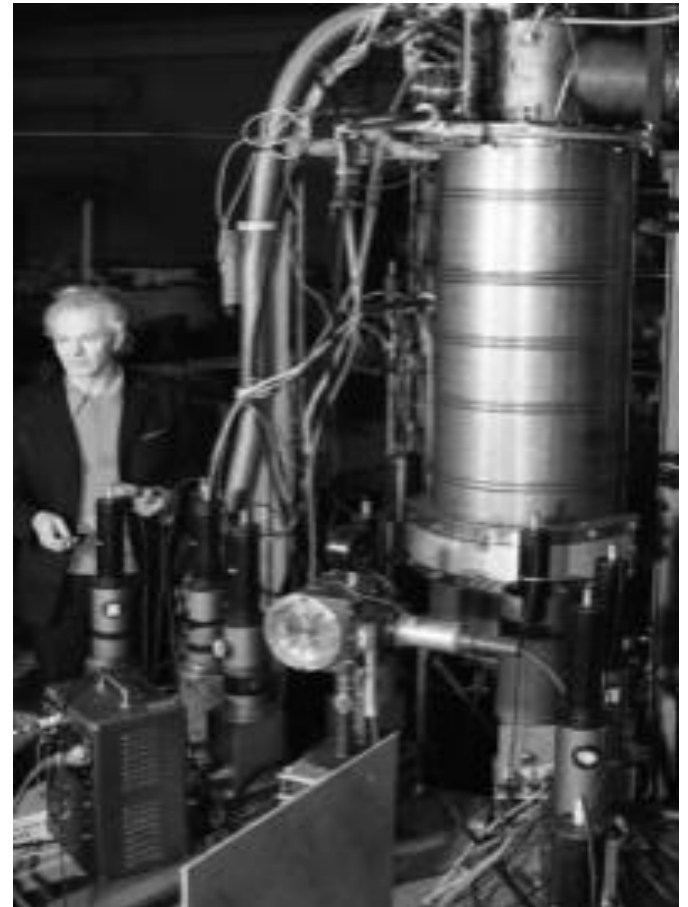


Думая о будущем, надо помнить прошлое

Выдающемуся ученому ОИЯИ в области спиновой физики

Юрию Михайловичу Казаринову

12 октября этого года исполняется 100 лет.



На крупнейших ускорителях мира сегодня имеются пучки и мишени поляризованных частиц, построены и строятся огромные установки для столкновения поляризованных пучков и получения новых экспериментальных данных. SPD NICA живой пример этого.

Но интересно отметить, что в 1960-70 годы многие теоретики считали, что с ростом энергии спиновые эффекты должны вымирать.

Это хороший урок истории.

КАКОЙ ДОЛЖНА БЫТЬ СТРОУ КАМЕРА ДЛЯ SPD NICA?

Доклад на рабочем совещании SPD NICA

Л.Н. Глonti, В.А.Самсонов

7.10.2019

АННОТАЦИЯ

Мы предлагаем на рассмотрение разработку конструкции, изготовление и сборку строу камер на основе разделения процесса создания камеры на три автономные части.

* Полная автономная сборка строу трубок вместе с анодными проволоками вне камеры, с использованием самоцентрирующих наконечников и поддержек.

** Разработка и изготовление конструкции камеры.

*** Полная сборка камеры вместе с трубками (натяжение анодных проволок, подача газа, ВВН и др .).

СОДЕРЖАНИЕ

1. Разработка конструкции строу-трубок и технологии их сборки.
2. Разработка конструкции камеры.
3. Разработка газового хозяйства, подачи ВВН, съема данных, передней электроники, вывода данных и др.
4. Разработка технологии сборки камеры.
5. Электроника?
6. Ресурсы.
7. Регулярные рабочие совещания по строу камерам.

5 лет на эту работу не очень много.

1. Конструкция строу-трубок и технология сборки.

1. Основной геометрической базой для дрейфовой строу камеры с хорошим пространственным разрешением является

анодная проволока,

привязанная к камере и координатной системе установки.

2. Если анодная проволока будет максимально прямолинейной, трубка с наконечниками будет соосна с ней и гнезда для них в камере будут **изготовлены и собраны** соосно (только точности изготовления недостаточно), то трубки, натянутые согласно расчетам, будут соответствовать этим точностям. Соответственно возрастет и точность восстановления координат заряженных частиц в дрейфовой камере.

