

ВЭПП-6: Детектор.

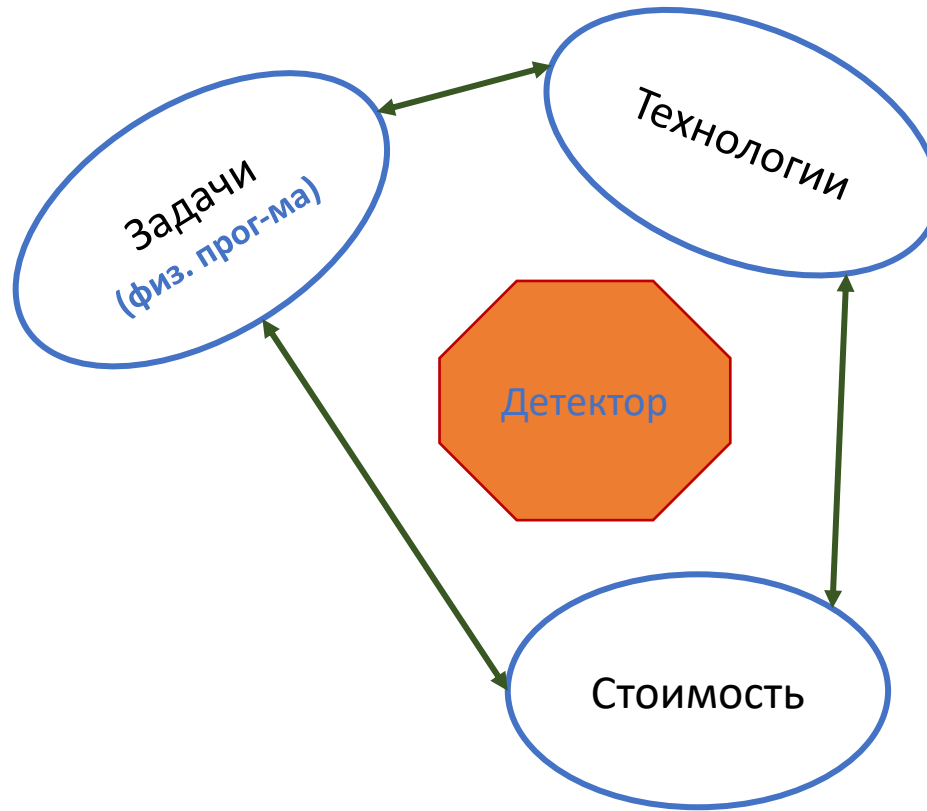
(основные аспекты)

А. Барняков и др.

Совещание по ВЭПП-6, 19/12/2025г.,

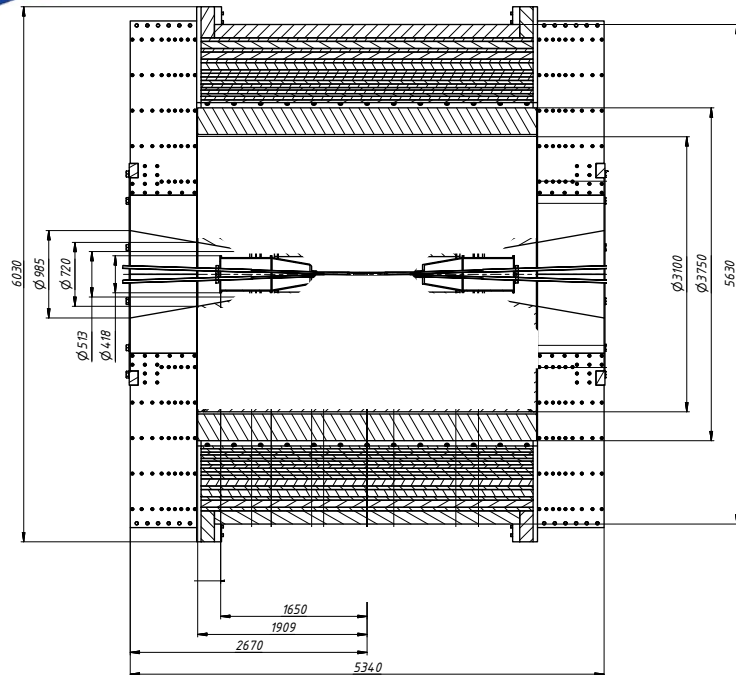
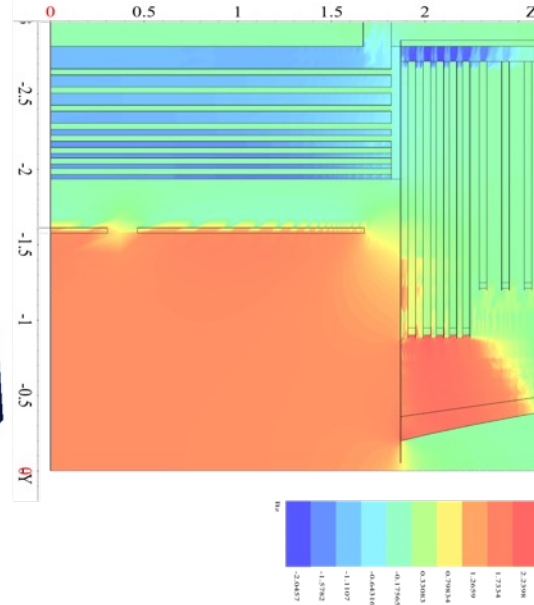
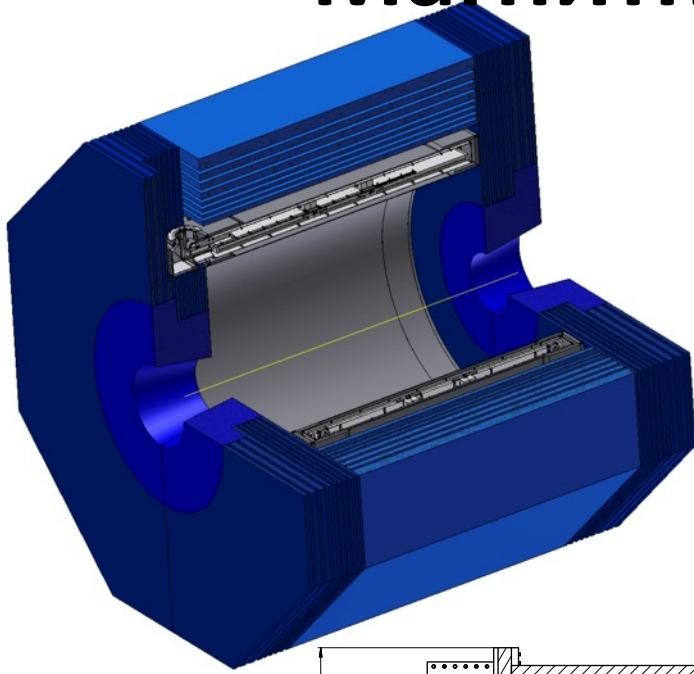
ИЯФ СО РАН

