



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ ИМЕНИ А.А.ЛОГУНОВА

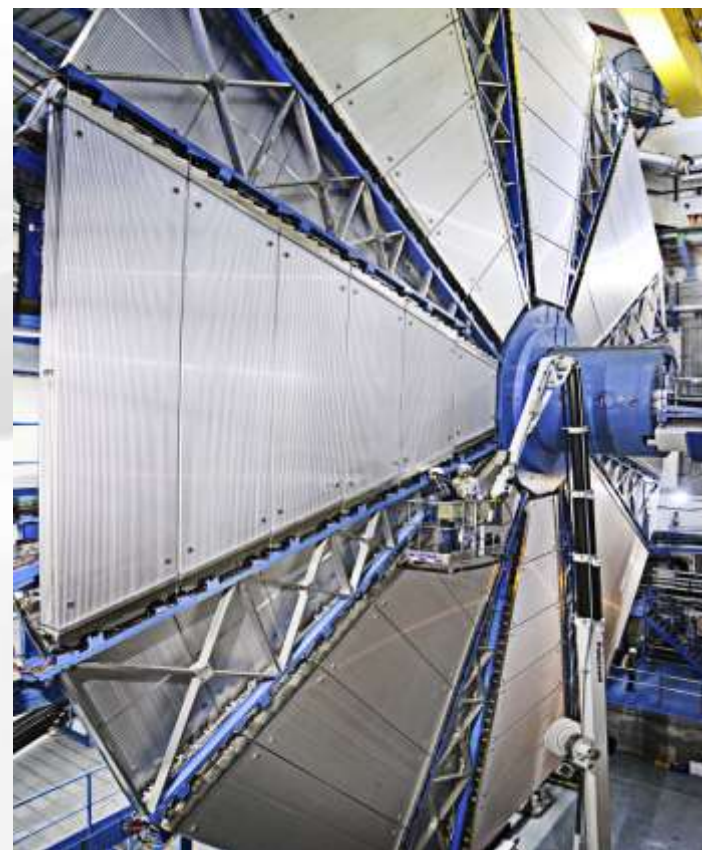
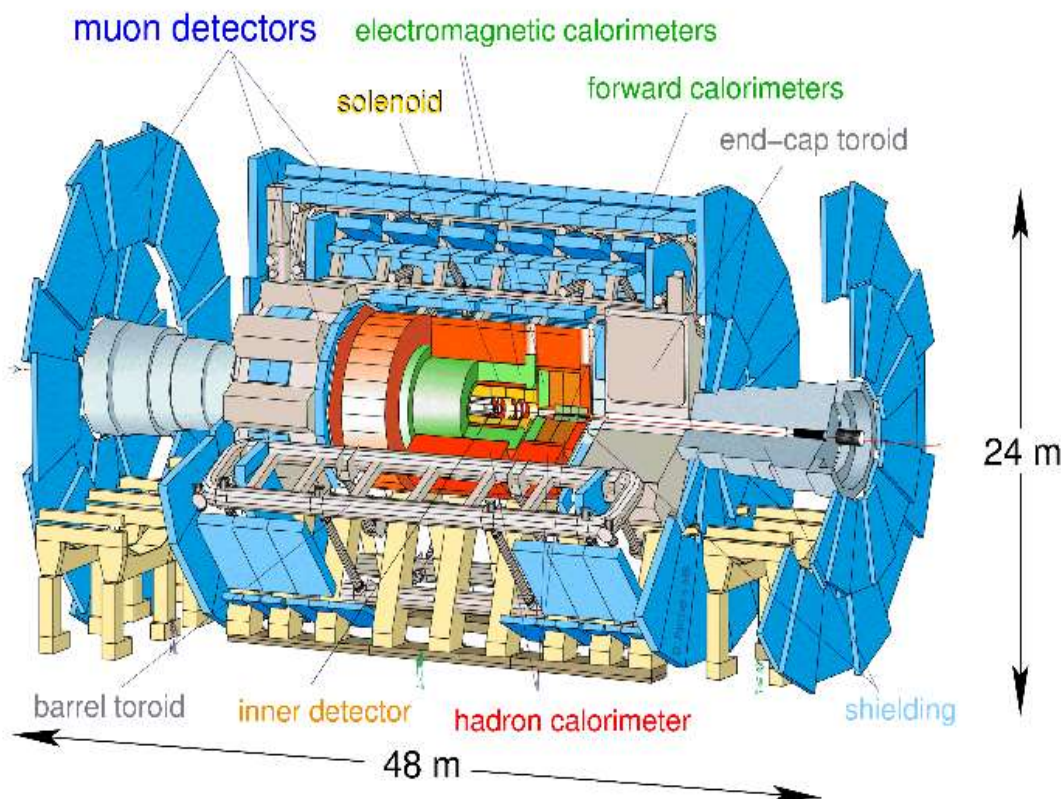
А.А. Борисов, А.С. Кожин, Р.М. Фахрутдинов

**Разработки и опыт изготовления
трековых детекторов из дрейфовых трубок в
НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ (Протвино)**

**Камеры из 30 мм дрейфовых
трубок в алюминиевом корпусе**

Камеры АТЛАС

Для мюонного спектрометра АТЛАСа в НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ была разработана конструкция 30 мм дрейфовой трубки с разрешением 80 мкм. Из 76000 трубок было собрано 254 дрейфовых камеры (22% камер в АТЛАСе). После завершения создания АТЛАСа, используя эту технологию, было произведено около 50 камер для экспериментов на 70-ГэВ ускорителе У-70 в ИФВЭ (Протвино).



Сборка камер в ИФВЭ



Камеры из 30 мм дрейфовых трубок в алюминиевом корпусе для установок ИФВЭ: FODS (10 шт.), ОКА (2 шт.)



