



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
имени А.А. ЛОГУНОВА

Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»
(НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ)

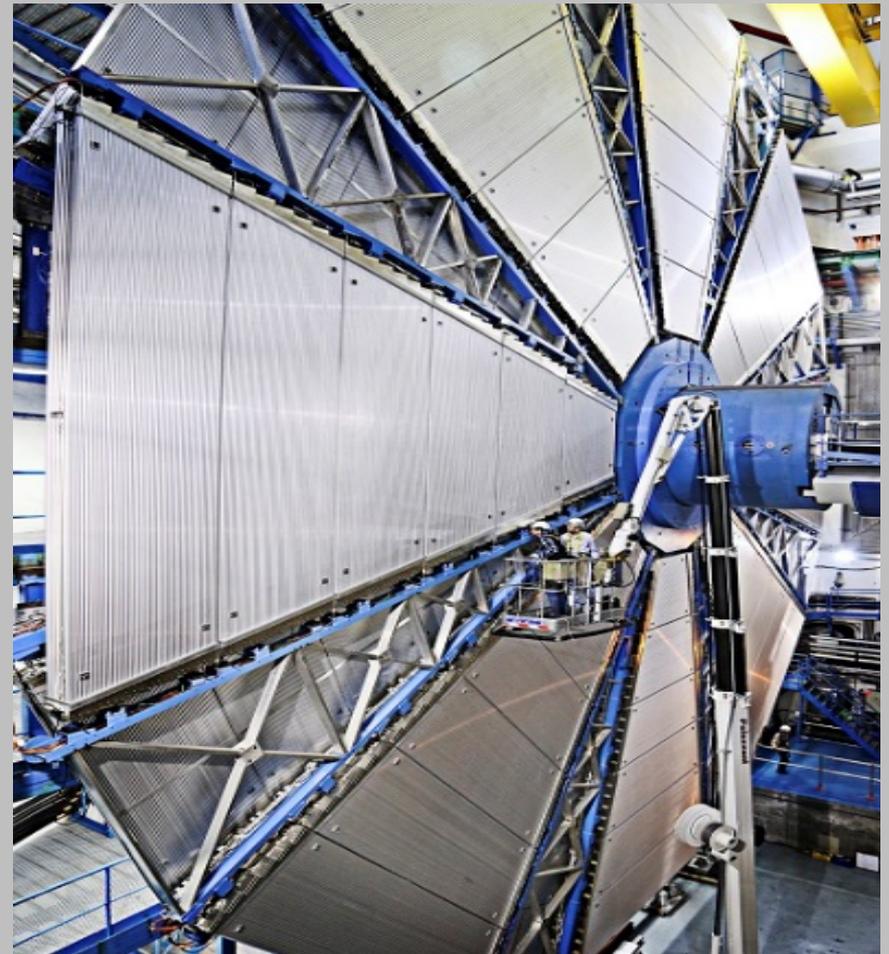
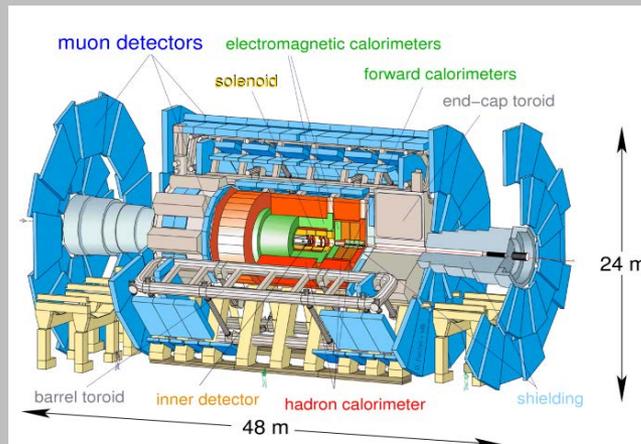
Трековые детекторы из дрейфовых трубок в лавсановом корпусе для экспериментальных установок на ускорителе У-70 НИЦ «Курчатовский институт»-ИФВЭ

Н.И.Божко, А.А.Борисов, А.С.Кожин, Р.М.Фахрутдинов

Содержание

- История: камеры из дрейфовых трубок диаметром 30 мм в алюминиевом корпусе
- Изготовление дрейфовой трубки
- Дрейфовые камеры из 30-мм трубок
- Дрейфовые камеры из 15-мм трубок

ИФВЭ участвовал в разработке и изготовлении прецизионных дрейфовых трубок (ДТ) для мюонного спектрометра детектора АТЛАС(БАК). Трубки обеспечивают пространственное разрешение 80 мкм. Мы изготовили 76 тыс. ДТ, из них собрано 254 камеры. Затем по этой же технологии изготовили 36 камер для установок ОКА, ФОДС, μ -ТОМО в ИФВЭ.



Общая схема камер

Камера АТЛАС: 2 мультислоя из 3 слоев трубок каждый

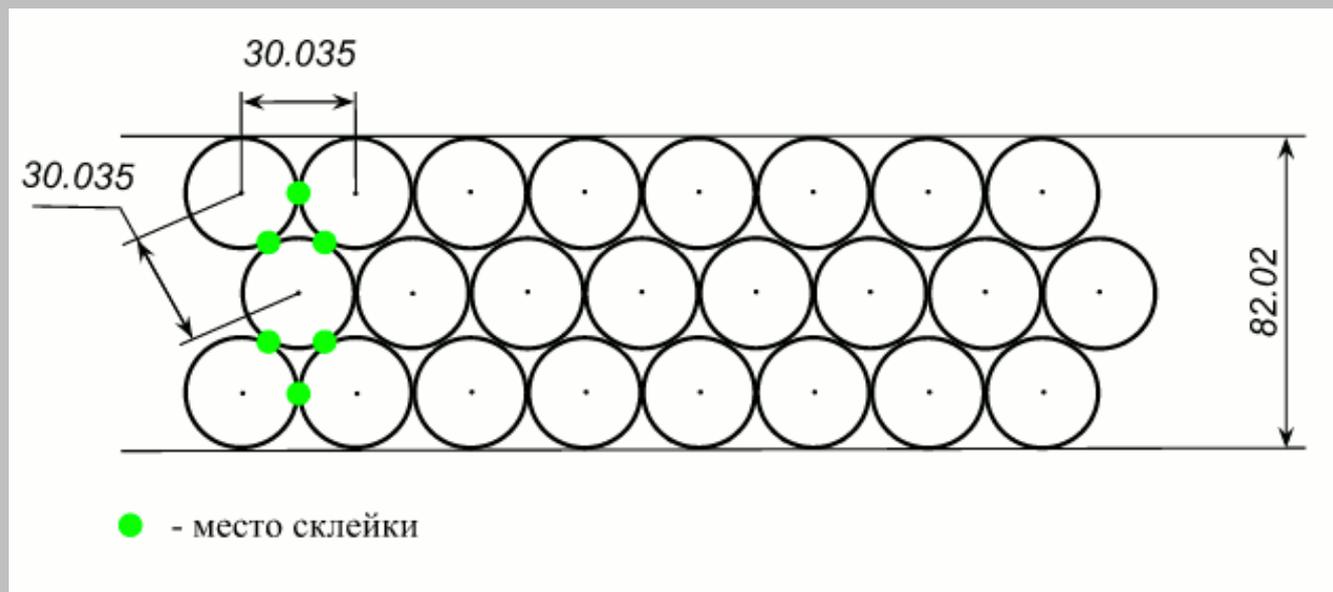
Внешний диаметр трубки 30 мм, алюминий, стенка 0.4 мм

Сигн. нить – 50 мкм. Точность позиционирование: в трубке 10 мкм, в камере 20 мкм.

Длина трубок – до 6.3 м.