Введение – аннотация.

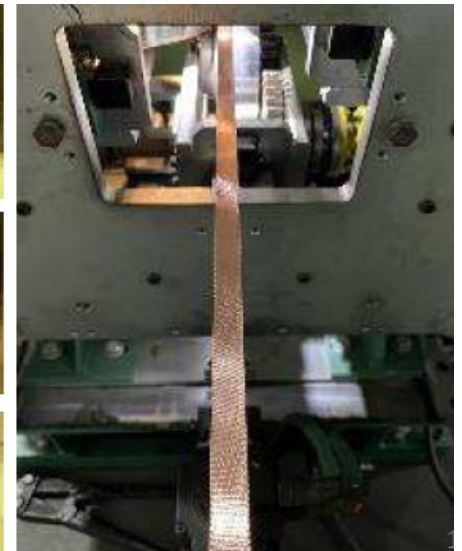
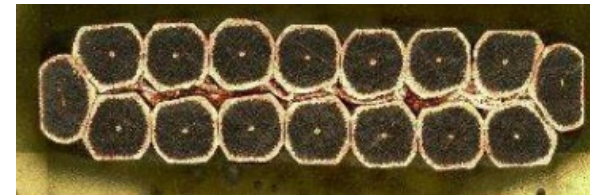


- Детектор для Супер С-Тау фабрики разрабатывался, в основном, исходя из требований физ.программы эксперимента
- Наличие и доступность технологий будет играть более определяющую роль при разработке детектора для ВЭПП-6
- Физическая программа эксперимента – основной источник для формулировки ТЗ на детектор.

Магнитная система: ярмо и СП катушка



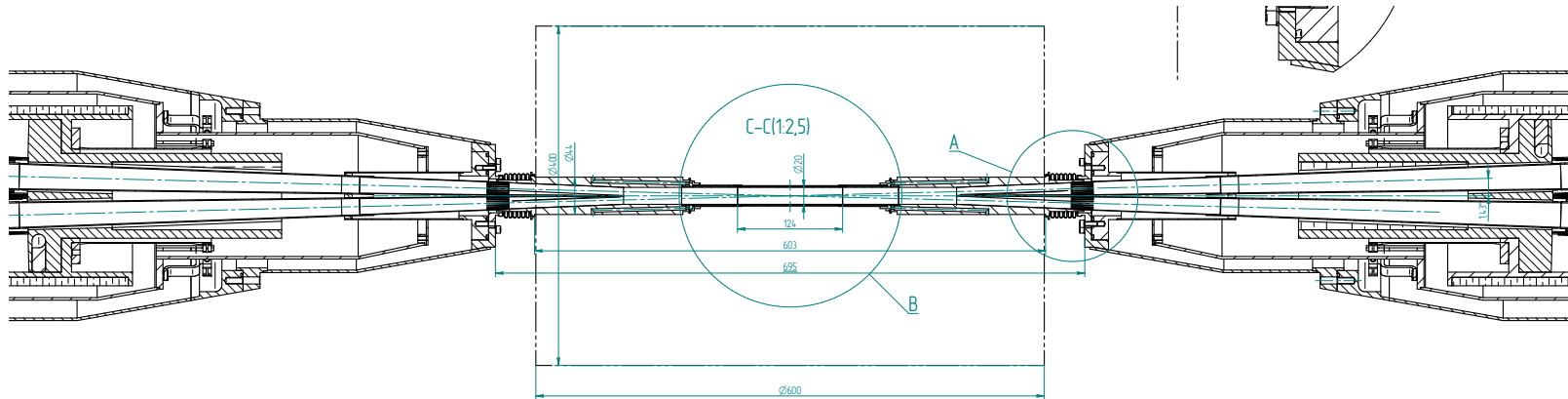
Разработка СП шины в РФ



Wuxi Toly Electric Works Co.,Ltd (Китай)