Но эти условия не очень просты для выполнения.

3. Для этого каждая строу трубка вместе с анодной проволокой должна представлять в камере геометрически правильную (коаксиальную), и жесткую систему, изготовленную и собранную с хорошей точностью (не хуже $\pm 0,03$ мм?).

Назовем ее «квази-жесткой» трубкой.

ЗАМЕЧАНИЕ: при использовании в качестве базы свободно провисающих анодных проволок, с учетом расчета их отклонения под действием гравитации и электрического поля, как нам представляется, нельзя исключить появление систематических ошибок.

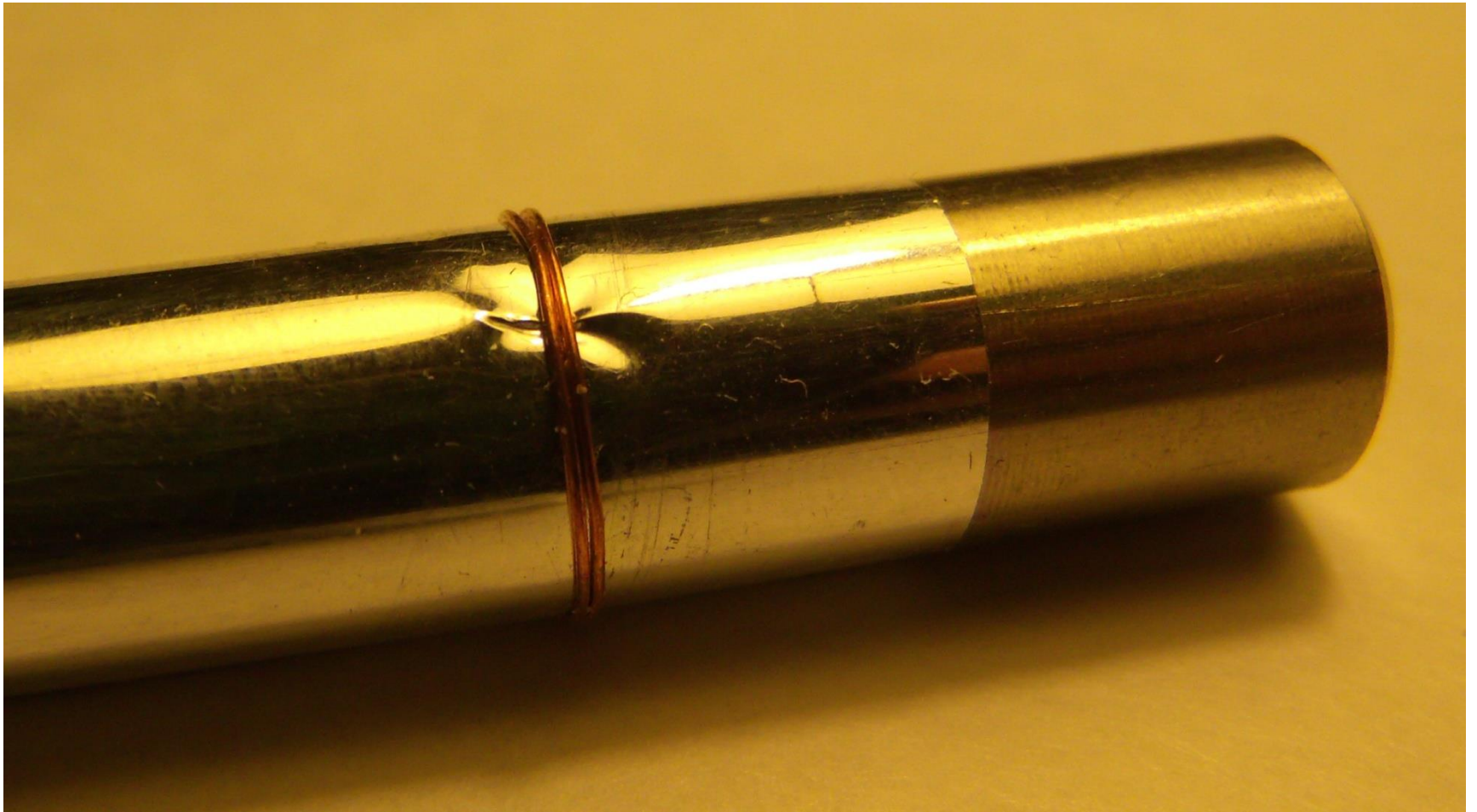
ЧТО можно делать уже СЕГОДНЯ

- 1. Необходимо детальное моделирование.**
- 2. Выбрать тип и диаметр строу, толщину ее стенок**
(для барели в качестве строу трубок мы предлагаем использовать сваренные по образующей лавсановые трубки).
- 3. Разработать полную конструкцию трубки и технологию ее сборки.** (наконечники, шестигранки, поддержки проволок, поддержки строу, автономная технология сборки, газовое хозяйство, одно или двух сторонний вывод импульсов, расположение Front-End электроники.).
- 4. Исследовать на макете геометрические, механические и электрические характеристики строу выбранного типа,** (диаметр, герметичность, растяжимость, , Измерение координат проволок и строу. Измерение линейности дрейфовых трубок).
