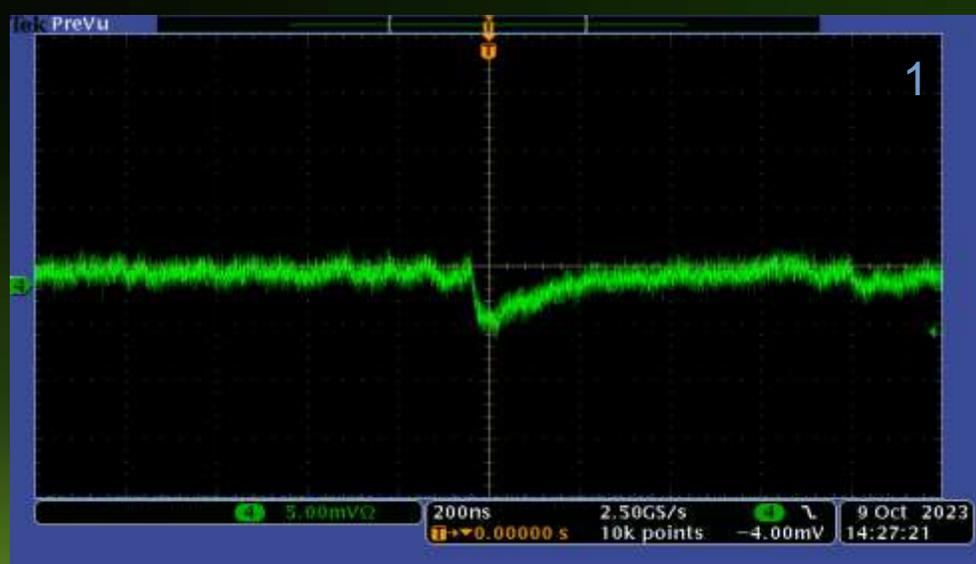