Число трубок в слое - 48 или 56

Мультислой схематично выглядит так:

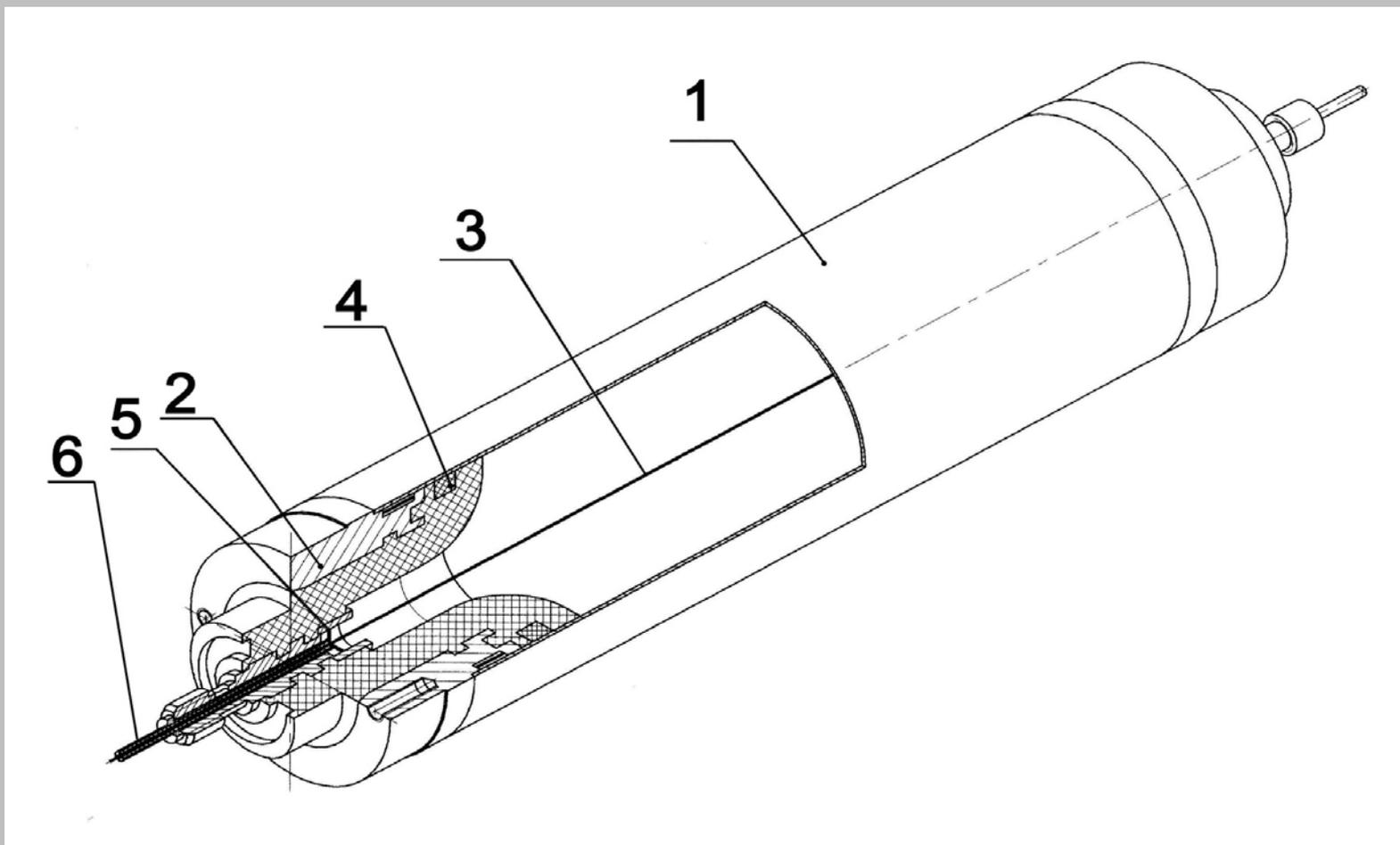


Клей ARALDITE AW-106 (Hardener 953 U)

«Социальный заказ» экспериментов на У-70 ИФВЭ: создать дрейфовую камеру с меньшим количеством вещества, сохранив при этом все достоинства дрейфовых трубок из алюминия, максимально используя разработанную конструкцию и технологические наработки.

Замена алюминия на лавсан (Лаборатория Высокмолекулярных Соединений Академии Наук) \equiv ПЭТФ (Полиэтилентерефталат) \equiv Mylar (Торговая марка компании DuPont).

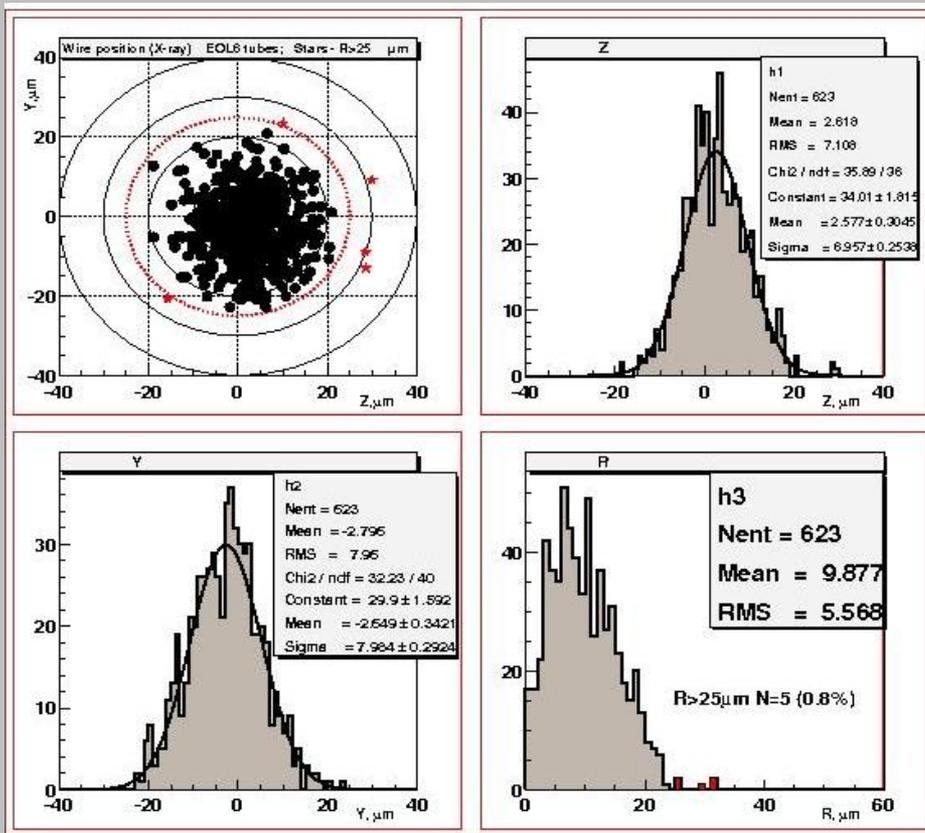
Каждая трубка - самоподдерживающийся элемент: может без избыточного давления и специальных растягивающих устройств сохранять форму и выдерживать натяжение 350г 50 мкм сигнальной проволоки.



1 – корпус (труба, тубус); **3** - сигнальная (анодная) проволока;
2,4-6 – детали торцевого элемента (end-plug)

Торцевой элемент («заглушка», end-plug)

Положение проволоки: относительно центра «точной» внешней поверхности торцевого элемента <10 мкм (пробито лазером отверстие $\varnothing 0.060 \pm 0.007$ мм)



Точность в камере – 20 мкм (RMS wrt. nominal grid)

Фиксация проволоки – обжим (кримпирование) в медном капилляре

Диэлектрик : NORYL GFN3 (® GE)

Проволока W-Re(3%) (Au) , $\varnothing 50$ мкм, Натяжение 350 г (+процедура «преднатяжения» 450 г (1 мин.))

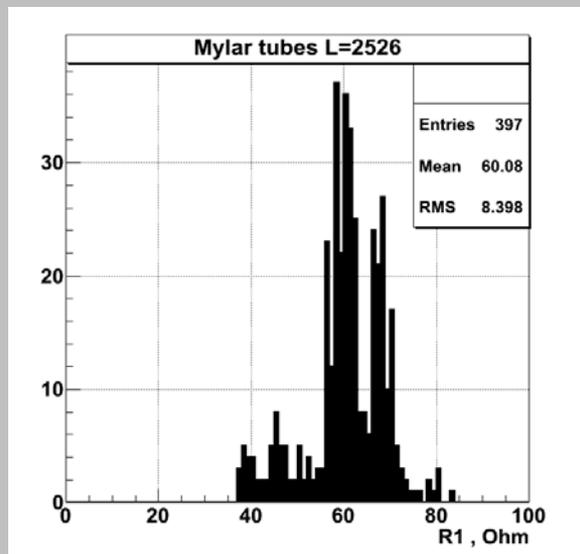


Труба:

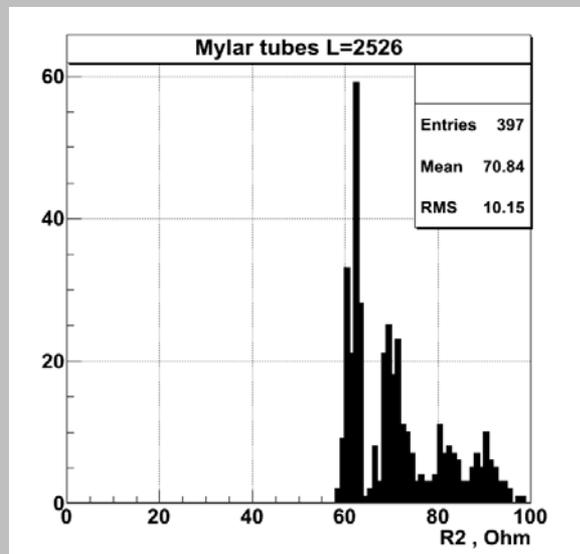
Лавсан с двусторонним вакуумным напылением алюминия (НПП Радиострим),
толщина пленки 125 мкм, алюминий ~0.08 мкм.

Поставка виде рулона шириной 700 мм.