- 5. Изготовить трубки и создать прототип для окончательной отработки технологии сборки и изучения реальной координатной точности трубок в космических лучах.**

При сборке строу-трубок возникают следующие проблемы:

1. Разброс трубок по диаметру. Трубок тысячи и невозможен индивидуальный подбор наконечников и поддержек.
2. Люфт, возникающий в наконечниках.
3. Несоосность гнезд.
4. Необходимость точных поддержек трубок.
5. Необходимость точных поддержек анодных проволок.
6. Необходимость коаксиального натяжения трубок.
7. Определение реального положения анодных проволок в координатной системе камеры и установки.
8. То-же для трубок.

Разброс диаметра.



•

Одна из главных причин нелинейности трубок содержится в разбросе их диаметра $\pm\Delta d$.

Этот разброс вызывает различие в длинах круга порядка $\sim\pi \cdot 2\Delta d$, по всей трубке .

Диаметр наконечников, вставленных в трубки, следует выбирать по минимальному диаметру трубок. Но при этом в толстых трубках возникает складка и коаксиальность трубок нарушается.

Никакое увеличение натяжения не исправит возникшую при этом нелинейность.

Использование "самоцентрирующих" деталей устраняет этот эффект.

Шестиугольные наконечники и спейсеры.

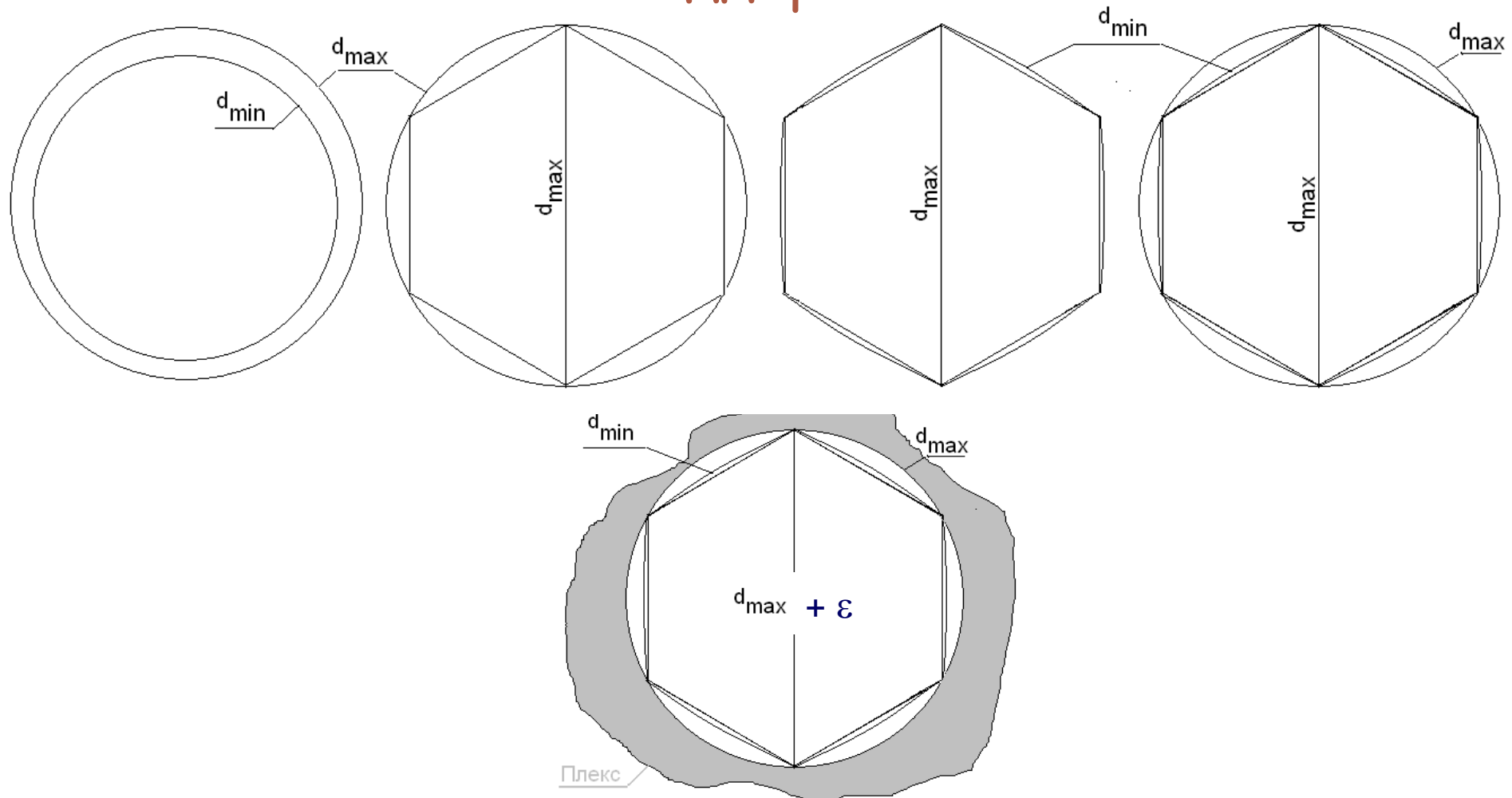
Для точного центрирования анодных проволок в трубках, имеющих разброс по диаметру, предлагается использовать