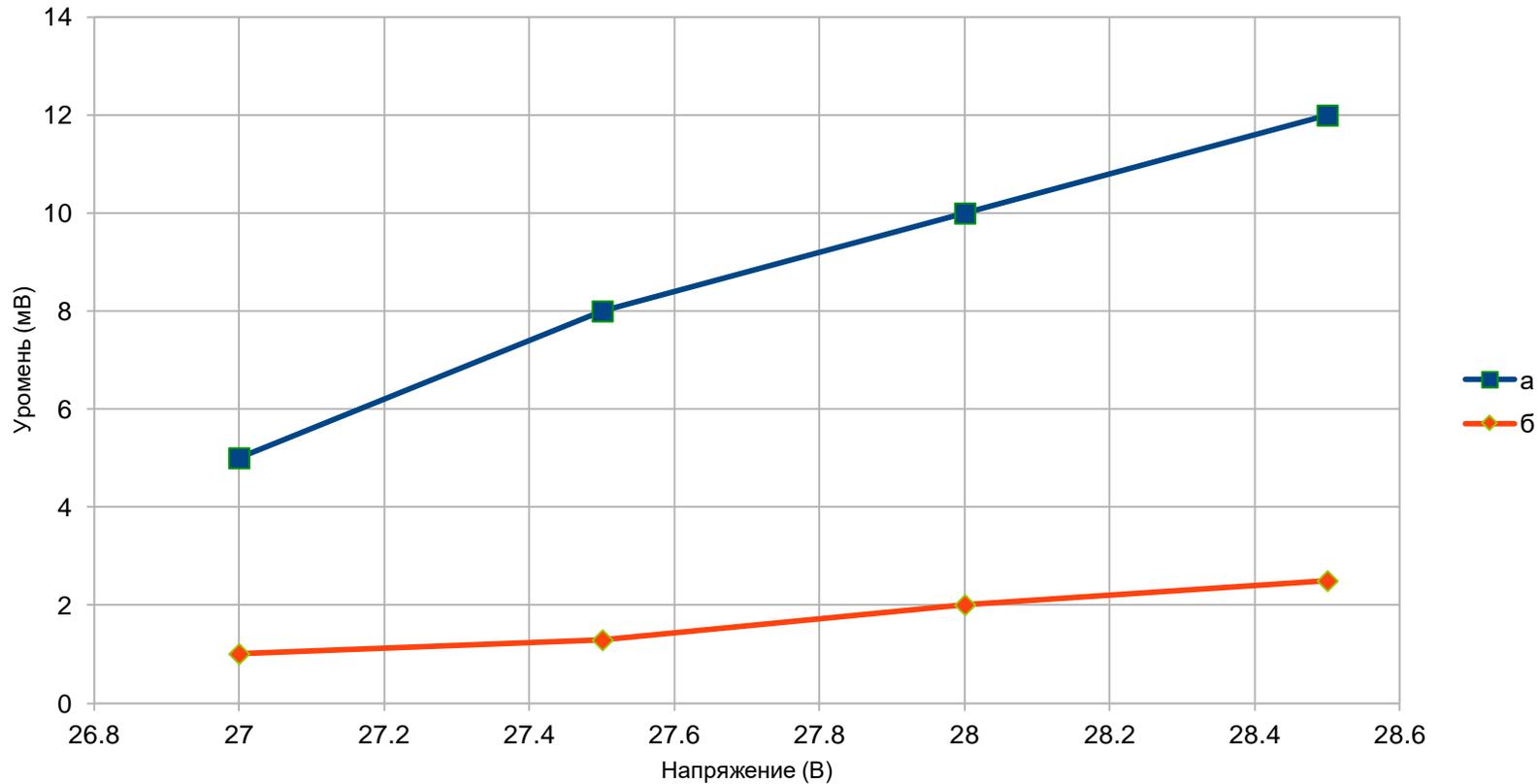