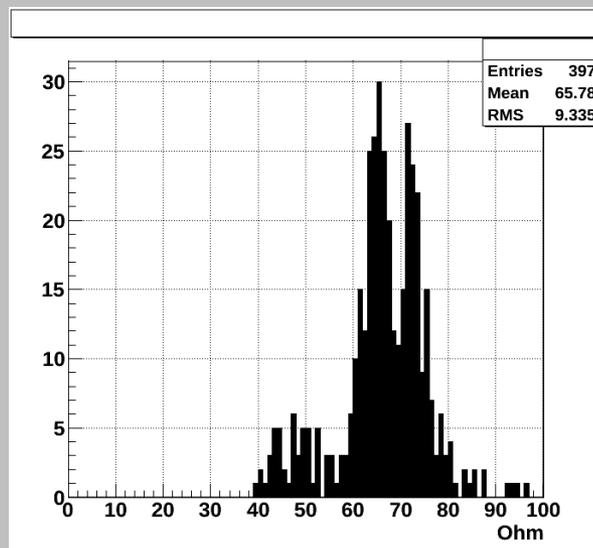
Разрезается на полосы шириной $100(55)\pm 0.25$ мм, длина полосы определяется длиной дрейфовой трубки. Качество покрытия контролируется по измерению электрического сопротивления с обеих сторон полосы. Сторона с меньшим сопротивлением становится внутренней поверхностью трубы.



Внутренняя поверхность



Внешняя поверхность



Собранная трубка

Распределения сопротивления для трубки : L=2526 мм, Ø 30 мм.

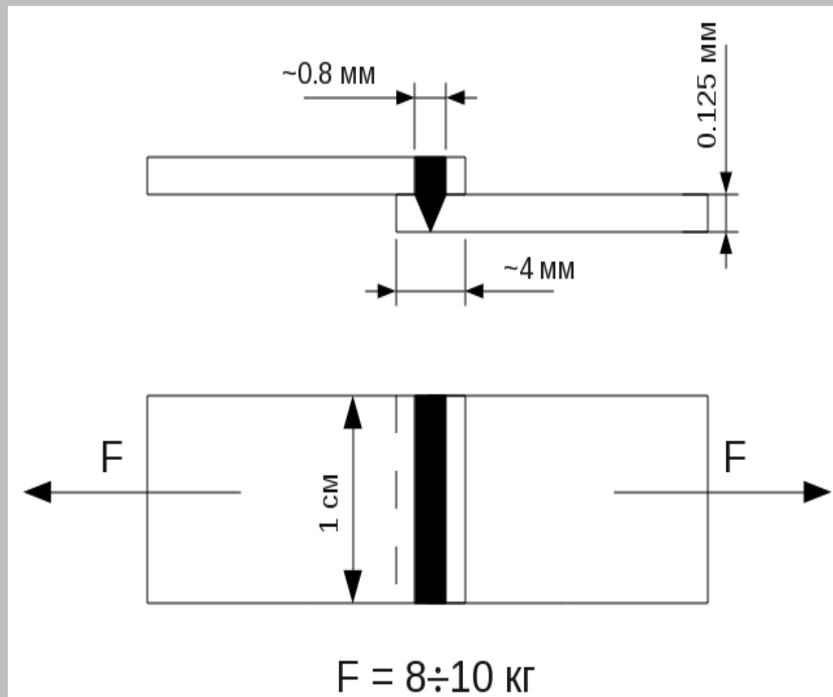
Ультразвуковая сварка (УЗС)

УЗС трубы - на стапеле с устройствами закрепления шлифованного стержня и направляющими для тележки с головкой УЗ аппарата (“Гимней-ультра” АУС-0.2/22-ОМ). Лавсановый лист-заготовка оборачивается вокруг стержня и закрепляется в ложементы сварочного стапеля. УЗ колебательная система движется вдоль стержня по направляющим с $V = 1 \text{ см/с}$ и сваривает внахлест сложенные края лавсановой пленки.

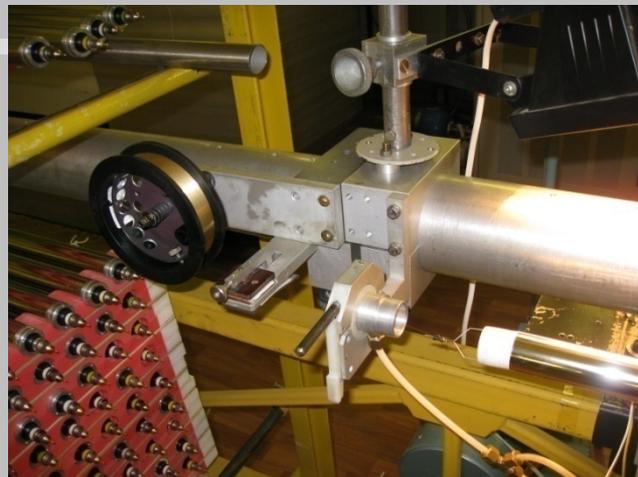


Ультразвуковая сварка

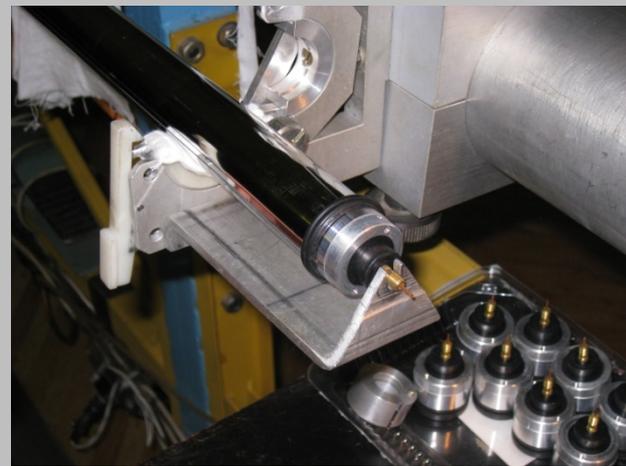
Сварка труб производится при 90% мощности аппарата с нагрузкой 1.2 кг на контактную площадь (2.5×0.8 мм) сменного рабочего инструмента. Труба с продольным швом. Разрывное усилие сварочных швов составляет $8 \div 10$ кг/см. Пластическая деформация лавсановой пленки начинается при усилии ≥ 15 кг/см.



Сборка трубки



На сборочном стенде через сваренную лавсановую трубу и торцевые заглушки протягивается (вакуумом) анодная проволока $\varnothing 50$ мкм и фиксируется (кримп) на одной из торцевых заглушек. Заглушки вклеиваются в трубу клеем "ARALDITE AW-106". Для надежного электрического контакта труба над клеевым соединением обжимается .

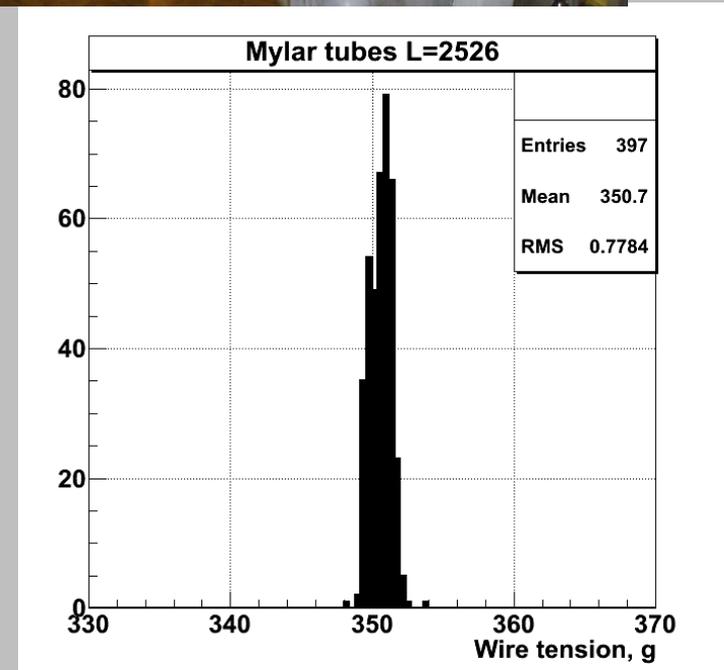
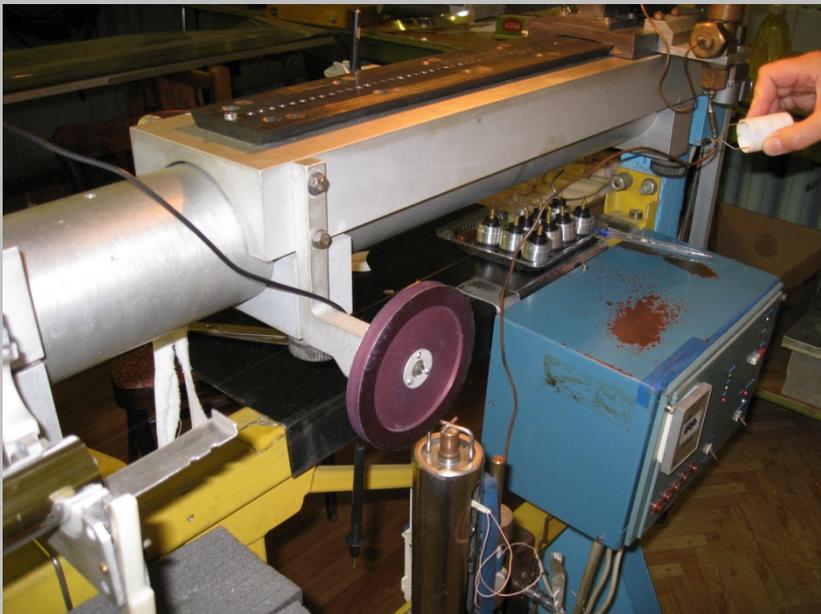


Натяжение проволоки

На время затвердевания клея трубка устанавливается на стенд, где выдерживается ее заданная длина и ориентация заглушек.