самоцентрирующие шестигранные наконечники и спейсеры.

Их центрирующие свойства основаны на разности длин периметра шестиугольника и описывающего его круга.

Эта разность позволяет шестиугольному наконечнику или спейсеру легко входить в трубки с **max** и **min** диаметром и центровать их, тогда как диаметр обычного круглого наконечника должен быть рассчитан на трубку минимального диаметра и тогда при бо́льшем диаметре будет образовываться складка.

Как работает самоцентрирующаяся поддержка



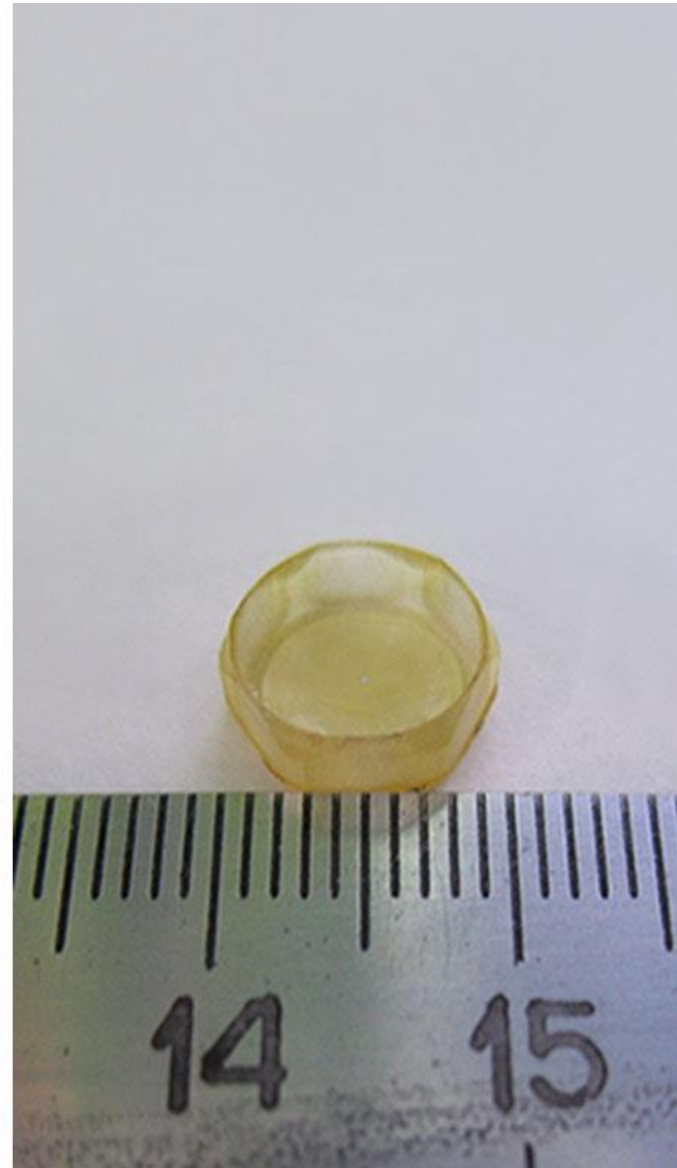