Рис 1-4

Сравнение уровня шумов для значений напряжения 27-28,5 В с шагов в 0.5 В.

Зависимость уровня сигналов и шумов от напряжения



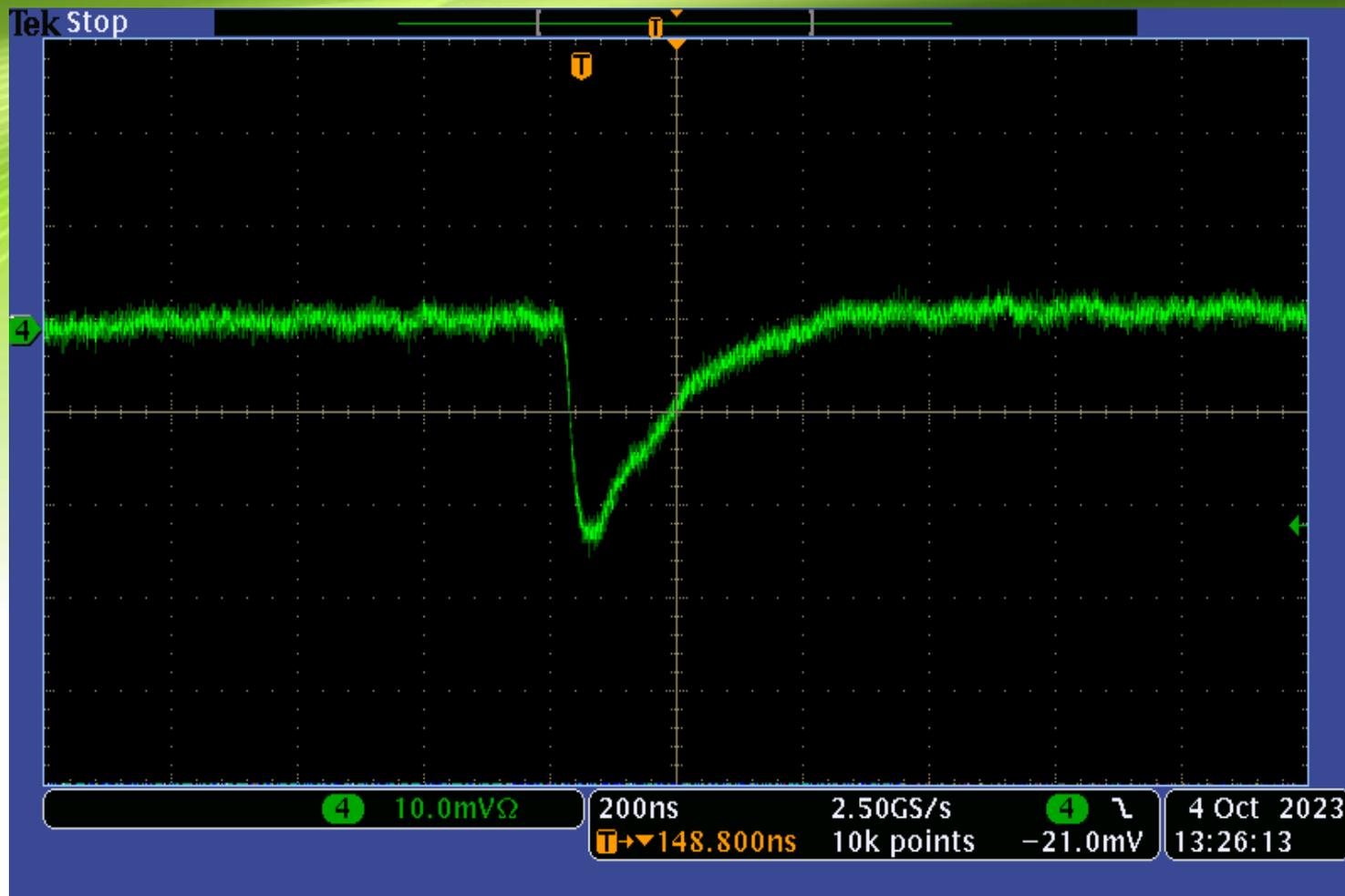
На данном графике представлена зависимость уровня сигналов и шумов от напряжения питания

Кривая «а» - уровень сигнала от одиночного фотоэлектрона
Кривая «б» - уровень шумов.

SiPM: MicroFC-600353(sensl)