После затвердевания клея проволока, с помощью специального устройства, натягивается (350г) и кримпируется на второй торцевой заглушке.

Натяжение контролируется по измерению частоты резонансных колебаний. Пример распределения натяжений - на рисунке.



Внешний вид дрейфовых трубок



Алюминий Ø30 мм

Лавсан Ø30 мм

Лавсан Ø15 мм

Сборочный участок. Стеллажи с готовыми трубками 15 и 30 мм.

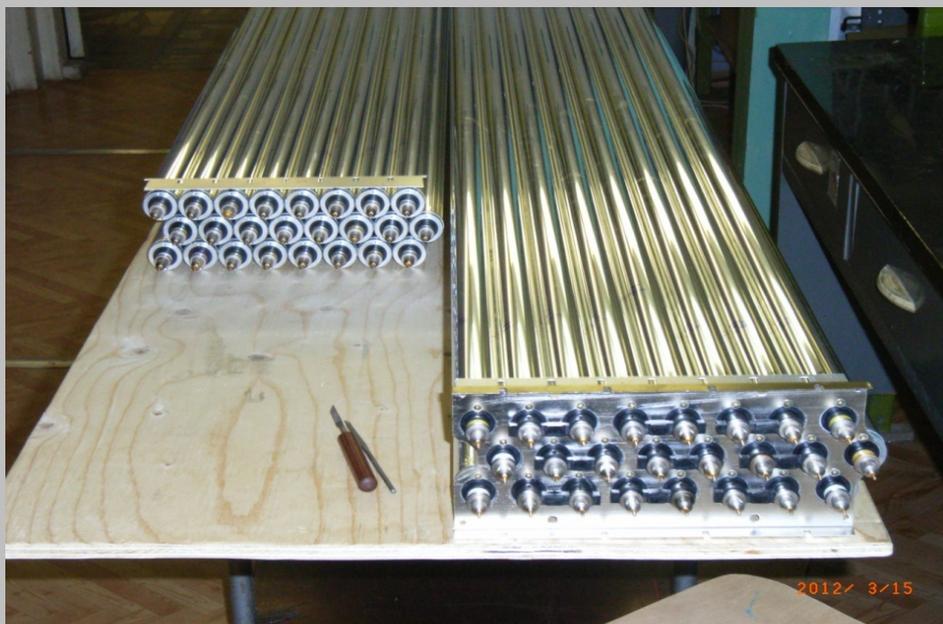
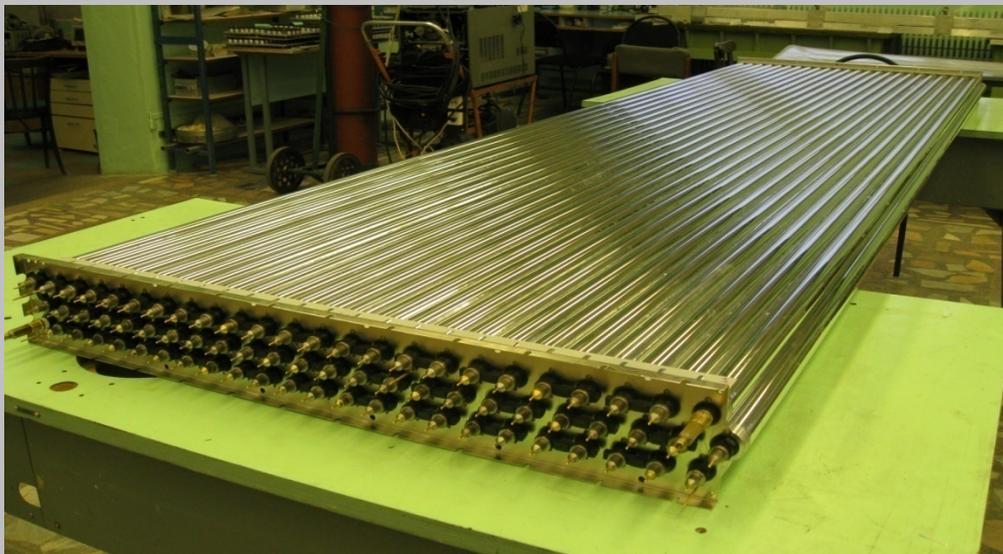


Сборка модулей камер (трубок $\text{\O}30$ мм)