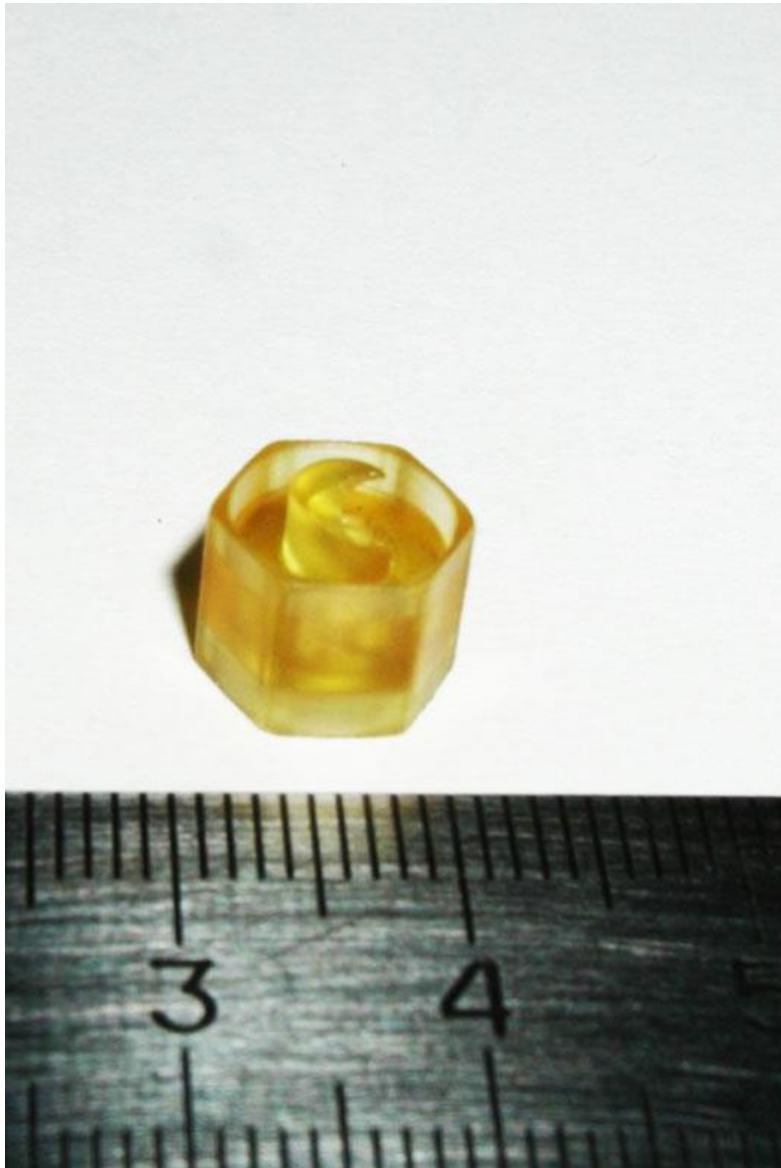
При разбросе трубок по диаметру в пределах ± 0.15 мм конструкция наконечников и спейсеров позволяет строго центрировать проволоки внутри них.

Предложенная конструкция и технология сборки трубок позволяет, в принципе, получить расположение анодных проволок и самих трубок в камере с точностью не хуже

$\pm 0,030$ mm.

Если удастся выдержать эти условия в реальной камере, то точность восстановления координат заряженных частиц в дрейфовых трубках будет существенно выше.

