



Spin Physics  
Detector



## Участие ПИЯФ в SPD

*Соснов Д.Е.*

28.12.2023

## Физика: \*

- Одинокные спиновые асимметрии, поперечная поляризация
- Многопартонные взаимодействия
- Экзотические резонансы
- Дикварки и т.п.

## Straw-трекер \*\*

(совместно с ОИЯИ, Дубна и ИЯФ, Алматы):

- R&D считывающей электроники
- R&D изготовления straw-трубок
- Моделирование отклика трубок
- Оптимизация реконструкции треков

## Компьютинг \*\*\*

## Сотрудники ПИЯФ в SPD

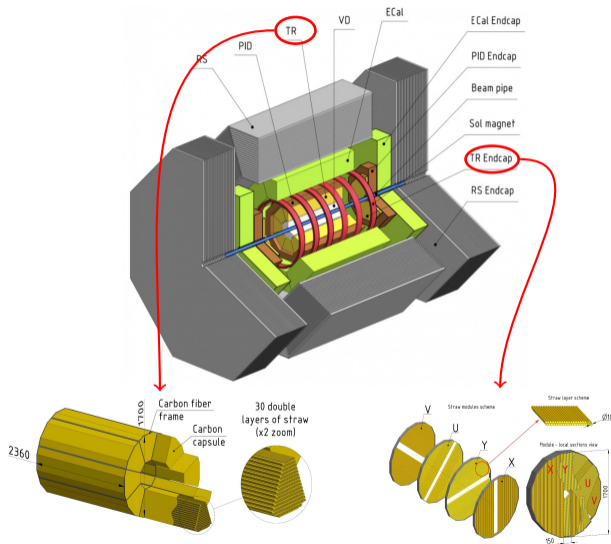
- Барсов С. Г. \*\*
- Буланова С. А. \*\*
- Егоров А. Ю. \*\*
- Зеленов А. В. \*, \*\*
- Ким В. Т. \*, \*\*
- Кирьянов А. К. \*\*\*
- Кузнецова Е. В. \*\*
- Малеев В. П. \*\*
- Малышев М. Ю. \*
- Мосолова Е. О. \*\*
- Сергеев А. В. \*
- Скальненков А. Ю. \*\*
- Соснов Д. Е. \*\*
- Федин О. Л. \*\*

### Более подробнее об основных направлениях физических задач:

- V. V. Abramov et al., “Possible Studies at the First Stage of the NICA Collider Operation with Polarized and Unpolarized Proton and Deuteron Beams”, *Phys.Part.Nucl.* **52** (2021) 6 1044, [doi:10.1134/S1063779621060022](https://doi.org/10.1134/S1063779621060022)
- A. Arbuzov et al., “On the physics potential to study the gluon content of proton and deuteron at NICA SPD” *Progress in Particle and Nuclear Physics* **119** (2021) 103858, [doi:10.1016/j.ppnp.2021.103858](https://doi.org/10.1016/j.ppnp.2021.103858)

## Straw-трекер SPD

- Восстановление треков заряженных частиц
- Измерение импульсов частиц в магнитном поле
- Идентификация частиц по измеренным ионизационным потерям энергии
- Straw-трекер: ~ 20 тыс. straw-трубок диаметром 10мм в барельной части (ultra-sonic welding) и ~20 тыс в эндкапах (winding)



## Цели R&D по выбору считывающей электроники straw-трекера:

- Определение требований к считывающей электронике
- Изучение существующих ASIC<sup>a</sup> потенциально подходящих для считывания сигналов со straw-трубок:
  - Измерение пространственного разрешения straw-трубок
  - Измерение зарядового разрешения

<sup>a</sup>ASIC – application-specific integrated circuit, интегральная схема специального назначения