Модуль \equiv склеенные 3 слоя трубок



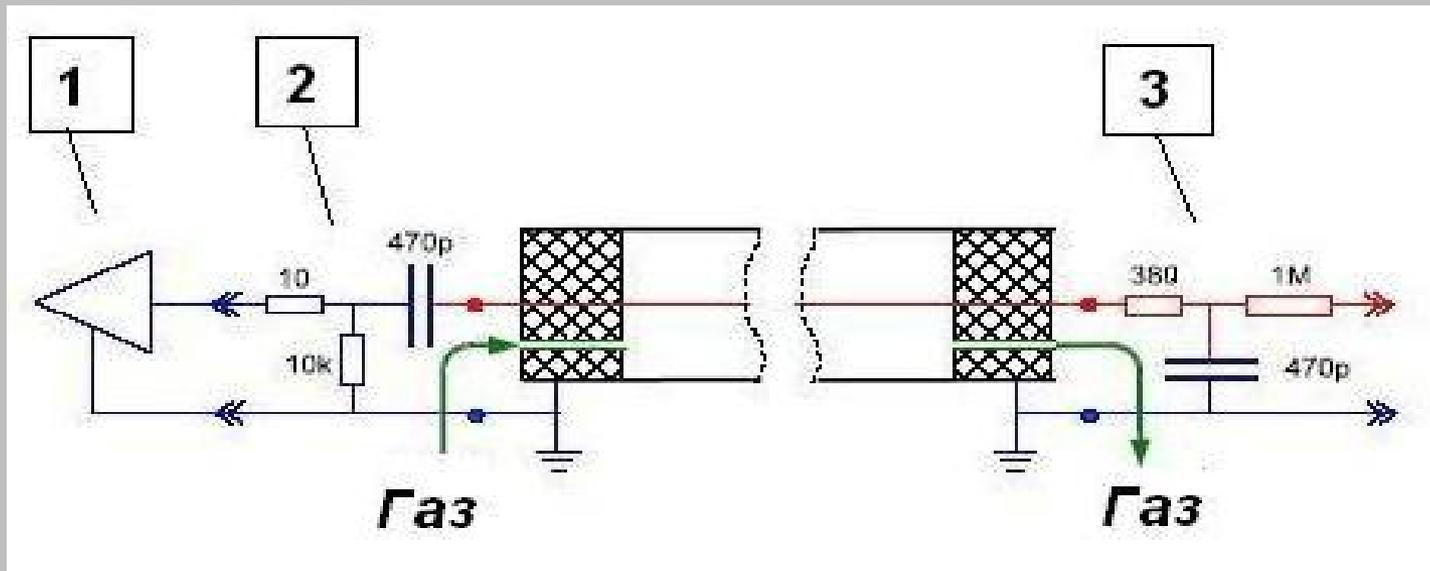
Модуль камеры (ДТ Ø30 мм) после склейки



Камеры из лавсановых трубок Ø30 мм



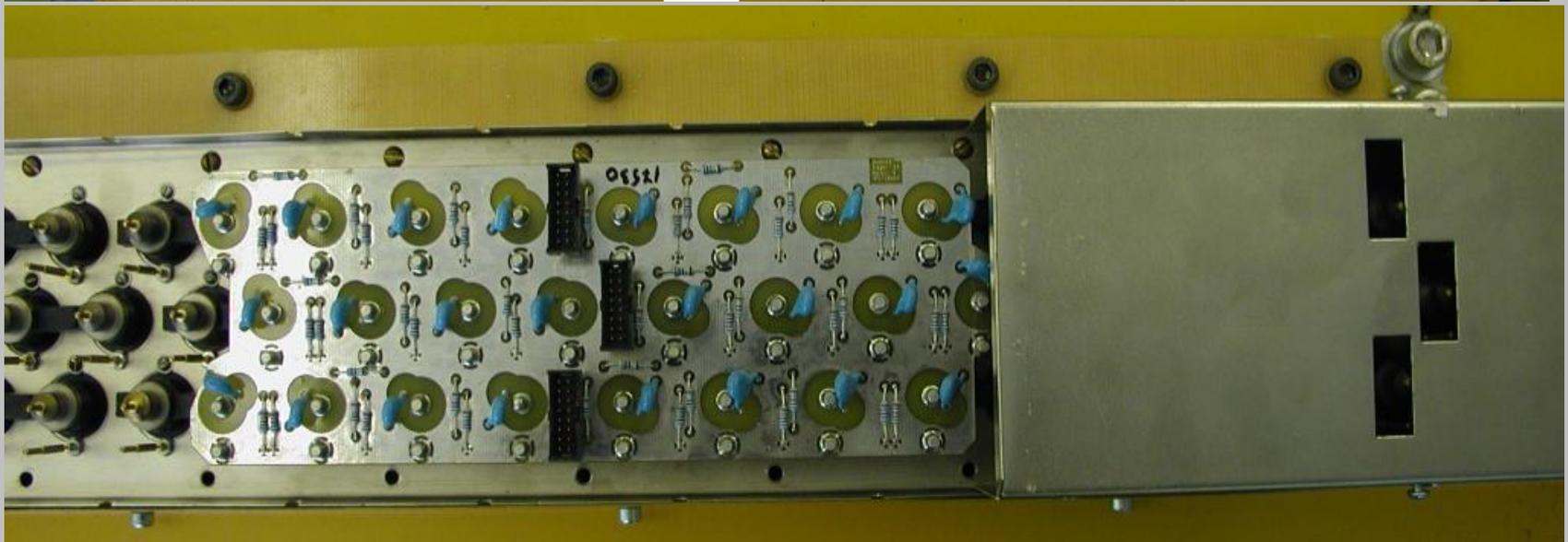
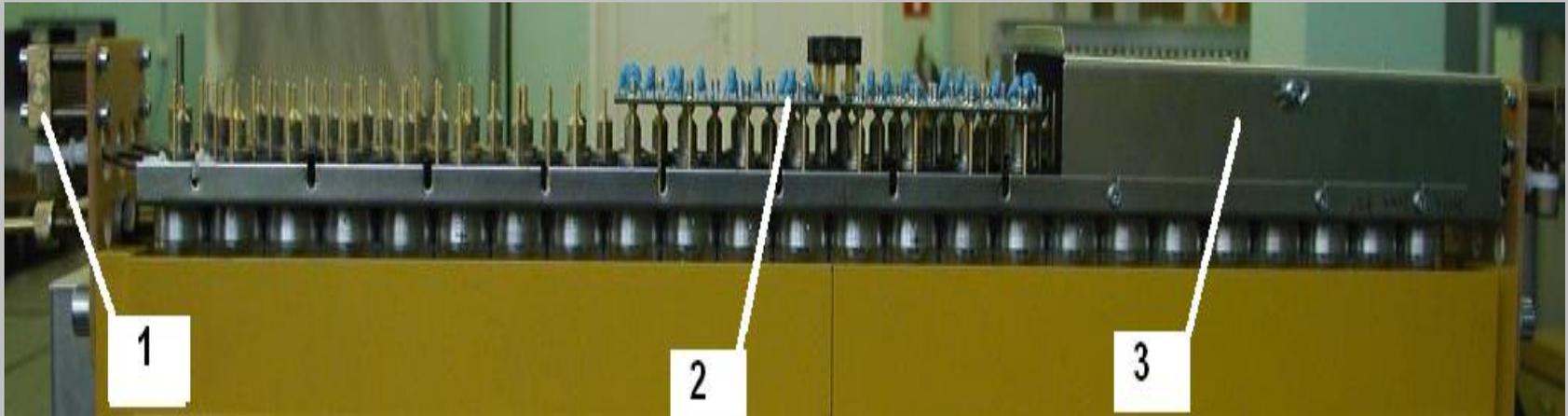
Схема подключения отдельной трубки



1 – усилитель

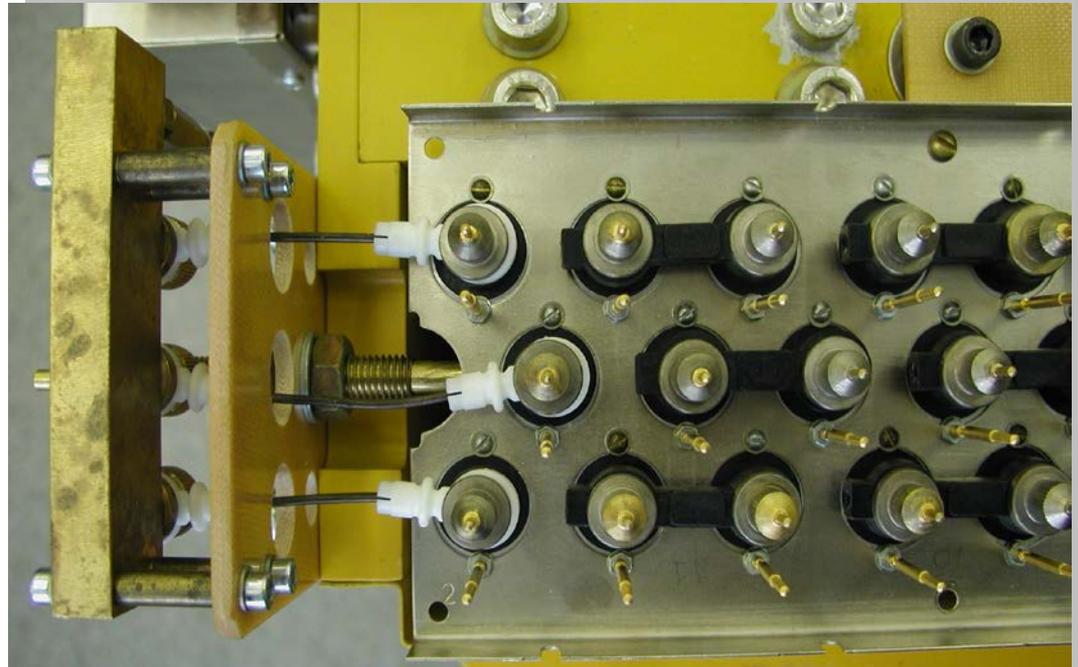
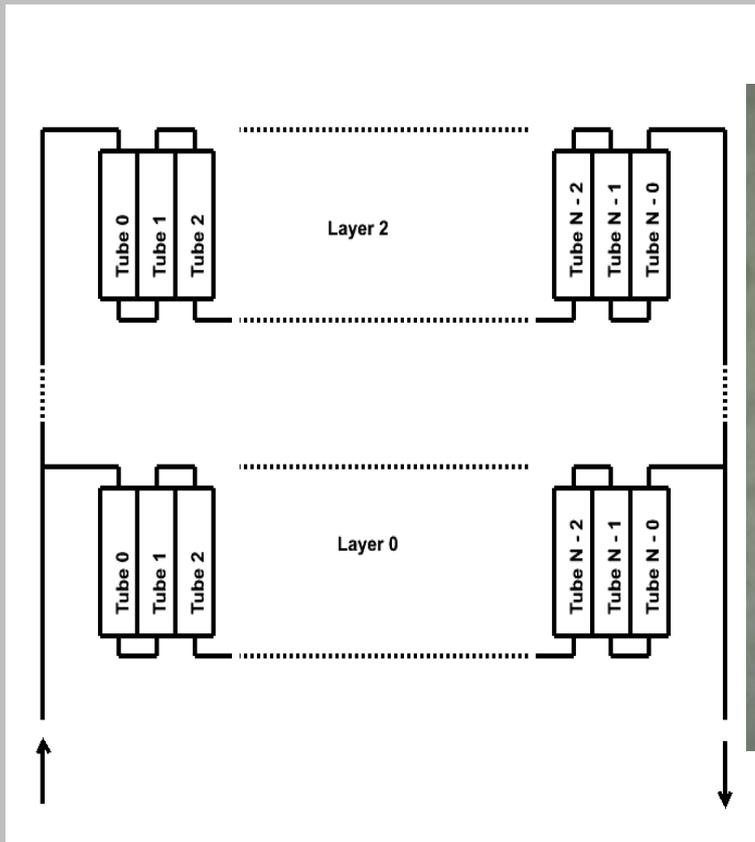
2, 3 – платы с пассивными элементами (резисторы и конденсаторы), 24 (3x8) трубки