Схематичная конструкция камер

Камера состоит из одного или двух суперслоев, 3 слоя трубок в каждом

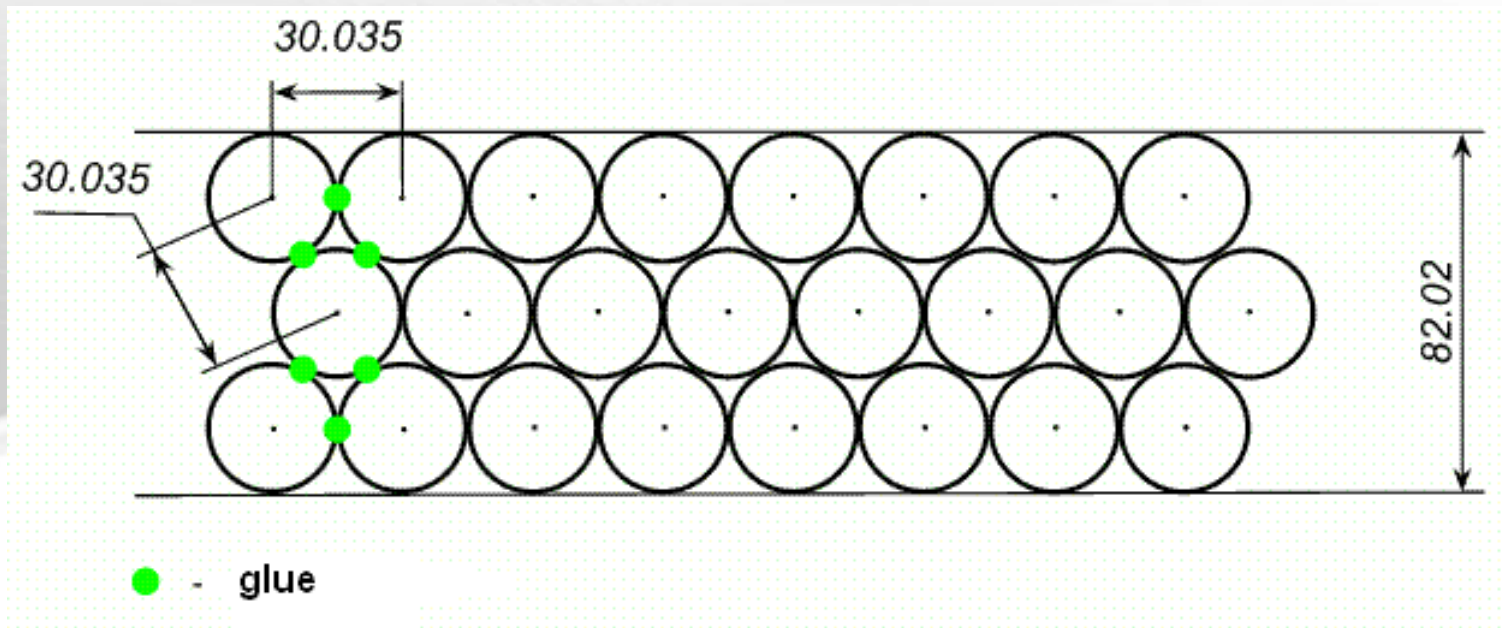
Диаметр алюминиевой трубки 30 мм, толщина стенки 0.4 мм

Проволока 50 мкм W(Re), натяжение 350 г, точность позиционирования 10 мкм

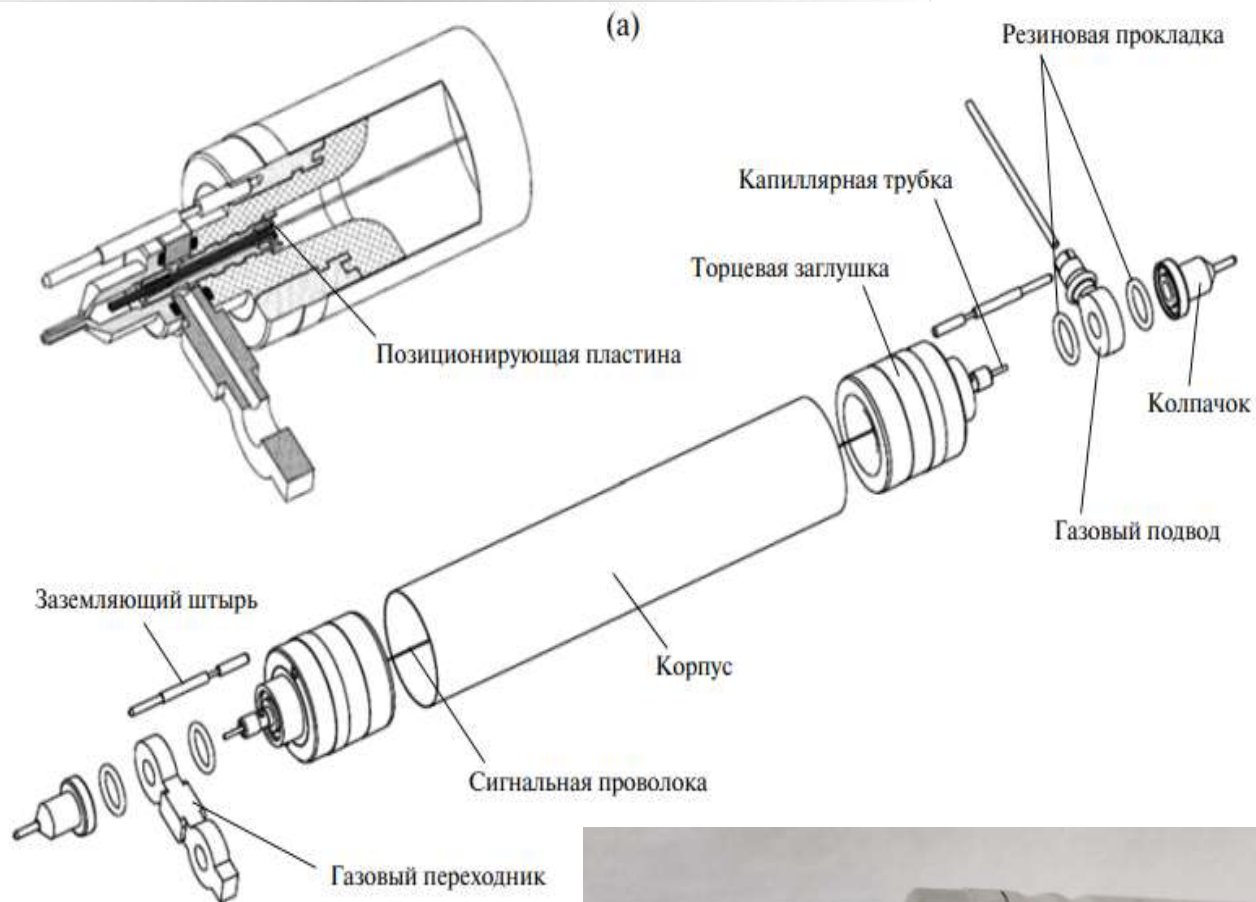
Длина трубок до 6.3 м. Число трубок в слое до 56

Камеры склеиваются клеем Araldite 2011 (AW-106 +Hardener 953 U)