## Тестовые пучки в 2022 году

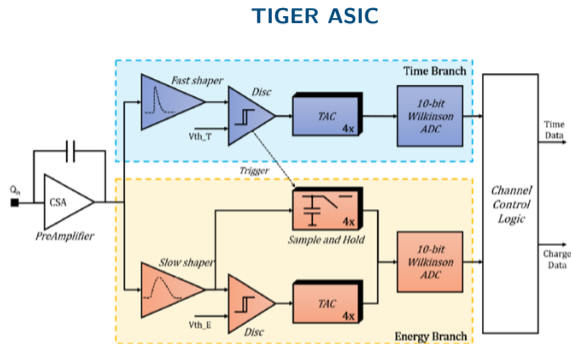
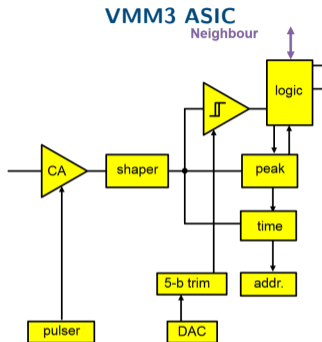
В 2022 году 3 тестовых пучка на CERN SPS ( $\mu$ , 70 – 150 GeV):

- Создание установки для измерений на тестовых пучках
- Straw-трубки диаметром 6 мм (NA64)
- Считывающая электроника:
  - Mu2E (VMM3-based)
  - TIGER

## Тестовые пучки в 2023 году

В 2023 году 3 периода набора данных на CERN SPS ( $\mu$ , 70 – 150 GeV). Первый прототип со straw-трубками 10мм.

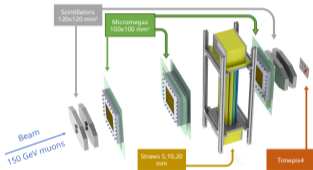
- April-May
  - Считывающая электроника: TIGER
  - Номинальное напряжение
- July
  - Считывающая электроника: TIGER and Mu2E (VMM3-based)
- August-September
  - Считывающая электроника: Mu2E (VMM3-based) в течении большей части времени + TIGER
  - HV scan



## Основные различия:

- TIGER обладает двумя формирователями сигнала – для измерения времени и заряда
- ... Но обладает слишком высоким электронным усилением и малым диапазоном измеряемых зарядов
- VMM3 имеет выбор разных формирователей и значений электронного усиления, что позволяет собирать данные с изменением времени или энергии с высокой точностью

## Тестовая установка: прототип 2023



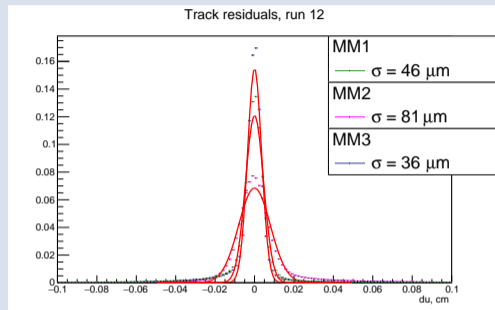
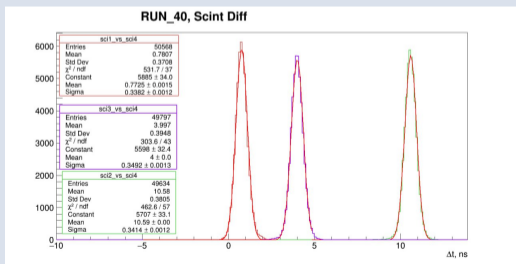
Тестовая установка состоит из:

- 3 Сцинтиллятора
- 4 MicroMegas (с шагом  $250\mu\text{m}$ ):  
3 по оси X, 1 по оси Y
- Straw Combined Plane:
  - 36 straw-трубки диаметром 5 мм
  - 18 straw-трубки диаметром 10 мм
  - 8 straw-трубки диаметром 20 мм
- TimePix 4 (размер пикселя  $55\times 55\mu\text{m}$ )



## Разрешение референсной трековой системы

- Разрешение треков, реконструируемых при помощи MicroMegas: менее  $81 \mu\text{m}$
- Планируется улучшение после полного включения данных с TimePix