Электроника камер

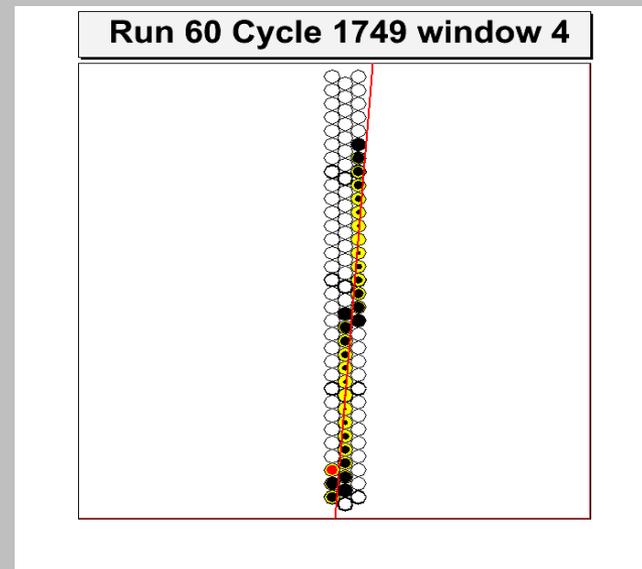
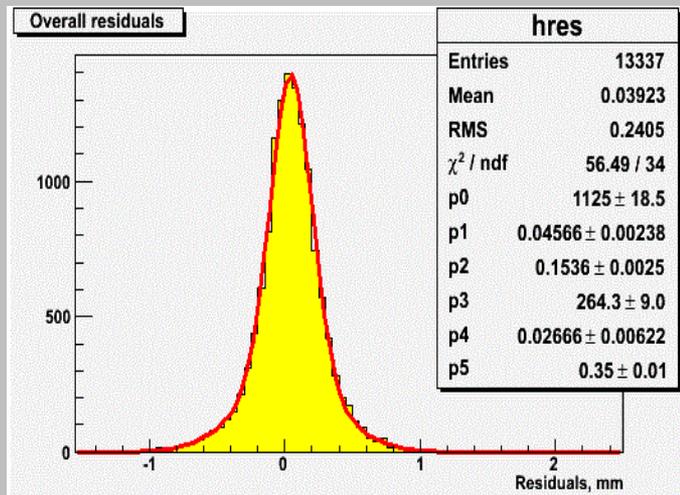
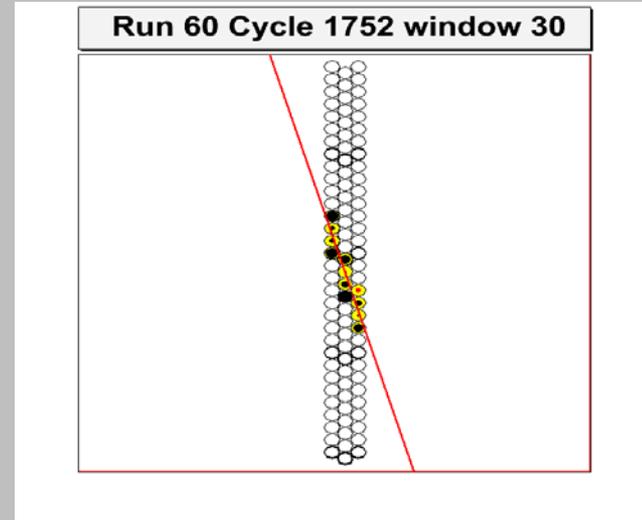
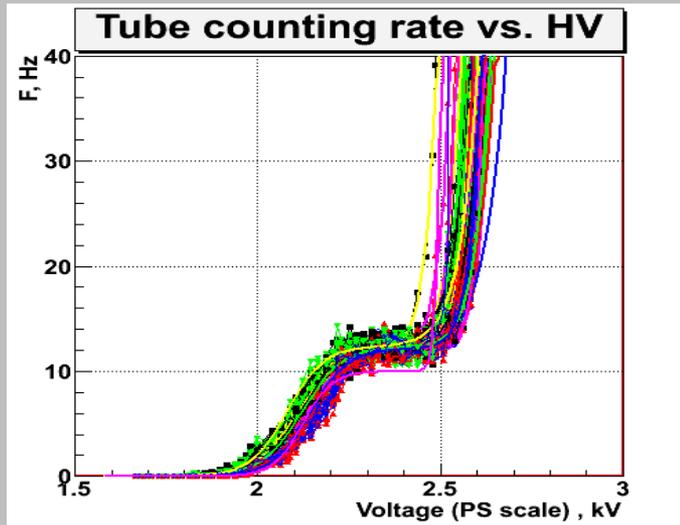


1-газовый коллектор, 2-переходная плата, 3-электромагнитный экран

Газовые соединения

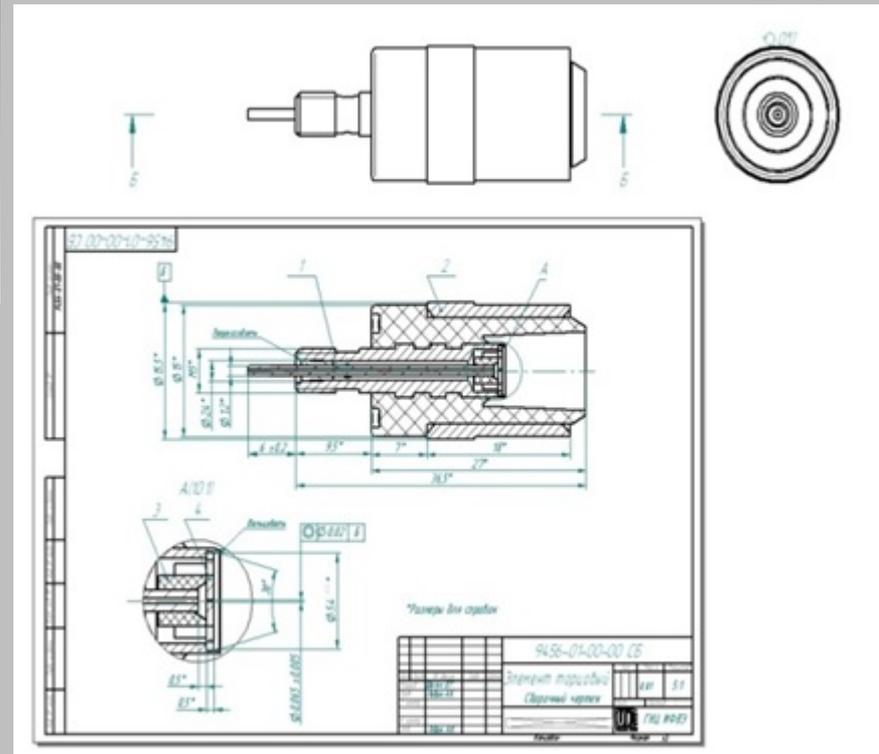
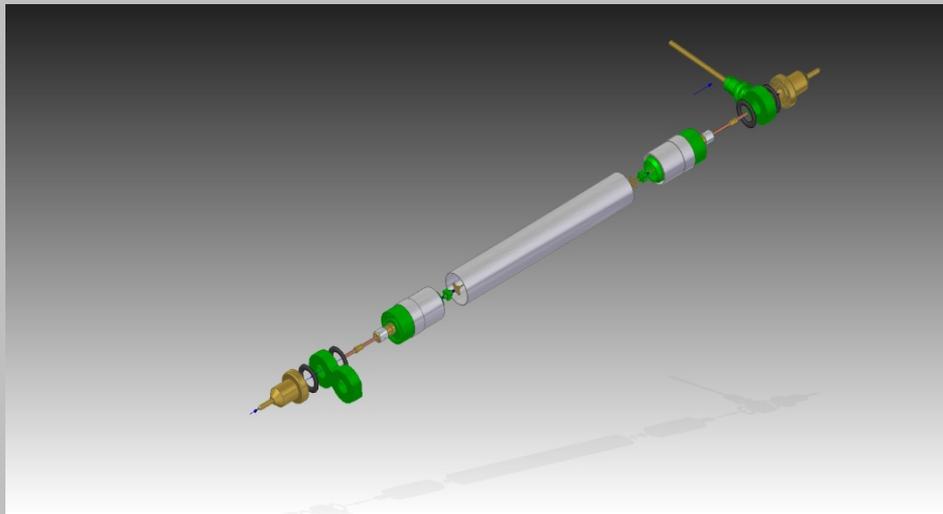


Некоторые результаты. Трубки $\text{Ø}30$ мм, 3x32, L=800 мм.
 Ar+7%CO₂ ~1.5 бар(абс). «Бестриггерный» режим работы дрейфовых камер.