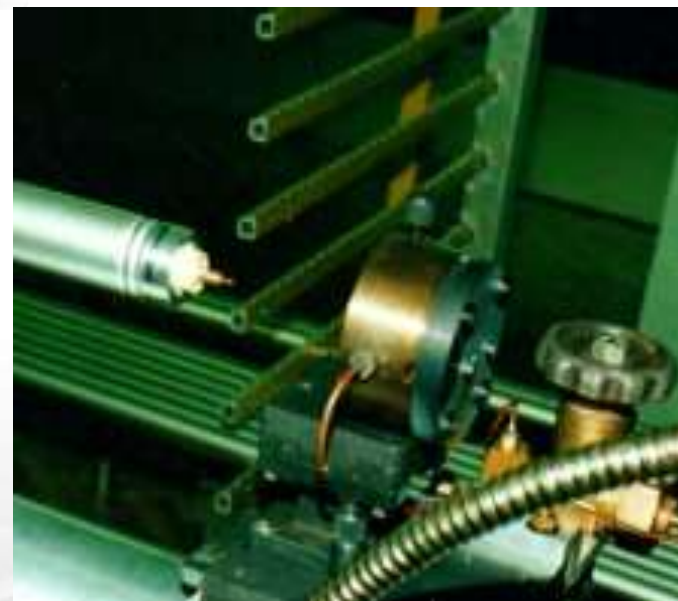
Расположение ДТ в суперслое: «плотная упаковка»



Конструкция дрейфовой трубки; фото



Стенд сборки дрейфовых трубок

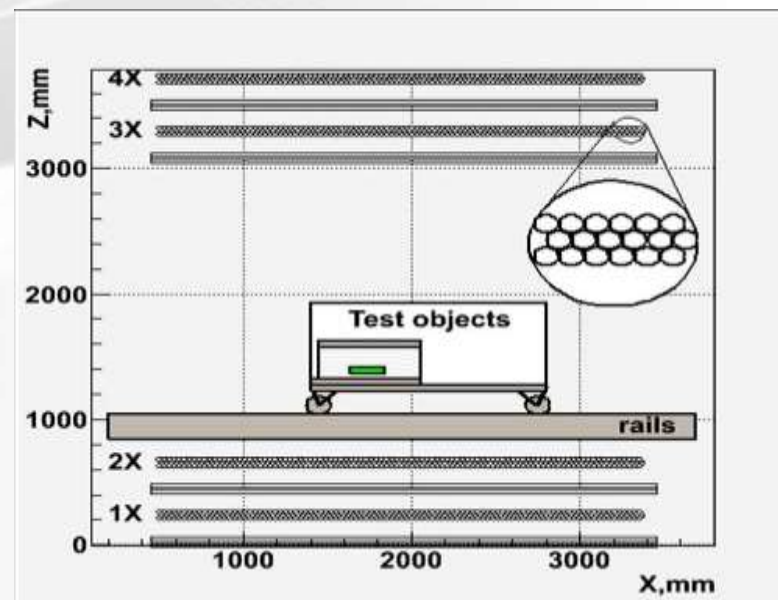


Склеивание камеры на гранитном столе

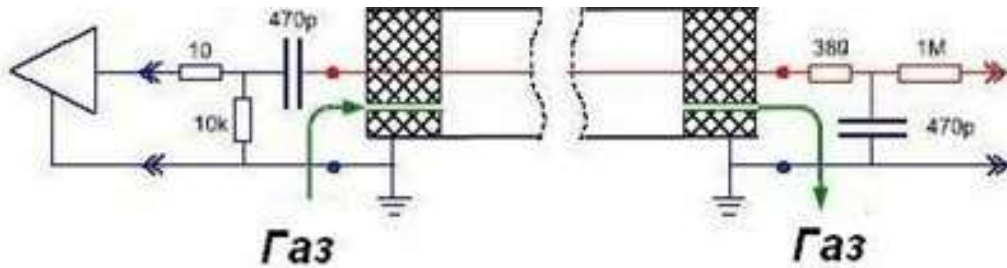


Прототип мюонного томографа

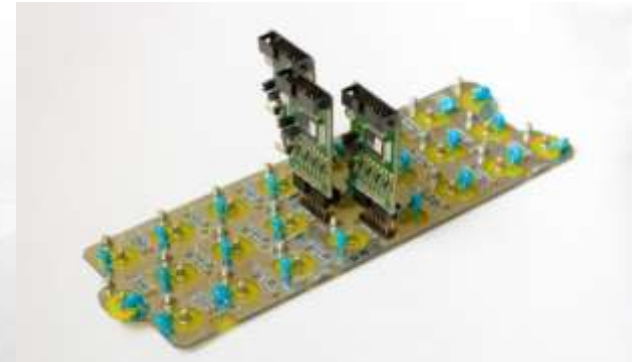
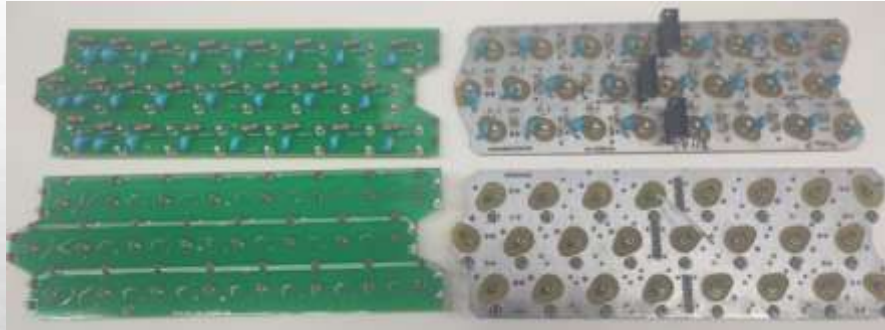
- В рамках контрактов с Госкорпорацией Росатом в НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ был создан прототип мюонного томографа на космическом излучении.
- Площадь перекрытия томографа - 3x3 кв.м.
- Трековые детекторы – из ДТ диам. 30 мм (2304 шт.).
- Используется накамерный вариант электроники.