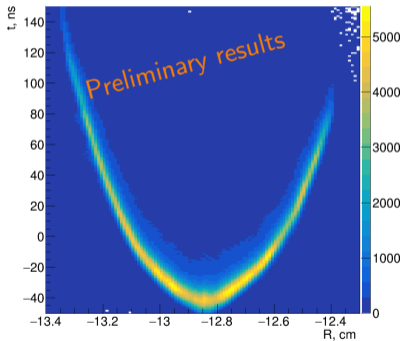
## Временное разрешение $T_0$

- Определение времени прохода частицы: менее  $400 \text{ ps}$

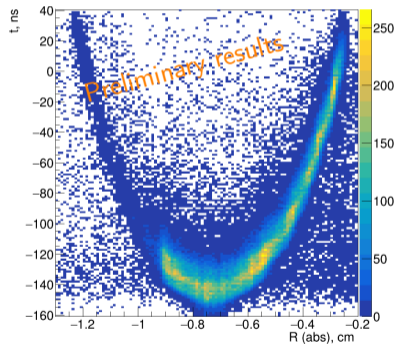


Примеры зависимости времени дрейфа от проложения трека  $R(T)$

Апрель, TIGER ASIC



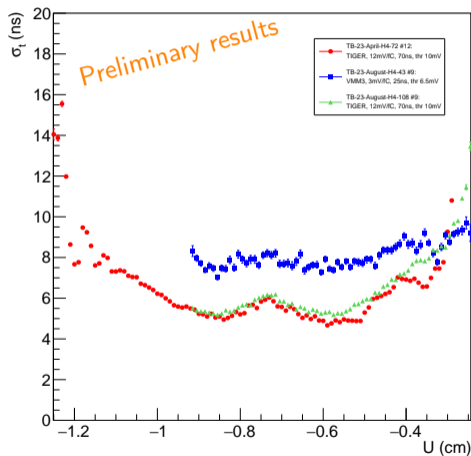
Август, VMM3 ASC



## Временное разрешение

- Апрель, считывание TIGER ASIC (красные круглые маркеры)
- Август, считывание VMM3 ASIC (синие квадратные маркеры)
- Август, считывание TIGER ASIC (зеленые треугольные маркеры)

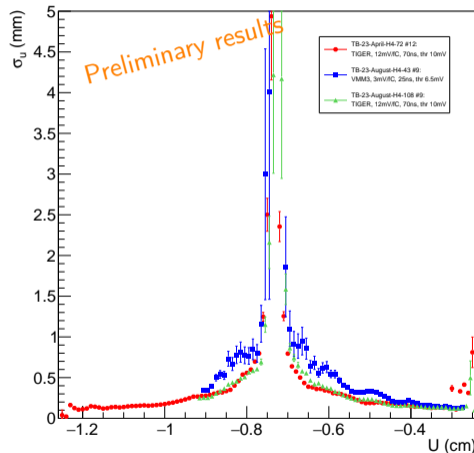
Лучшее полученное разрешение для straw-трубок диаметром 10мм:  
5 (TIGER) и 7 (VMM3) ns



## Пространственное разрешение:

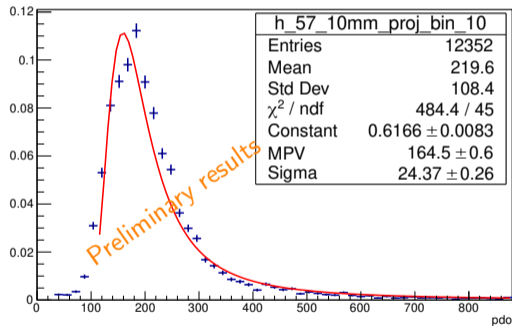
предварительные результаты не учитывающие конечное разрешение референсного трекера (средневзвешенное с ошибками)

- Апрель, считывание TIGER ASIC,  $160 \mu\text{m}$
- Август, считывание VMM3 ASIC,  $170 \mu\text{m}$
- Август, считывание TIGER ASIC,  $160 \mu\text{m}$



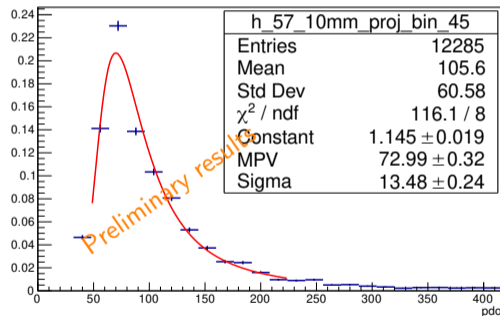
## Распределение заряда в бине $100\mu\text{m}$ , 1 мм от проволоки