<https://indico.pnp.ustc.edu.cn/event/4580/contributions/31969/>

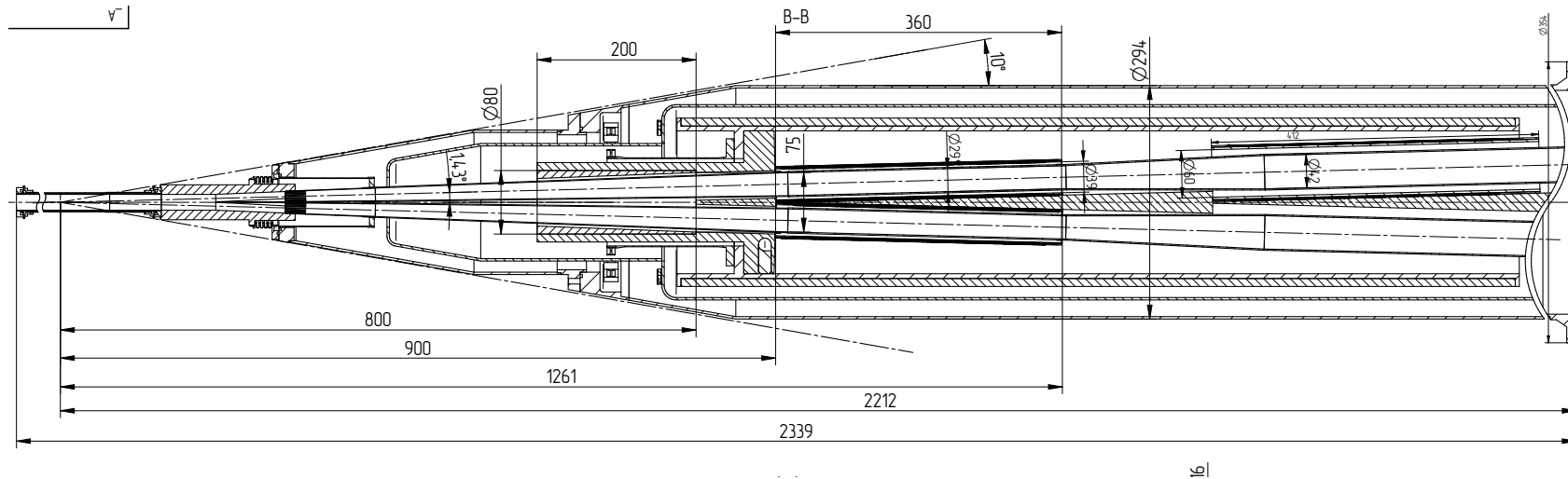
ФФ → ЦВК → Внутренний треккер.



- ЦВК не имеет разъемных соединений

→ $\varnothing(\text{ДК})_{\min} \geq 400 \text{ мм}$;

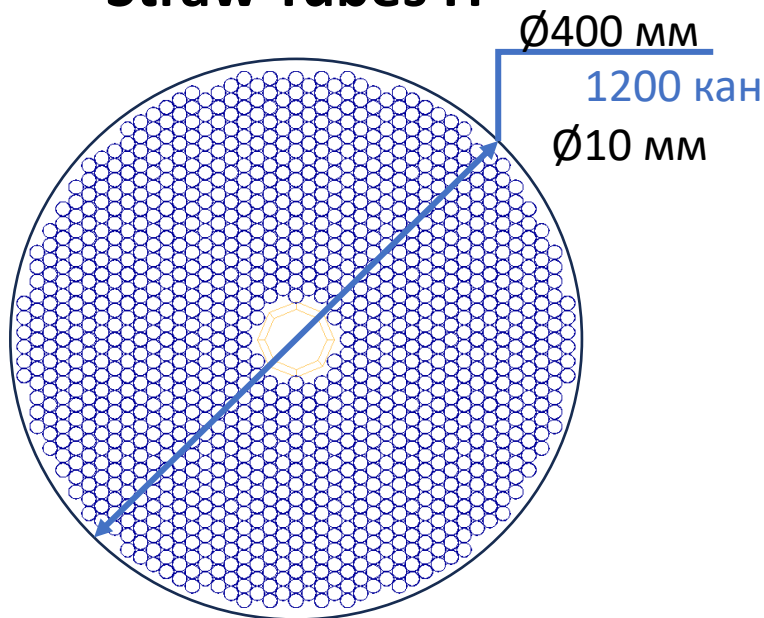
- Внутренний треккер:
 - $\varnothing 40 \div 400 \text{ мм}$, $L=600 \text{ мм}$;
 - разъемная конструкция.