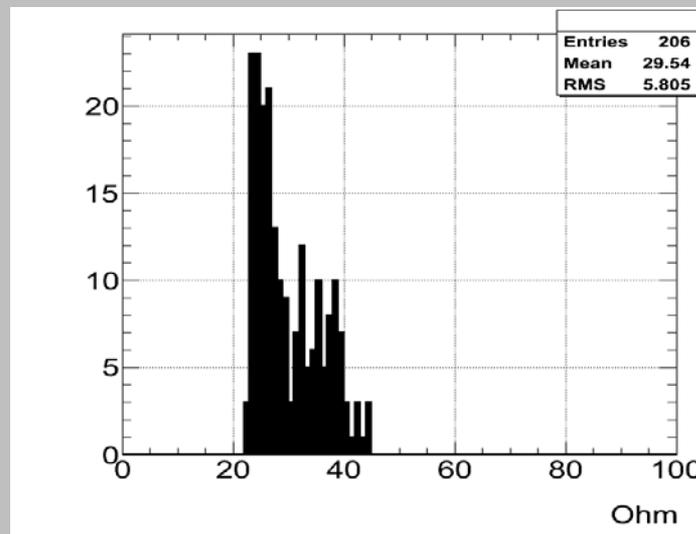
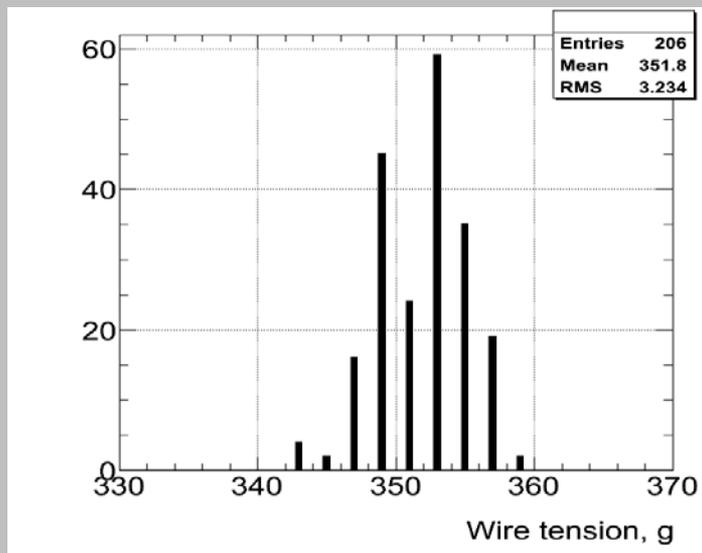


Лавсановые дрейфовые трубки диаметром 15 мм

Цель (30 мм → 15 мм) : повышение грузозачной способности.

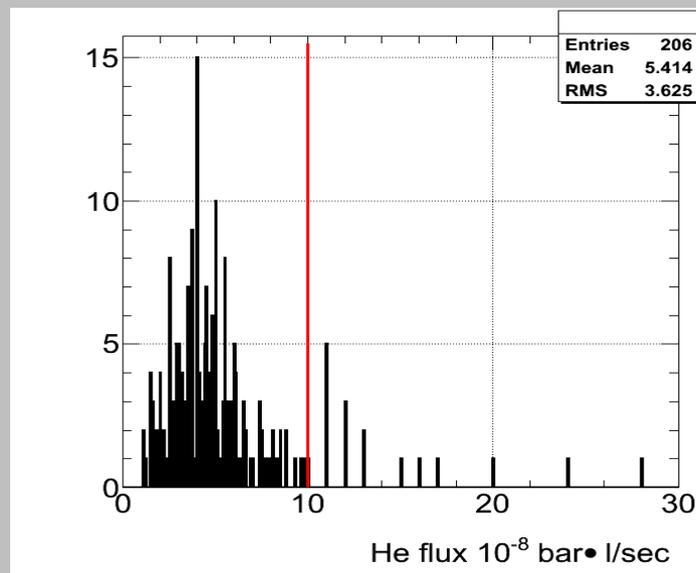
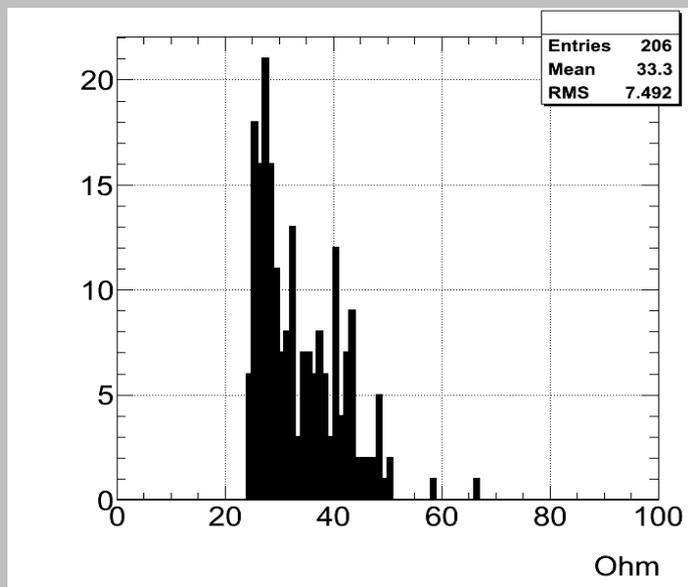


Трубки Ø15 мм L=586мм (результаты проверки)



Натяжение W(Re)Au T=351.8 ±3.2г

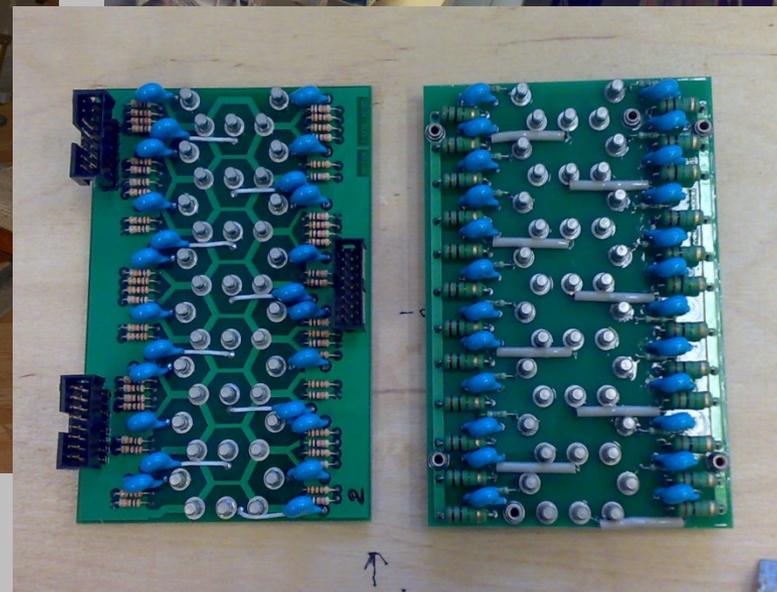
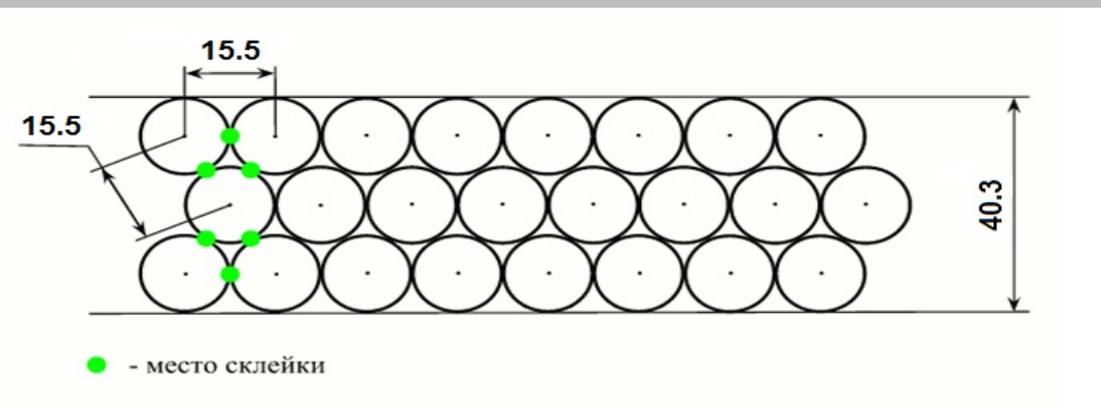
Электрическое сопротивление (внутр. пов)



Электр. сопротивление (ер-ер)

Утечка He из трубки в вакуум

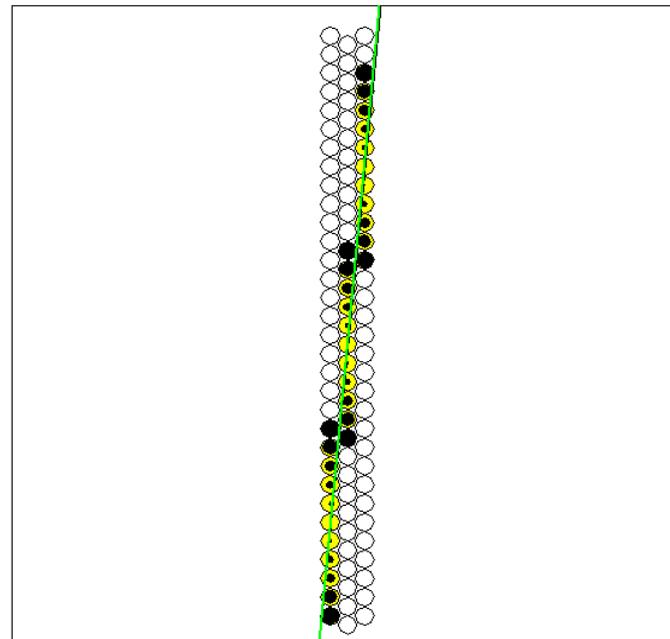
Камера (Ø15 мм трубки)