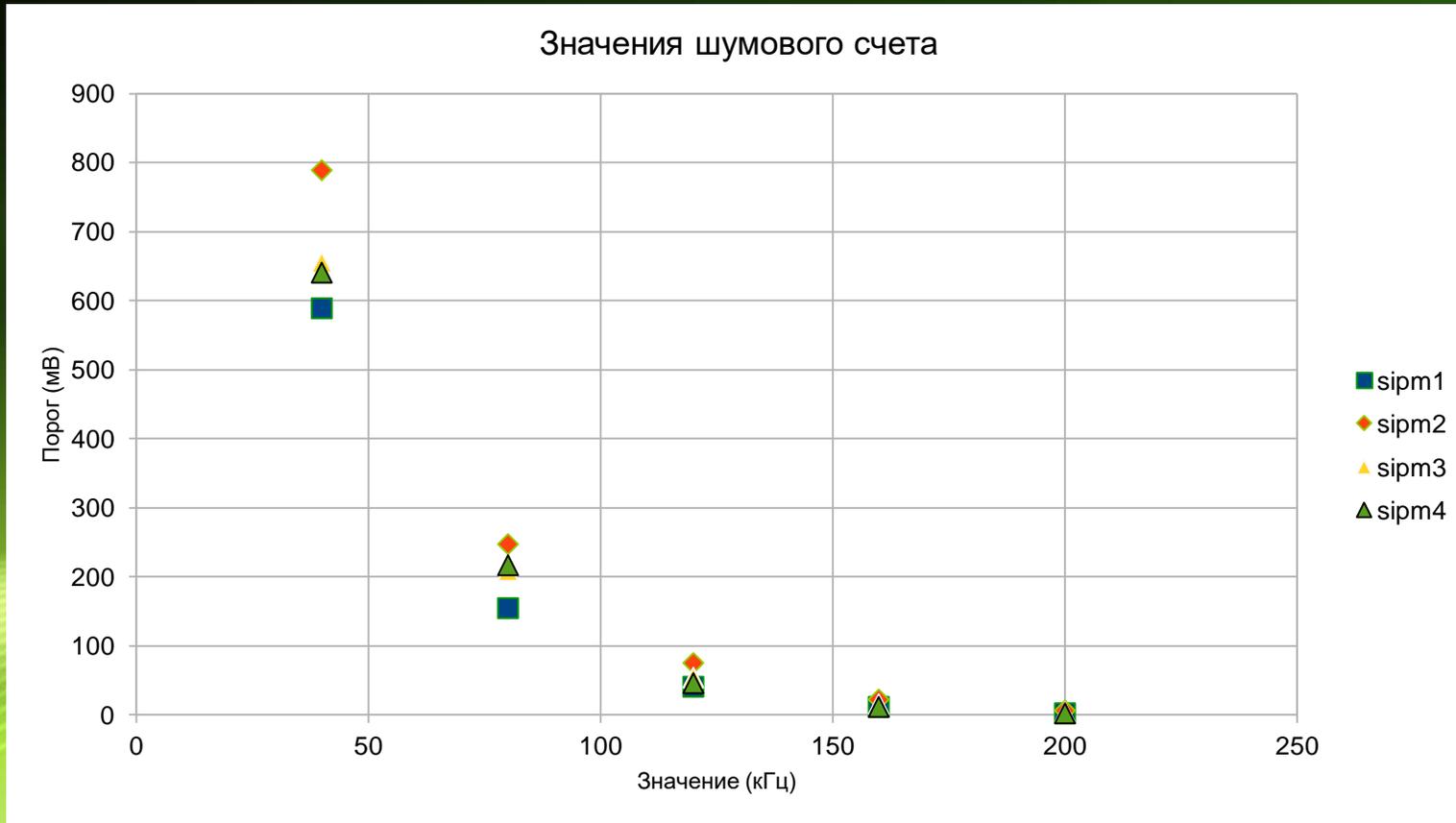
Оптимум по усилению и шуму выбран 27.5 В.

Шум при этом напряжении 490 кГц



Фронт нарастания импульса равен 8нс,
Фронт спада 200 нс,
Коэффициент усиления SiPM при данном
значении напряжения $1.5 \cdot 10^6$
(расчет на основе измерений)

Тесты на космических мюонах (порог на два
фотоэлектрона)



На данном графике для примера представлены значения шумового счета в зависимости от установленного порога соответствующему 1...2...3..и т. д. фотоэлектронам