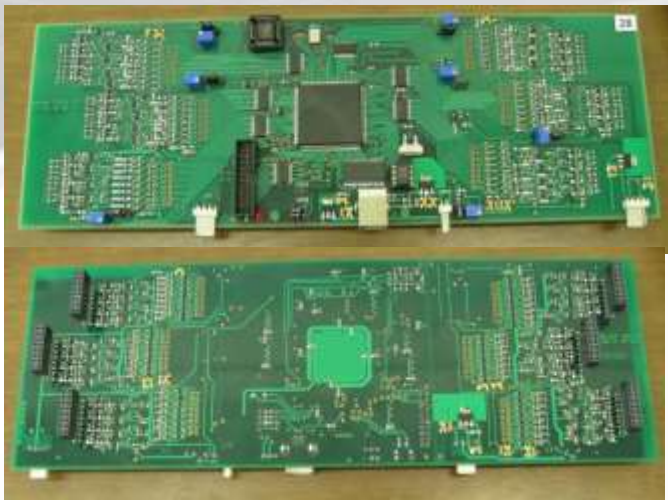
Подключение ДТ в камерах ИФВЭ



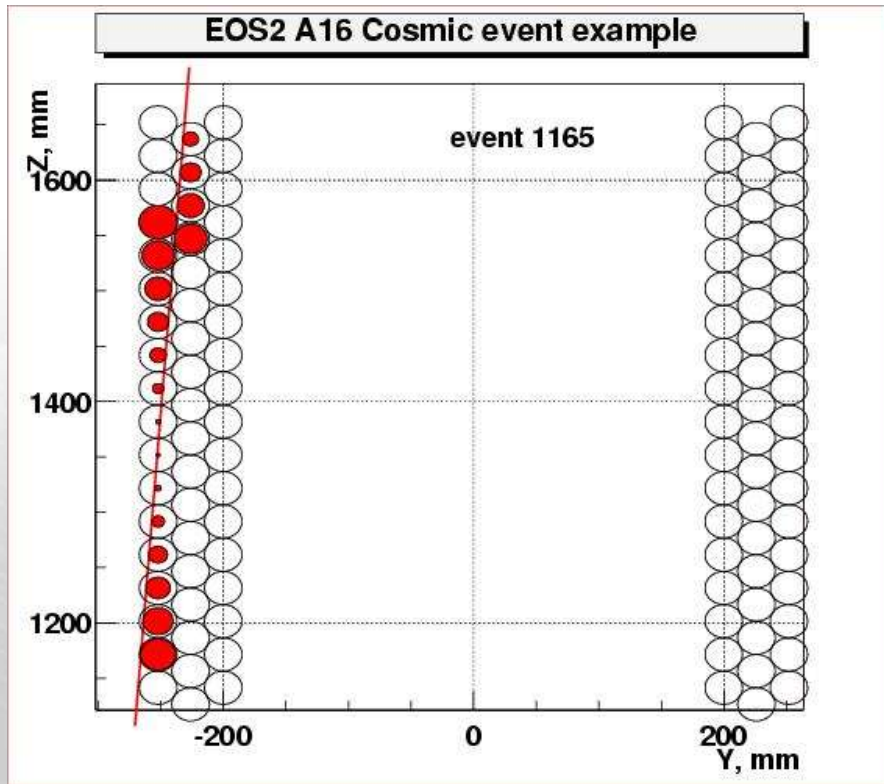
Переходные платы (вид с двух сторон).



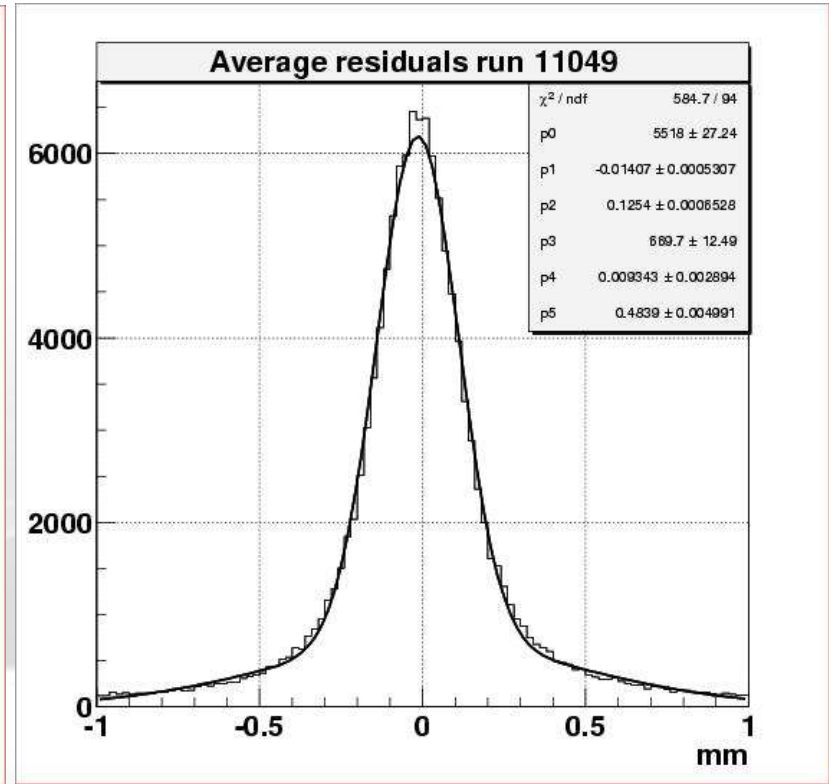
Для мю-томо (бестриггерная мода) – платы МТ-48 с ВЦП и встроенными усилителями (48 каналов)



Пример восстановления трека



a)



b)

“Event display” (a) u “residuals” (b) cosmic test

Камеры из 30 мм дрейфовых трубок в лавсановом корпусе

MDT ATLAS – очень надежные и точные.

НО: в ряде экспериментов критически важно минимизировать количество пассивного вещества в камерах.

В ATLAS толщина стенки алюминиевой трубки 0.4 мм.

Мы разработали дрейфовые трубки на основе лавсановой (майларовой) пленки толщиной 125 мкм, сохранив все достоинства трубок АТЛАСа.

Используется лавсановая пленка, имеющая алюминиевое напыление с обеих сторон (толщина слоя напыления ~ 0.05 мкм).

Фотографии деталей лавсановой трубки



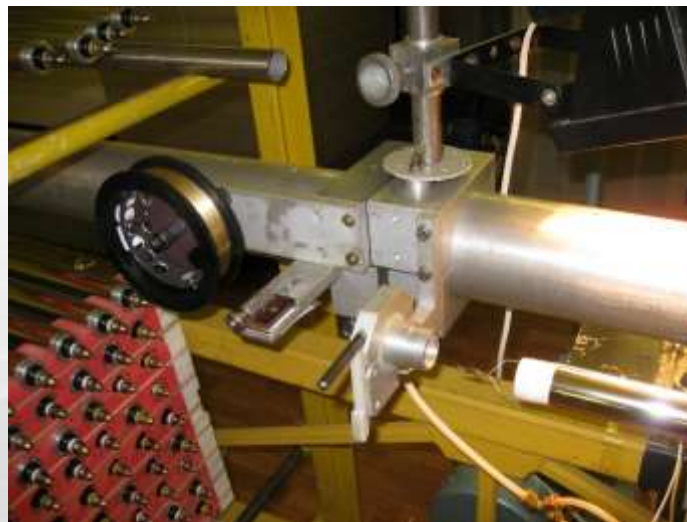
Корпус трубки: ультразвуковая сварка с продольным швом

Сварка ультразвуковым аппаратом “Гиминей-ультра“ АУС-0.2/22-ОМ. Пленка оборачивается вокруг калиброванного стержня.
Герметичный шов - продольный.
Разрывное усилие шва 8-10 кг/см.
Сваренный тубус – самоподдерживающийся элемент правильного круглого сечения.