- Silicon strip треккер
или
- Straw Tubes треккер

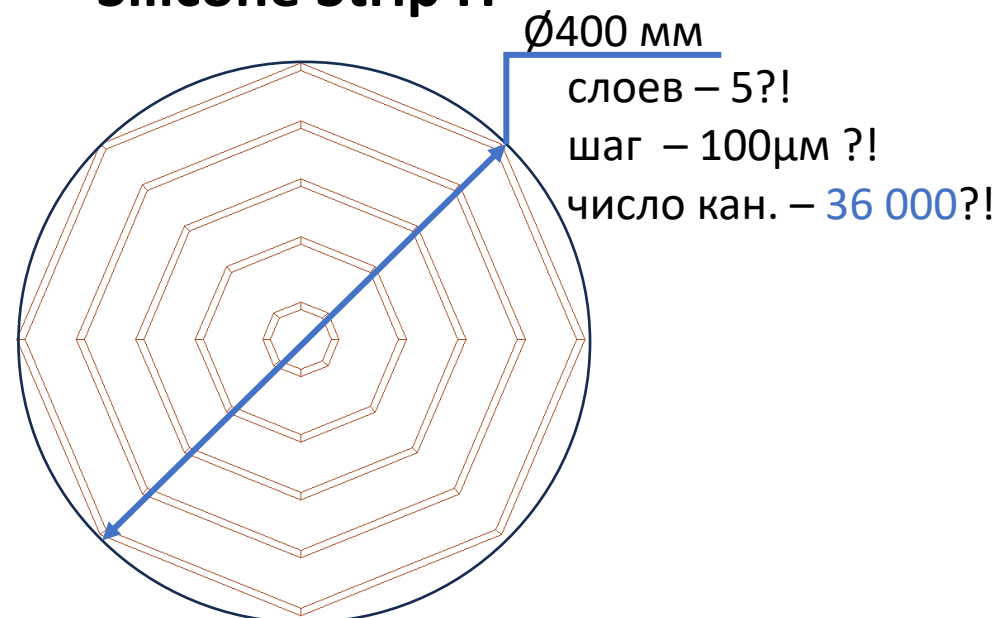
Варианты Внутреннего Трэккера (ВТ).

Straw Tubes IT



- 15÷16 хитов/трэк с $\sigma_r \leq 120\mu\text{м}$;
- $\sigma(dE/dx) \approx 10 \div 12\%$
- $\sigma_P/P - ?!$
- относительно дешевый вариант
- кол-во материала: $0.7\%X_0$?

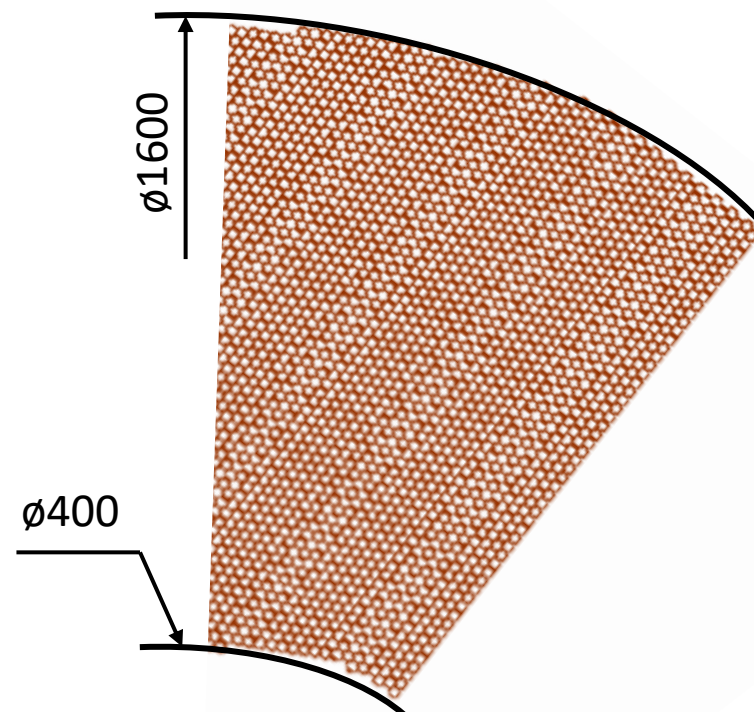
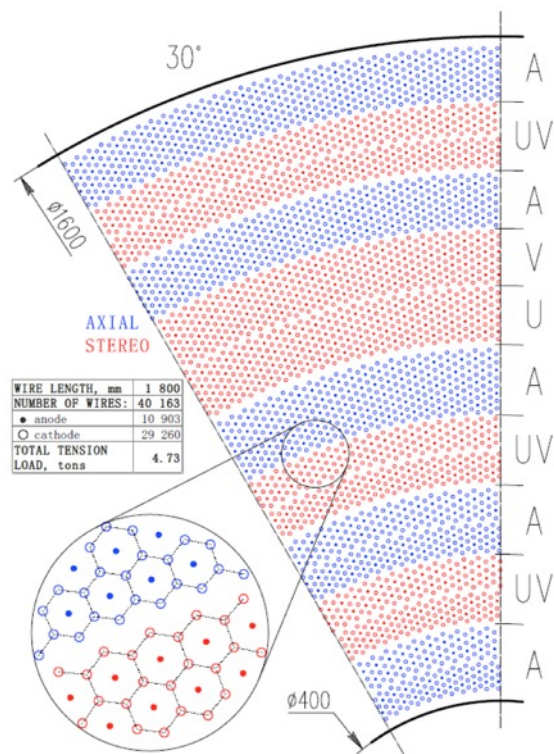
Silicone Strip IT



- 4÷5 хитов/трэк с $\sigma_r \approx 20 \div 30\mu\text{м}$;
- $\frac{dE}{dx} - ???$
- $\sigma_P/P - ?!$
- $\sigma_t \leq 2\text{ нс}$
- кол-во материала – $2\%X_0$?