Сравнение характеристик разных диодов

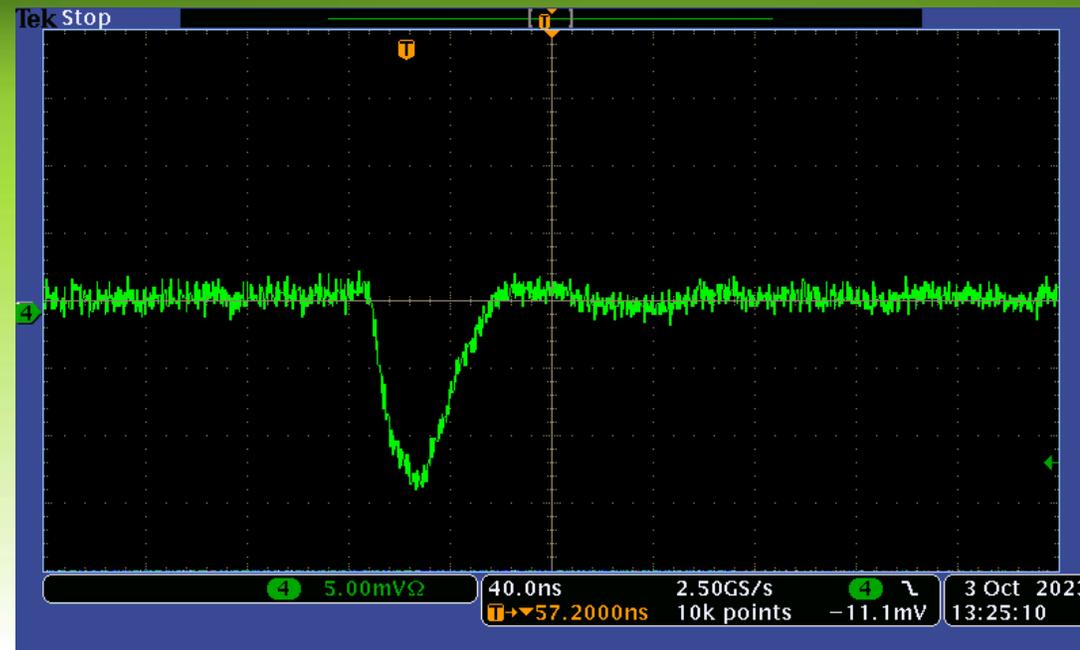
Характеристики SiPM

Фронт нарастания импульса - 5 нс

Длина импульса - 40 нс

Шумовой счет - 1,8МГц

Коэффициент усиления $\sim 3 \cdot 10^5$



Пример сигнала SiPM EQR15 11-6060D-S

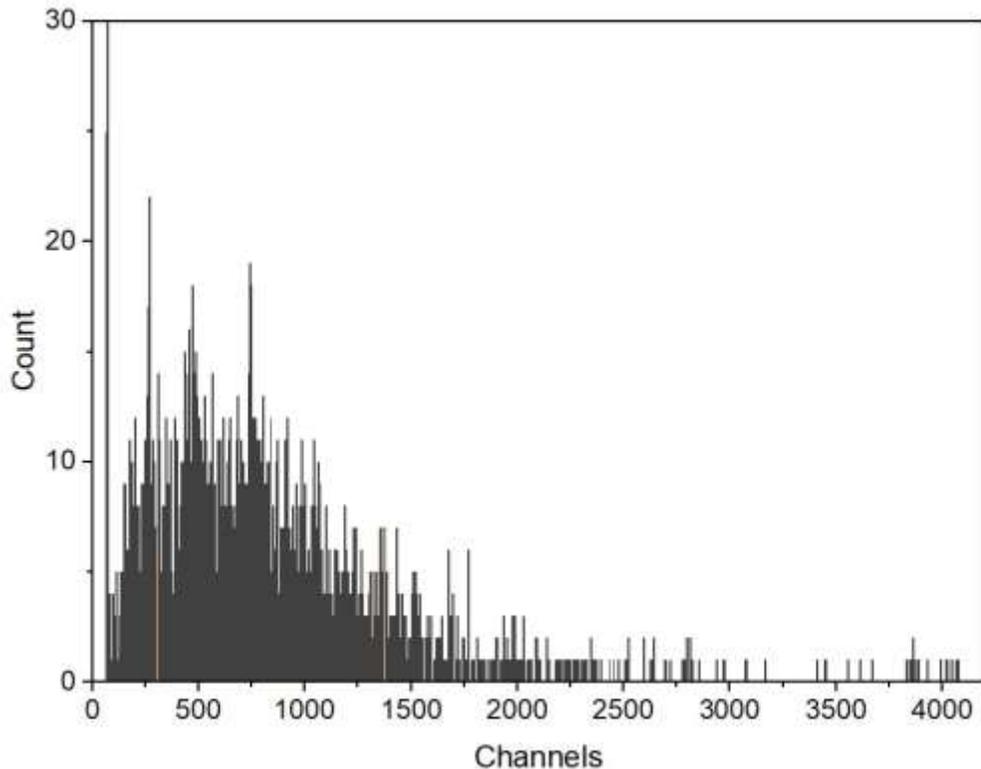
Сравнение характеристик разных SiPM:

MicroFC-60035(Sensl) : ячейка 35 микрон., ячеек 19000, фронт 7нсек,
шум 0.5МГц, усиление 1.5×10^6

ERQ15 11-6060D-S: ячейка 15 микрон., ячеек 160000, фронт 5нсек,
шум 1.8 МГц, усиление 3×10^5

Предварительные данные о возможности замены пассивных слоев СВИНЦОВЫМ СТЕКЛОМ

QDC cosmic plot(2 scint+glass)



Сигнал со стекла в 30 раз меньше, чем со сцинтиллятора (но есть) -космика

Жигарева Наталья Михайловна

Адаптация модели EPOS (K.Werner) для BMN, включение ее в комплекс программного обеспечения и проведение расчетов

Модель FSI для расчетов корреляционных функций при малых относительных скоростях вторичных частиц (R.Lednicky).

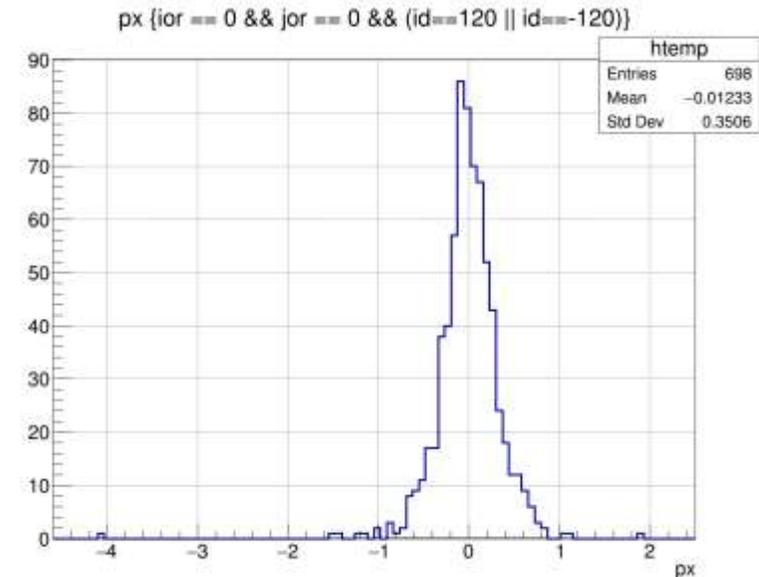
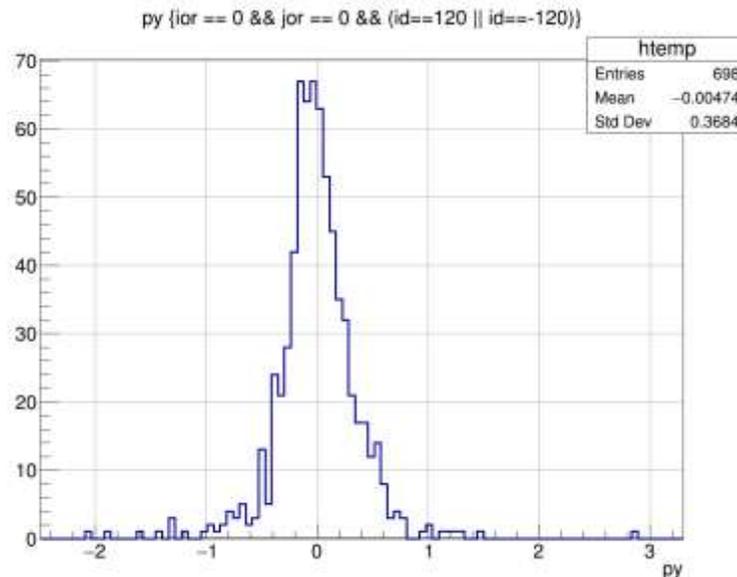
Модель EPOS – это Монте-Карло генератор, предназначенный для моделирования взаимодействий частиц в широком диапазоне энергий от ~ 4 ГэВ до 13000 ГэВ для систем от pp до PbPb (K.Werner's working group).