Сборка лавсановых ДТ

Проволока протягивается через трубу вакуумом, через торцевые элементы – вручную. Торцевые элементы клеиваются. Фиксация проволоки – механическое кримпирование. Натяжение – 350 г. Контроль – резонансная частота.

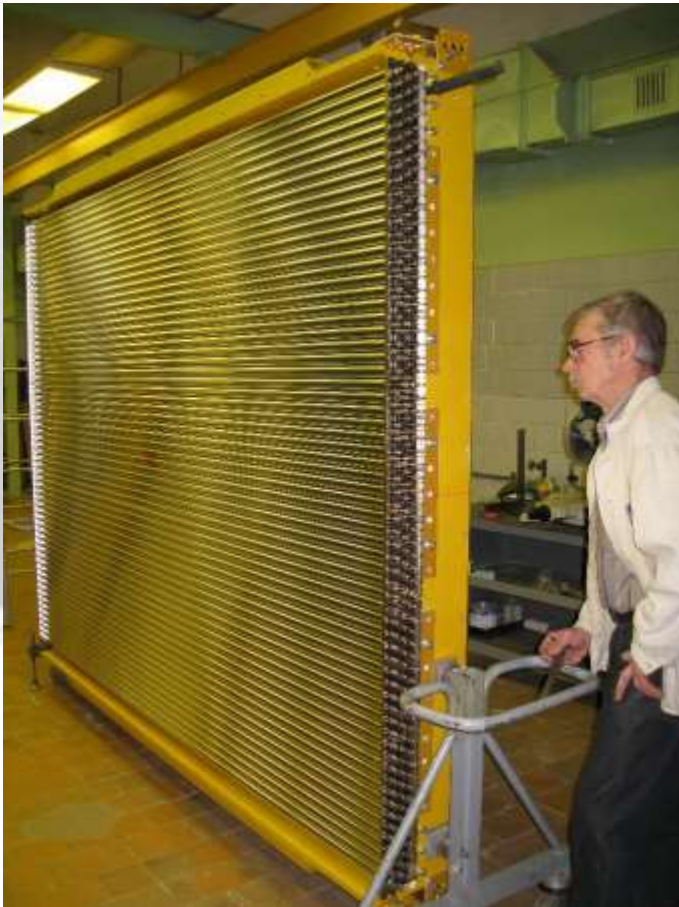


Склейка 3-х слойного модуля – на той же оснастке что и для ДТ в алюминиевом корпусе



Склеенные модули камер помещаются в рамы и оснащаются газовой системой и электронными платами.

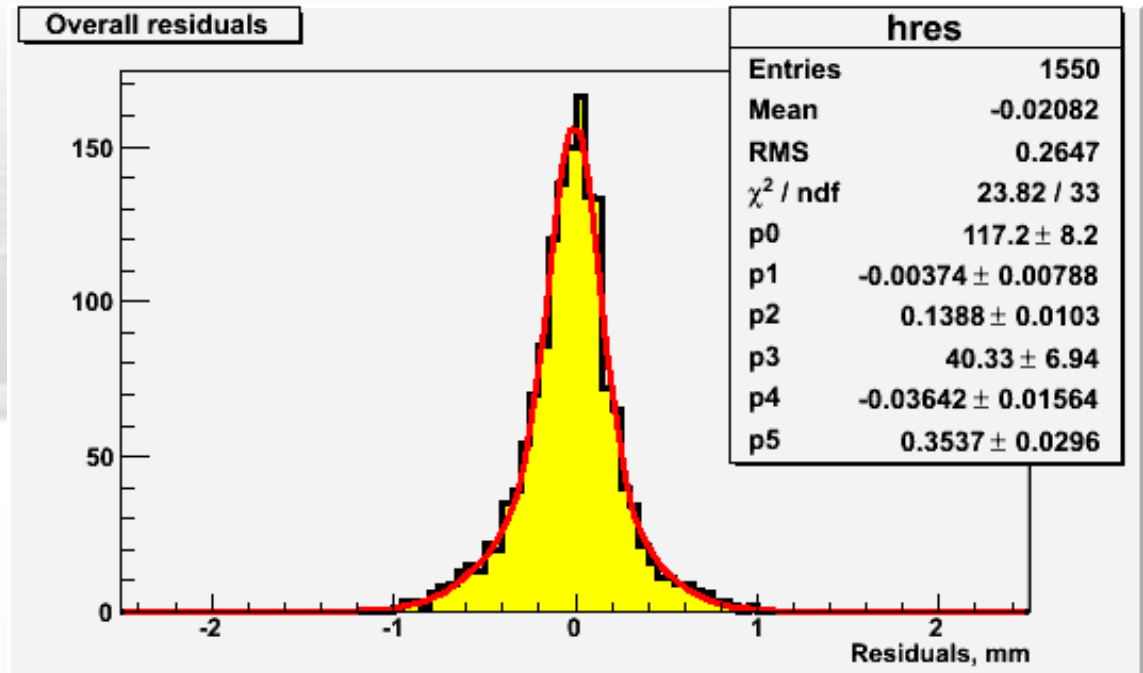
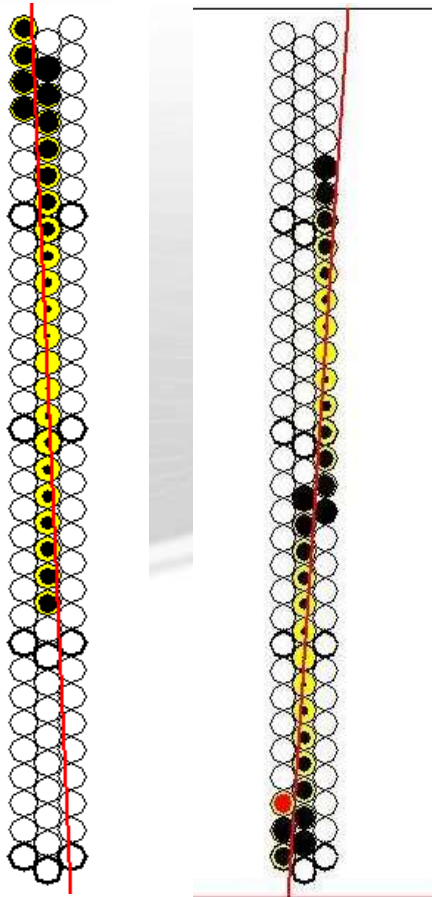
Для экспериментов ВЕС, ОКА, СПАСЧАРМ, ФОДС изготовлено 35 трехслойных камер размерами от 0.8x1.0 до 2.5x2.5 м², включающих \approx 5000 дрейфовых трубок в лавсановом корпусе.