TB-2023-August-H4-57: 10mm straw #9 energy, 1.0mm from wire



## Распределение заряда в бине $100\mu\text{m}$ , 4.5 мм от проволоки

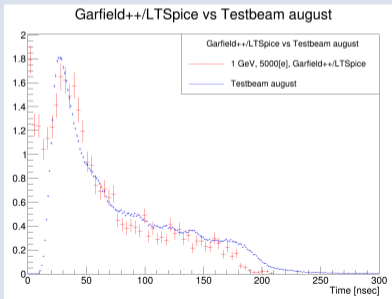
TB-2023-August-H4-57: 10mm straw #9 energy, 4.5mm from wire



Текущая работа, связанная с моделированием реалистичного отклика straw-трубок:

- 1 Выполнено моделирование генератором GARFIELD++ с использованием пакета LTSpice для моделирования электроники. Использованные модели: и TIGER и VMM3 ASIC.
- 2 Улучшение моделирования в пакете SPDRoot

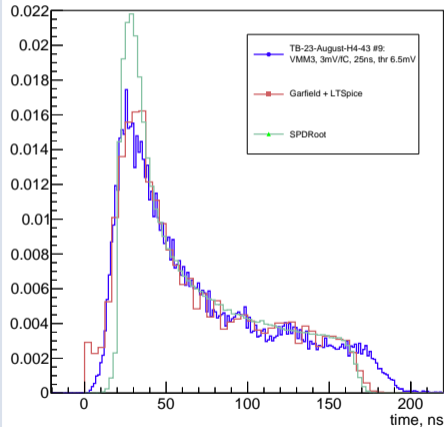
## Сравнение времени дрейфа, TIGER



генератор: GARFIELD++; модель электроники: TIGER

## Сравнение времени дрейфа, VMM3

### Drift time comparison



генератор: GARFIELD++; модель электроники: VMM3

### Публикации:

- Vitalii Bautin et al. "VMM3 ASIC as a potential front end electronics solution for future Straw Trackers", *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A* **1047** (2023) 167864, [doi:10.1016/j.nima.2022.167864](https://doi.org/10.1016/j.nima.2022.167864)
- A. Zelenov et al. "Testbeam Measurements and Realistic Simulation for the SPD Straw Drift Tubes", *Phys. Atom. Nuclei* **86** (2023) 832, [doi:10.1134/S1063778823050459](https://doi.org/10.1134/S1063778823050459)

### Дипломные работы:

- Буланова С. А., магистерская работа СПбПУ "Параметризация отклика трековой системы эксперимента SPD на коллайдере NICA"
- Мосолова Е. О., магистерская работа СПбПУ "Оптимизация геометрии координатного straw-детектора эксперимента SPD NICA"

## Выводы

### Straw-трекер

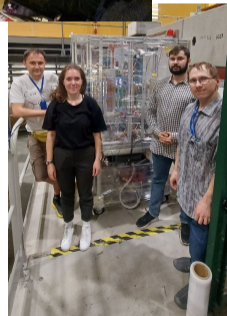
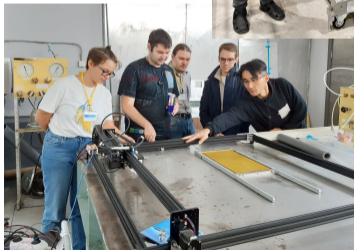
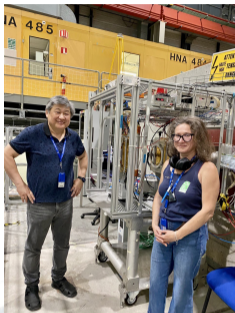
- Проведены изменения на тестовых пучках SPS с имеющимися вариантами считывающей электроники
- По результатам измерений сформулированы требования к новым версиям ASIC.
- Проведены измерения пространственного и зарядового разрешения, ведется анализ данных
- Продолжается работа по моделированию реалистичного отклика straw-трубок

### Физика

- Разрабатывается Монте-Карло генератор:
  - Проведены оценки поляризации  $\Lambda$
  - Проведены оценки различных выходов адронов с большими  $p_T$  и их корреляций

### Компьютинг

- Продолжена разработка концепции компьютеринга SPD





Спасибо за внимание!

И счастливого нового года!