EPOS v4 (2022) – самая последняя версия модели, оптимизированная в данный момент под энергии LHC, добавление функционала в модель для низких энергий в процессе.

EPOS v3 – предыдущая работающая версия модели, оптимизированная под широкий диапазон энергий.

Модель представляет собой stand alone код, требующий для работы набор библиотек ROOT CERN, Libcint, фортрановские библиотеки.

Ar-Al @3.2AGeV



Для адаптации была выбрана модель версии 3 с возможностью последующего добавления версии 4.

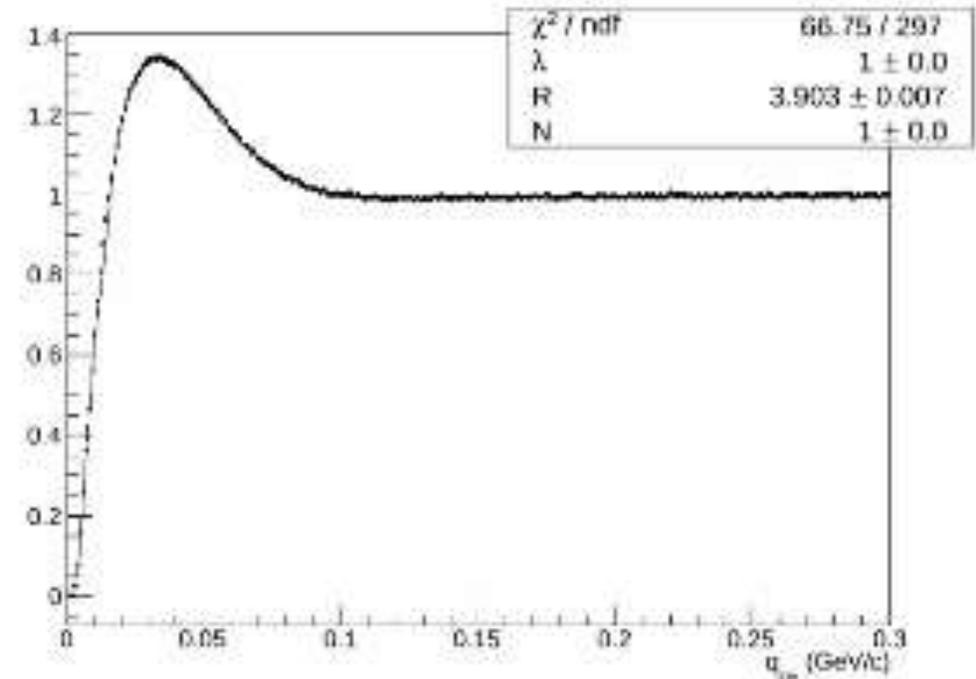
**Адаптация модели EPOS включает в себя создание класса MpdEPOSGenerator
bmnroot/generators/MpdEPOSGenerator.cxx
bmnroot/generators/MpdEPOSGenerator.h**

с возможностью использования этого класса в run_sim_bmn.C

Данный класс находится в стадии финальной отладки на малой статистике, после которого класс будет опубликован для общего доступа (<https://git.jinr.ru/nica/bmnroot>) и выполнено Монте-Карло моделирование с актуальной геометрией BM@N.

Lednicky's code

Check up for $K_{ch}K_{ch}$



Gaussian space distribution with radius **4fm**.

CF calculated by Lednicky's code with QS+Coulomb FSI

And then fitted by Bowler-Sinyukov formula:

$$CF(q) = 1 - \lambda + \lambda * K(q) * (1 + \exp(-q^2 r^2))$$

And we get

$$R_n = \mathbf{3.9fm} \text{ (2.5\% reduction)}$$

$K(q)$ – Coulomb factor

Lednicky's code

FSI pd

Strong ang
Coulmb FSI

Spherical source
approximation for
different source
radii