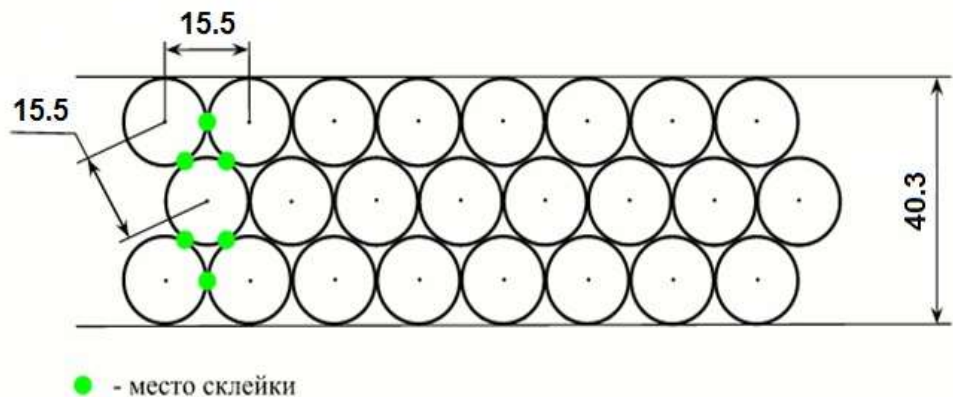


Пример реконструкции трека космического мюона и координатное разрешение в камере из 30-мм лавсановых ДТ

Газовая смесь Ar+7%CO₂, давление 1.5 bar(abs). (В принципе может быть любая смесь с рабочим напряжением до 5 кВ, не вызывающая коррозию алюминия).



Камеры из 15-мм дрейфовых трубок в лавсановом корпусе

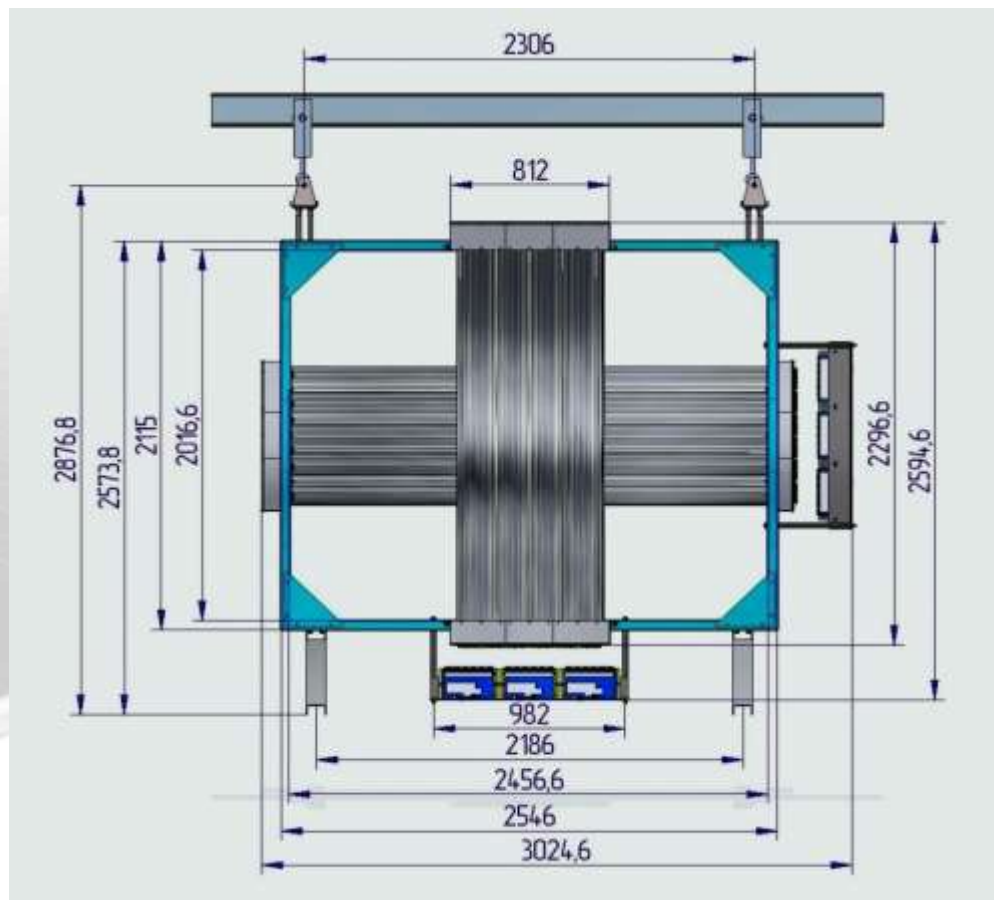


В отличие от 30-мм ДТ, все три слоя склеиваются одновременно в специальной кассете (на гранитном столе) с точными позиционирующими «гребенками». Тоже «плотная упаковка».