Камера 96 трубок, Ø15мм, длина 586 мм



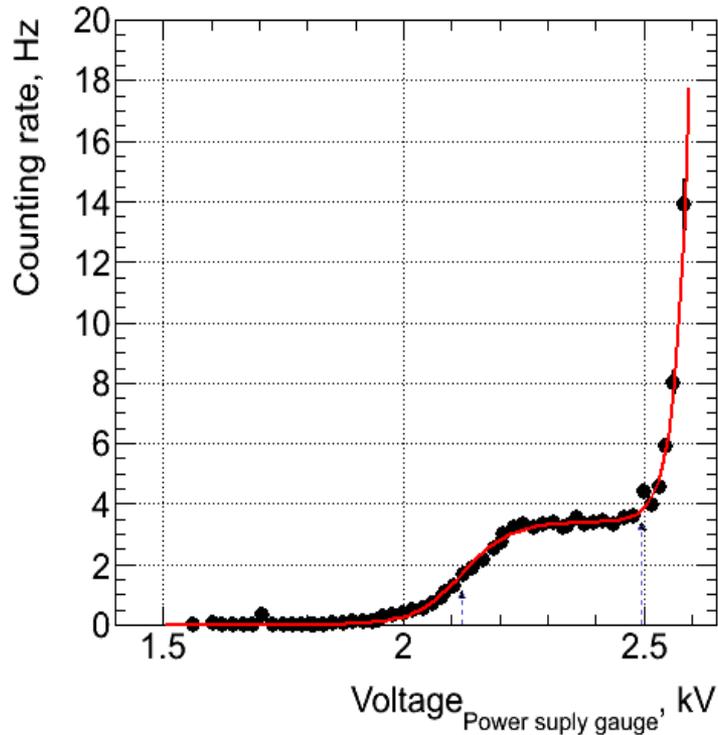
Run 1 Cycle 2996 window 38



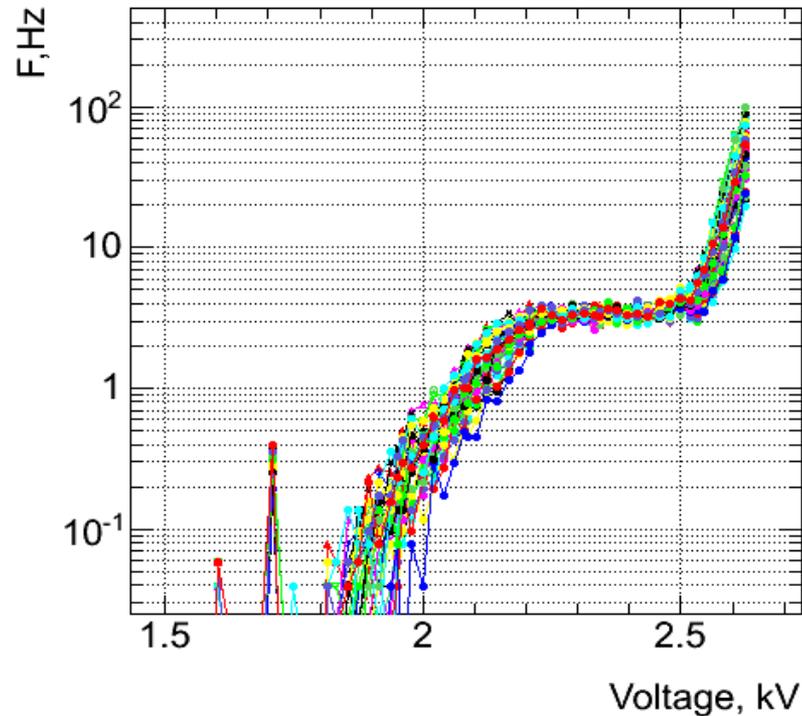
Счетные характеристики

(камера 48 трубок, L=586 мм, естественный радиационный фон)

Газовая смесь Ar+7%CO₂ 1.5 бар

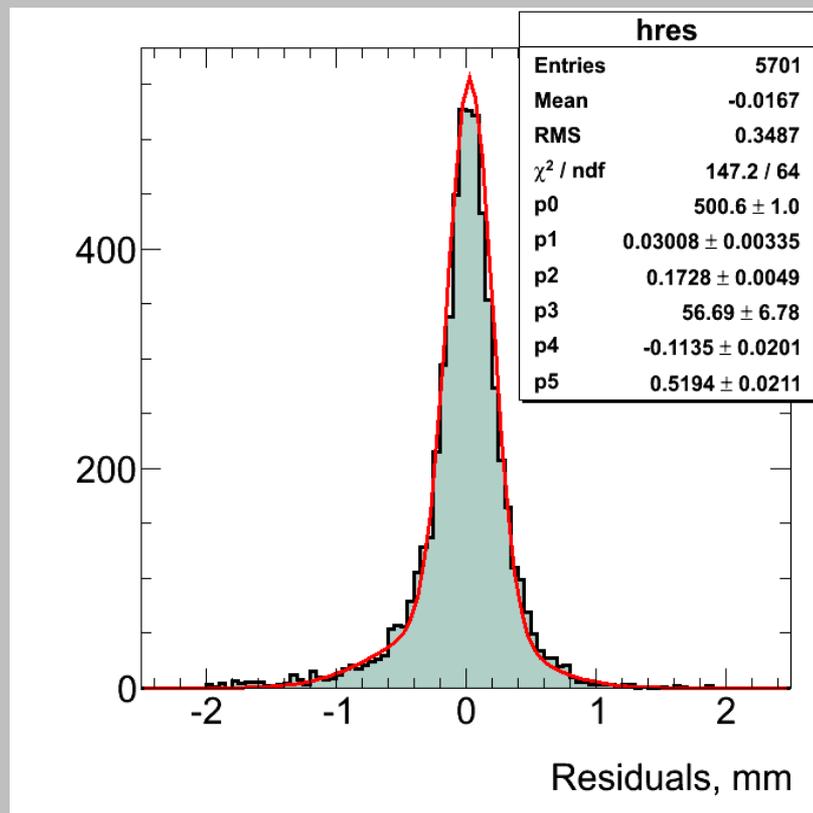
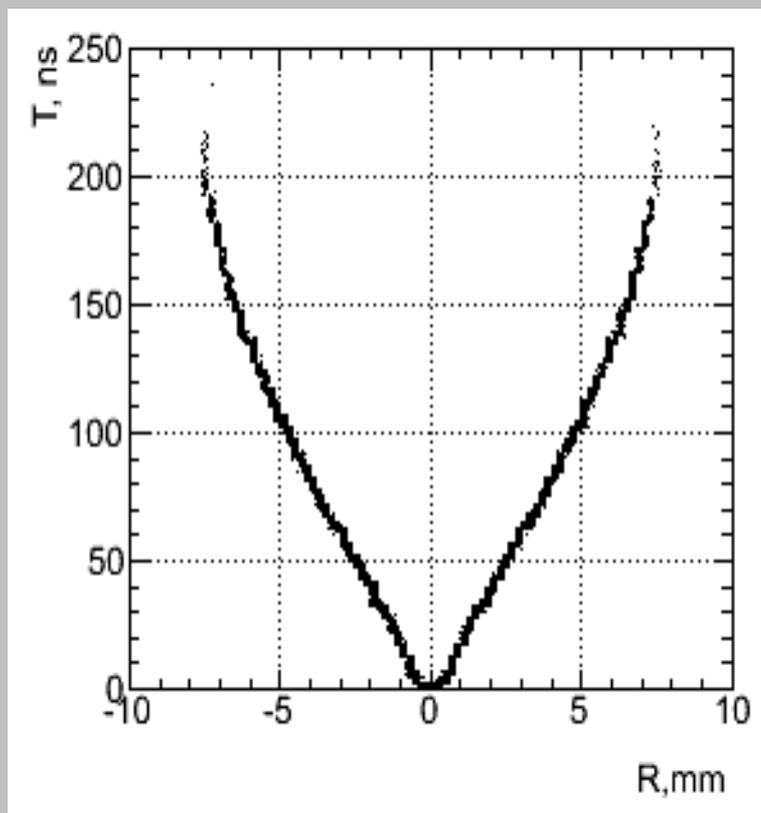


Средняя



Все 48 трубок

Корреляция t-R и разрешение



«Длинные» треки ($N > 14$) Распределение ($\text{Residual} = R_{\text{fit}} - R_{\text{hit}}$)
Fit=gauss1+gauss2 $\sigma_1 = 173$ мкм

Заключение

В ИФВЭ разработана конструкция прецизионной дрейфовой трубки диаметром 30 и 15 мм. Корпус трубки изготавливается методом ультразвуковой сварки из лавсановой пленки толщиной 125 мкм, покрытой с обеих сторон алюминием.

Налажено производство трехслойных дрейфовых камер из этих трубок.

В действующих экспериментах ИФВЭ используется 26 камер с размерами от 0.8×1 до 2.0×2.5 м², включающих около 4500 дрейфовых трубок из лавсана диаметром 30 мм. Некоторые из камер работают уже более 5 лет.

Начато изготовление камер из трубок меньшего (15 мм) диаметра длиной от 0.6 до 2.5 м

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!