НУЖНО ОПРЕДЕЛИТЬ ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ВТ!!!
можно рассмотреть комбинированный вариант!?

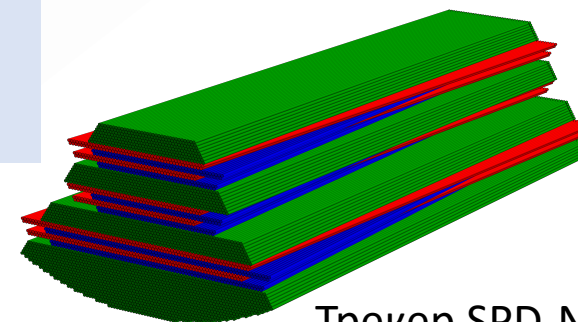
Основная трековая система



Проект ДК для ССТФ хорошо проработан:
ведется прототипирование.

- 40k проволок, включая 10k анодных
- $\sigma(dE/dx) \approx 6 \div 7\%$
- $\sigma_P/P \approx 0.4\% @ 1\text{ГэВ/с}$

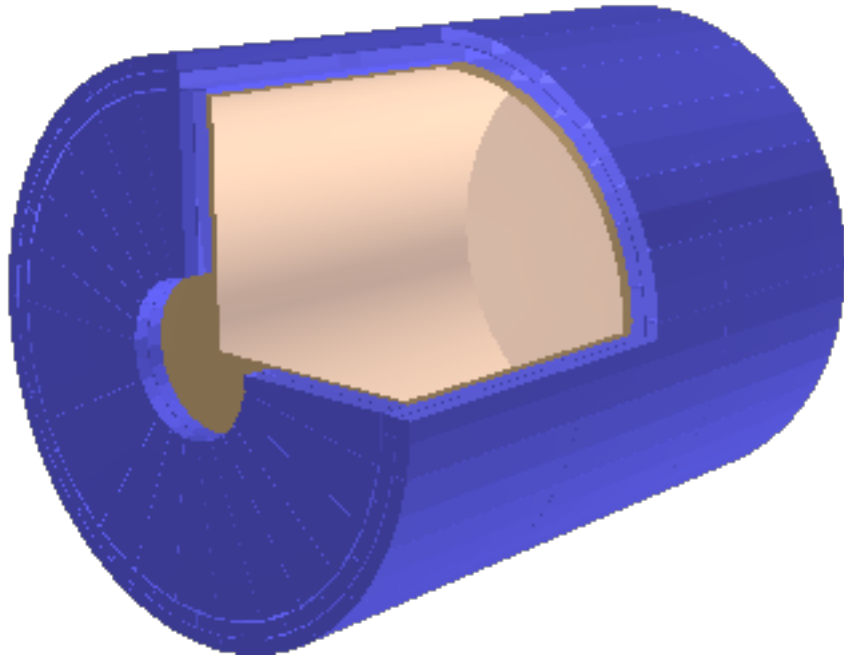
- 19 260 трубочек Ø10 мм
- 54 хита/трэк
- $\sigma(dE/dx) \approx 10\%$
- $\sigma_P/P \approx 1\% @ 1\text{ГэВ/с}$
- Технологичность?!



Трекер SPD-NICA

Система идентификации (π/К-разделение)

АШИФ-SiPM

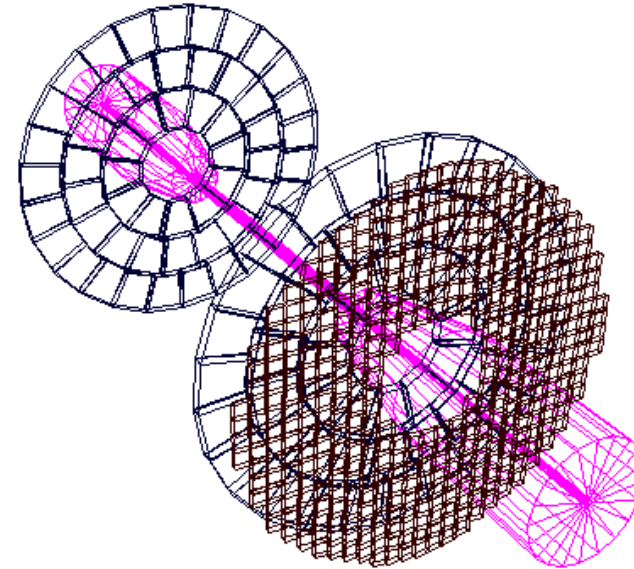


Параметрическое моделирование
системы АШИФ в AURORA 3.0.0:

- 300 счетчиков с два слоя
- Аэрогель с $n=1.03 \rightarrow \pi/K$ от 0.6 до 2.0 ГэВ/с
- $350 \cdot 15(16) = 5250$ (5600) SiPM 3x3 мм