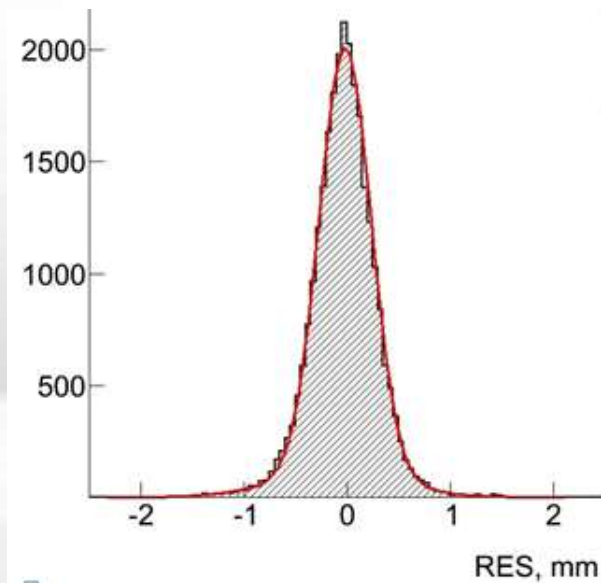
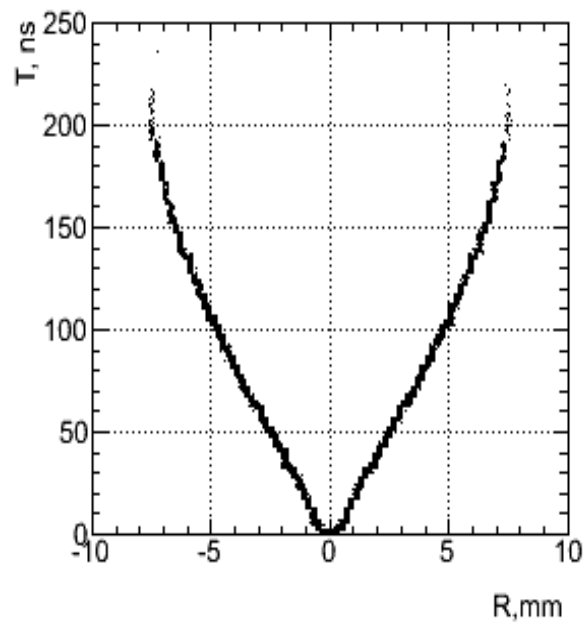
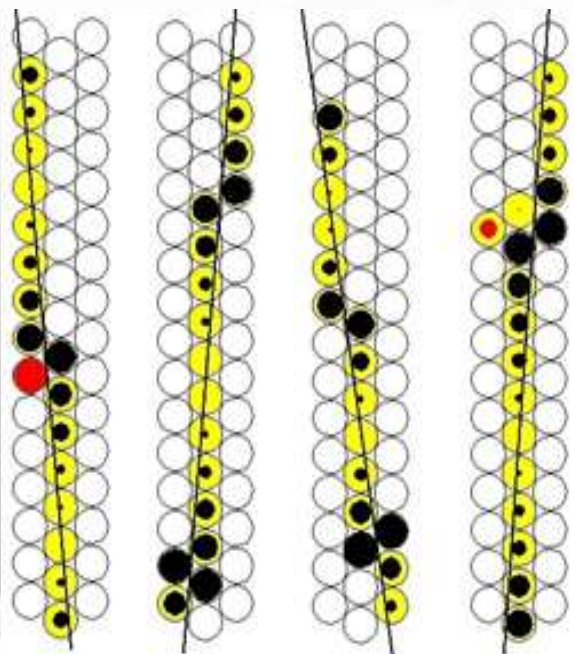
Схема и фотография трековой станции установки ВЕС из 15-мм ДТ в лавсановом корпусе

Всего для экспериментов ВЕС, ОКА, СПАСЧАРМ изготовлено 12 камер, включающих более 2000 лавсановых ДТ с длиной трубок до 2.5 м

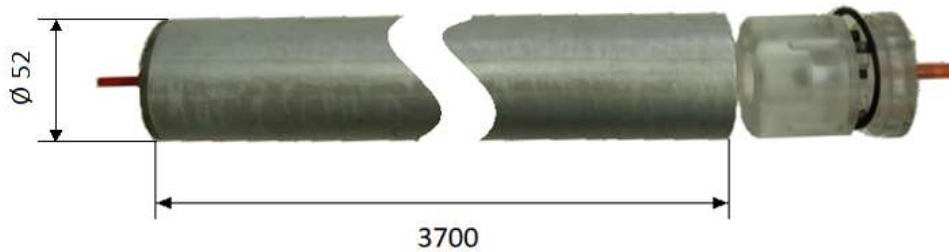


Примеры реконструкции треков космических мюонов, $R(t)$ -соотношение и распределение невязок в камере из 15-мм лавсановых ДТ

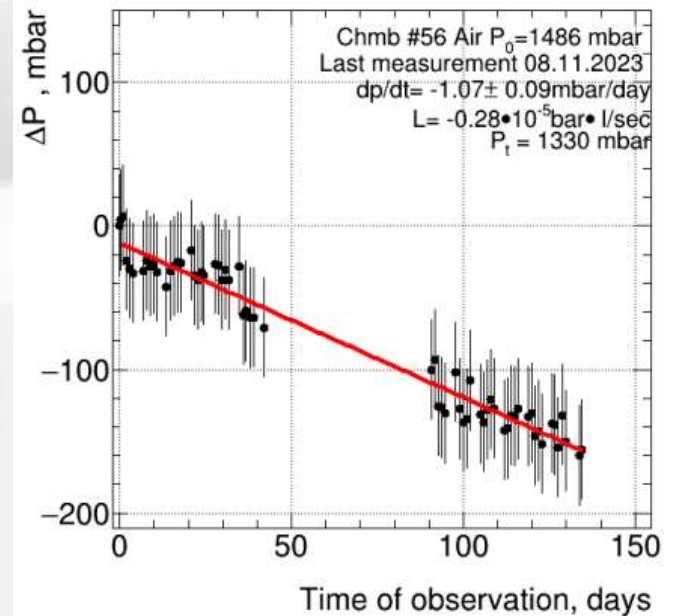
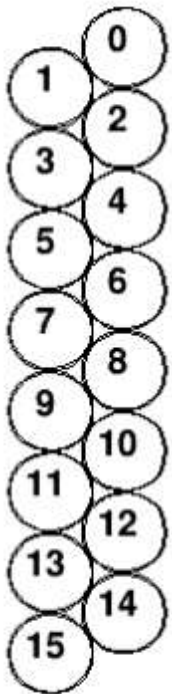
Газовая смесь $\text{Ar}+7\%\text{CO}_2$, давление $\sim 1.5 \text{ bar(abs)}$.



Камеры из 52-мм ДТ в алюминиевом корпусе (толщ. стенки 0.8 мм)



Подключение в/в и съем сигналов – с разных сторон

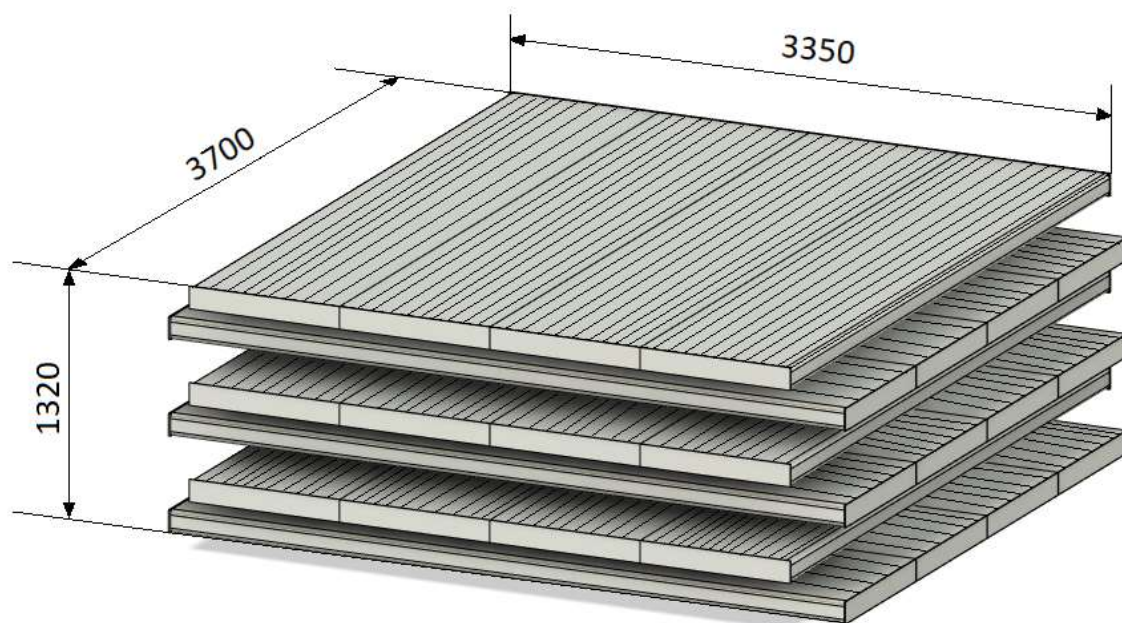


В стадии изготовления – две плоскости (X, Y) для установки ОКА и годоскоп из (3X, 3Y) плоскостей ДТ (для работы с космикой)

Плоскость для установки ОКА
(окно в центре – для пропуска
интенсивного первичного пучка)



Схема годоскопа из (3X, 3Y) плоскостей ДТ



Электроника (пока в тестовом варианте)

ВЦП-преобразование: 96-канальная плата NAK-96
(ПЛИС ALTERA типа EP3C16Q240C8)

8-канальный усилитель на базе ИС ОКА-2

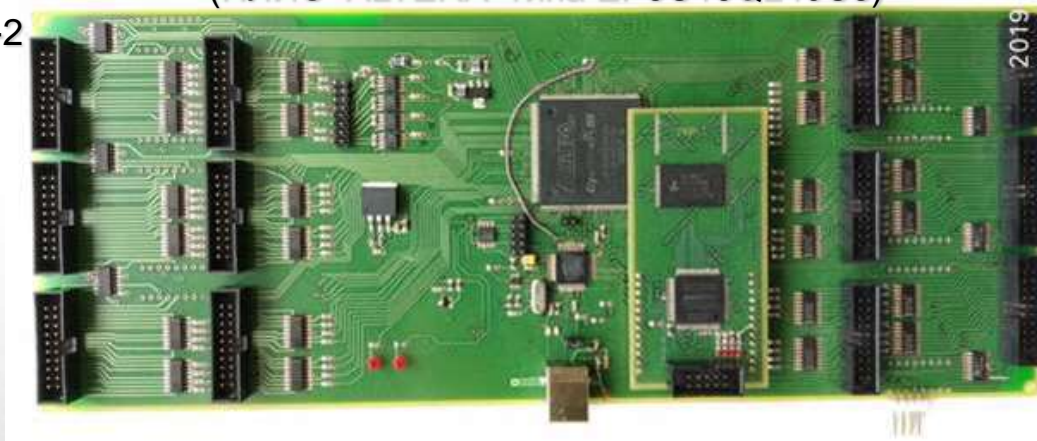
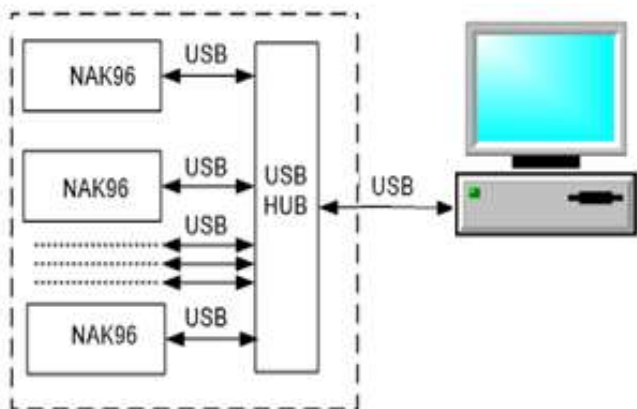
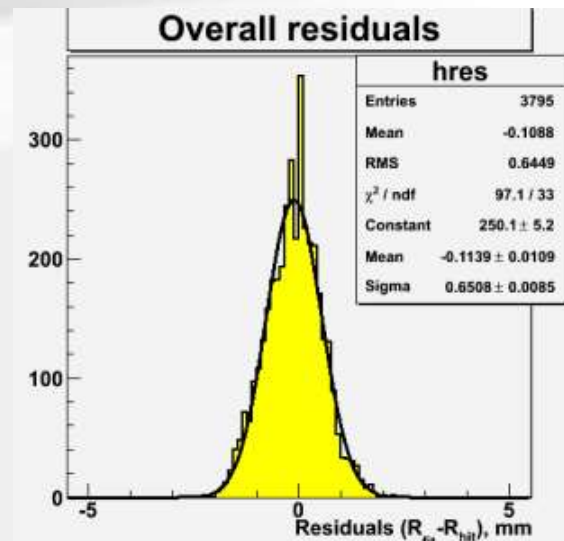
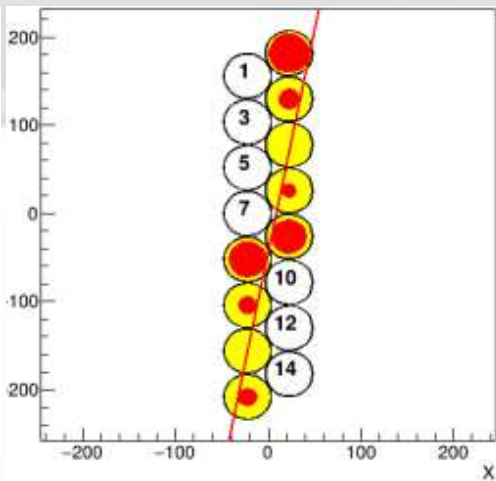


Схема передачи данных



Пример реконструкции трека Распределение невязок
($\sigma \sim 0.65$ мм)



Заключение

В НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ налажено производство трековых детекторов из:

- ДТ в алюминиевой трубе диаметром 52 мм и 30 мм, длиной до 6.3 м
- ДТ в лавсановой самоподдерживающейся трубе, диаметр 30 и 15 мм, длина до 2.5 м.

Большое внимание уделяется герметичности дрейфовых трубок и камер, с тем чтобы они, будучи заполненными рабочей газовой смесью (в нашем случае это $\text{Ar}+7\%\text{CO}_2$), были способны длительное время работать без продува газом.

Экспериментально проверено, что, используя метод автокалибровки для мониторинга $r(t)$ -соотношения:

- камеры из 30-мм алюминиевых ДТ (камеры мюонного томографа) проработали без замены газовой смеси 9 лет, сохраняя эффективность и пространственную точность, и продолжали оставаться работоспособными (эксперимент прервали по техническим причинам);
- Камеры из ДТ в корпусе из 125 мкм лавсановой пленки, в зависимости от диаметра и длины, способны работать без продува до полутора лет .

Спасибо за внимание!