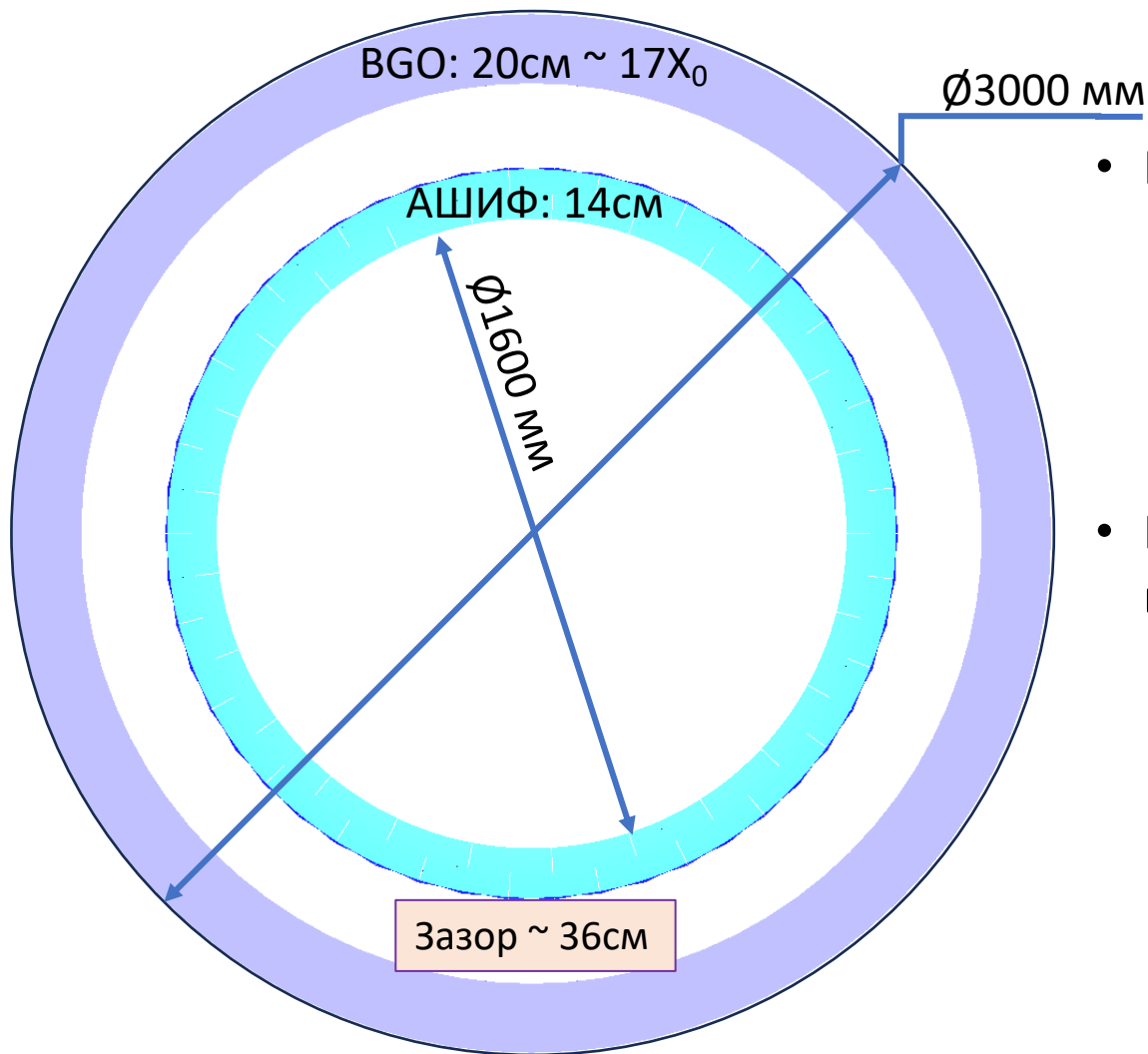
Опция АШИФ хорошо проработана для СТСФ (Китай)
ведется прототипирование.

ФАРИЧ для торцов



- 3÷4-слойный аэрогель с $n_{\max}=1.05$
- ФЭУ с МКП с пикселем 3x3 мм: $\sigma_x \leq 1$ мм и $\sigma_t \leq 30$ пс
- $\mu/\pi/K$ -разделение:
 - $P \geq 0.4$ ГэВ/с по ЧИ из аэрогеля
 - 80% трэков по ToF на входном окне
 - μ/π при $0.10 \leq P \leq 0.4$ ГэВ/с
 - π/K при $0.15 \leq P \leq 2.0$ ГэВ/с
- дополнительная координата в торце с $\sigma_x \leq 1$ мм
- $\frac{\sigma_p}{p} = \gamma^2 \cdot \frac{\sigma_\beta}{\beta} = \gamma^2 \cdot \tan \theta \cdot \sigma_\theta^{tr}$

Калориметр



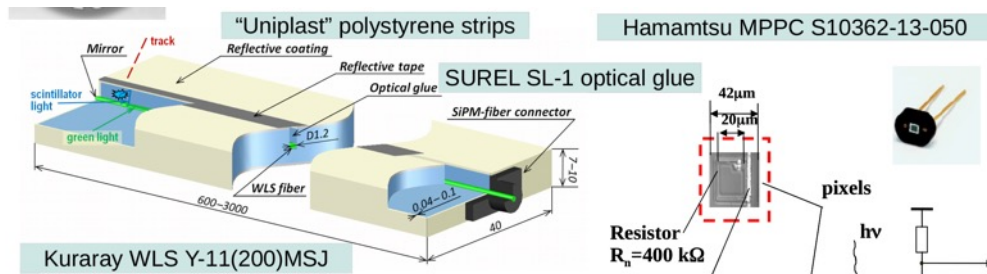
- BGO кристаллы + PiN фотодиоды
 - $\sigma_E/E \approx 3 \div 4\% @ 1 \text{ ГэВ?!?!}$
 - $\tau \approx 0.3 \text{ мкс}$
 - $20\text{см}/1.13\text{см} \approx 17X_0$
 - $\sigma_x^\gamma \sim 4 \div 5 \text{ мм} @ 0.1 \text{ ГэВ}$
- BGO-Ecal и АШИФ позволят использовать зазор в 36 см для доп. систем
 - 3-слойного АШИФ (1.05/1.03/1.015)
 - $\mu/\pi @ 0.35 \leq P \leq 0.8 \text{ ГэВ/с}$
 - LKr ($4 \div 5X_0 \approx 19 \div 24 \text{ см}$)
 - $\sigma_x^\gamma \sim 1 \text{ мм} @ 0.1 \text{ ГэВ}$
 - Увеличить ДК
 - Сэкономить на объеме BGO?!

Мюонная система

Сцинтилляционные полосы



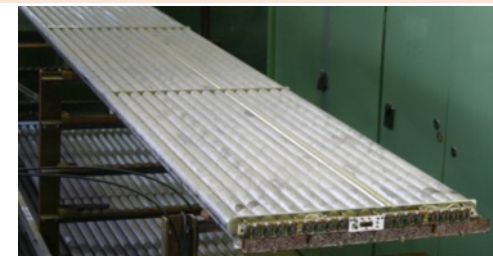
- 6320÷12000 стрипов 300x4x1 см
- более 30 км WLS
- более 20 000 SiPM



Стриммерные трубки



- 6720 стриммерных трубок с $\varnothing 4$ см
- можно рассмотреть ту же технологию производства, что и для STRAW TUBES от ОИЯИ
- можно повторить опыт ИЯФ СО РАН



Вместо заключения

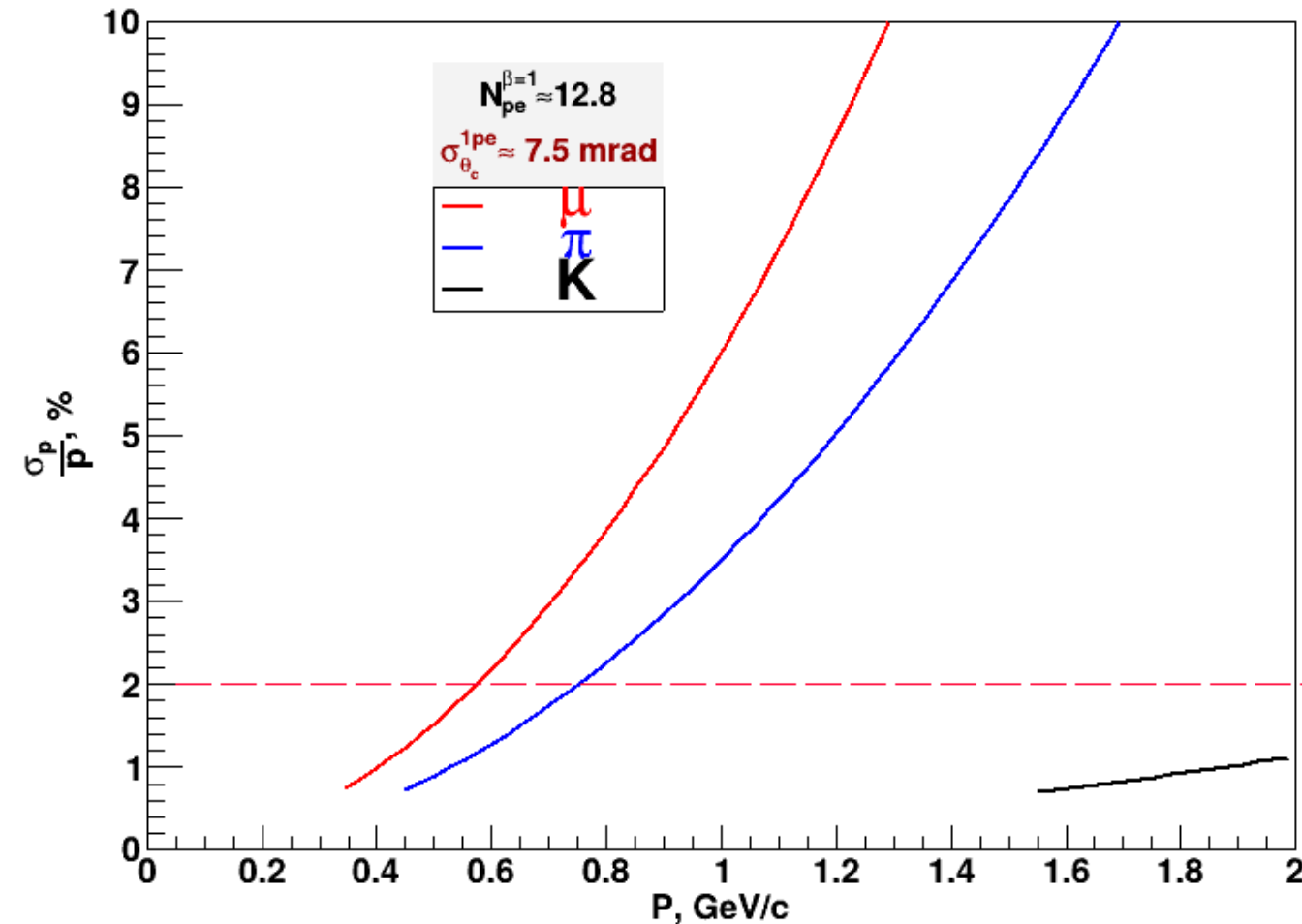
Важные, но не затронутые в презентации вопросы:

- Электроника
- ССД
- Система хранения и обработки данных

ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ КМД и СНД крайне важен, но стоит помнить (×10)

Реализация проекта детектора для ВЭПП-6 потребует в несколько раз большие ресурсы, чем КМД и СНД эксперименты вместе взятые,
включая кадровые!

Momentum measurements with FARICH



$$\frac{\sigma_p}{p} = \gamma^2 \cdot \frac{\sigma_\beta}{\beta}$$

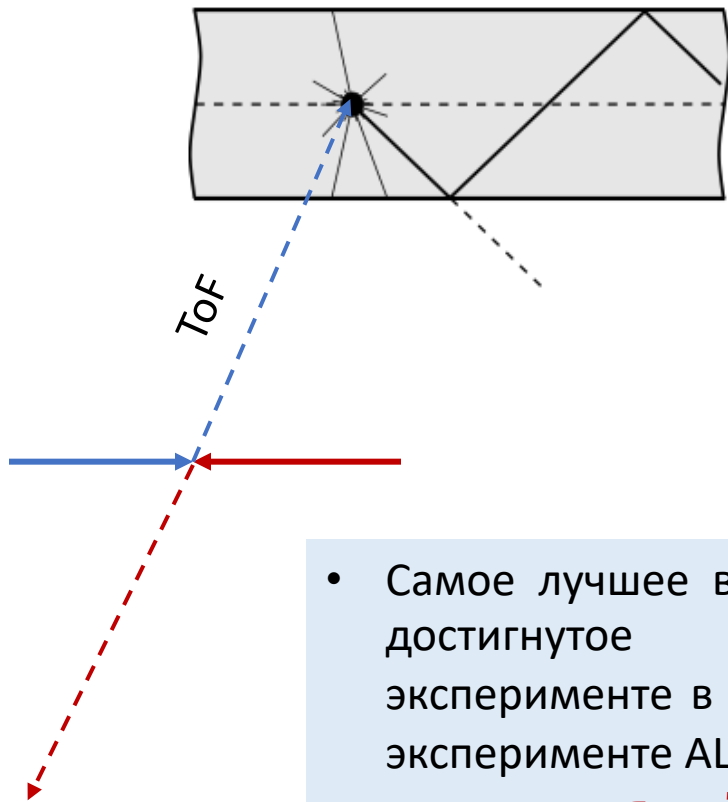
$$\frac{\sigma_p}{p} = \gamma^2 \cdot \tan \theta \cdot \sigma_\theta^{tr}$$

$$\sigma_\theta^{tr} = \frac{\sigma_\theta^{1pe}}{\sqrt{N_{pe}(p)}} = \frac{\sigma_\theta^{1pe}}{\sqrt{N_{pe}^{\beta=1}}} \cdot \frac{p\sqrt{n^2 - 1}}{\sqrt{p^2(n^2 - 1) - m^2}}$$

$$\frac{\sigma_p}{p} = \frac{p\sqrt{p^2 + m^2}}{m^2} \sqrt{n^2 - 1} \cdot \frac{\sigma_\theta^{1pe}}{\sqrt{N_{pe}^{\beta=1}}},$$

where m – particle mass, p – particle momentum, $n = 1.05$ – refractive index of aerogel, σ_θ^{1pe} and $N_{pe}^{\beta=1}$ are single photon Cherenkov angle resolution and number of detected photons per track correspondingly measured with relativistic electron beams.

Time of Flight (ToF)



- Самое лучшее временное разрешение, достигнутое в коллайдерном эксперименте в системе ToF (BES-III) и в эксперименте ALICE

$$\sigma_t = 70 \div 90 \text{ пс}$$

- Неопределенность t_0 квадратично добавляется к σ_t и зависит от параметров пучка:

$$l_{\text{bunch}} = 5 \div 10 \text{ мм} \rightarrow \sigma_{t_0} = 15 \div 30 \text{ пс}$$

- При пролетной базе $\sim 1 \text{ м}$ возможно обеспечить π/K -разделение до 1 ГэВ/с