Self centering hexagonal spacer



10*700*900-MJD1S

Лист 1 из 1

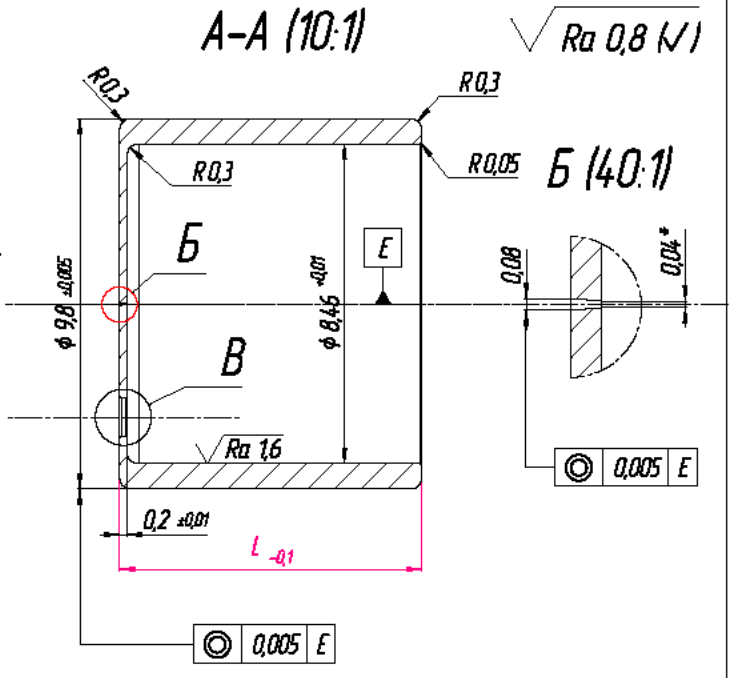
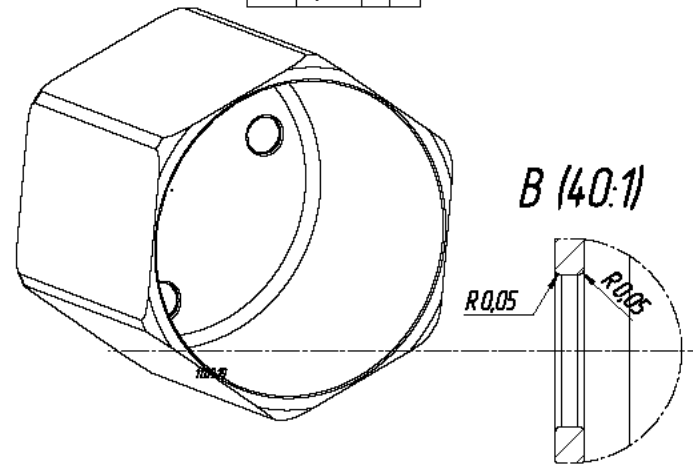
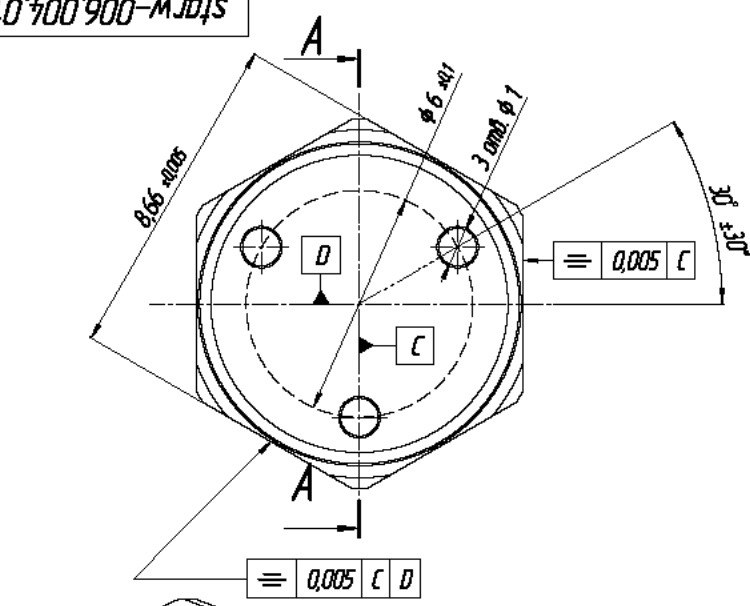
Справ. №

Листы и детали

Взам. инв. № Инв. № докум. № переис.

Листы и детали

Инв. № докум.



L1	5 мм	5 шт.
L2	8 мм	5 шт.

- *Размер для справок
- Ra 0,8 полировать, кроме Ø 8,46

Исполн.	М.М.М.	Провер.	В.В.В.
Разработ.	С.С.С.	Утвержд.	Л.Л.Л.
Экз.	М.М.М.	Дата	В.В.В.

starw-006.004.01

Шестигранника

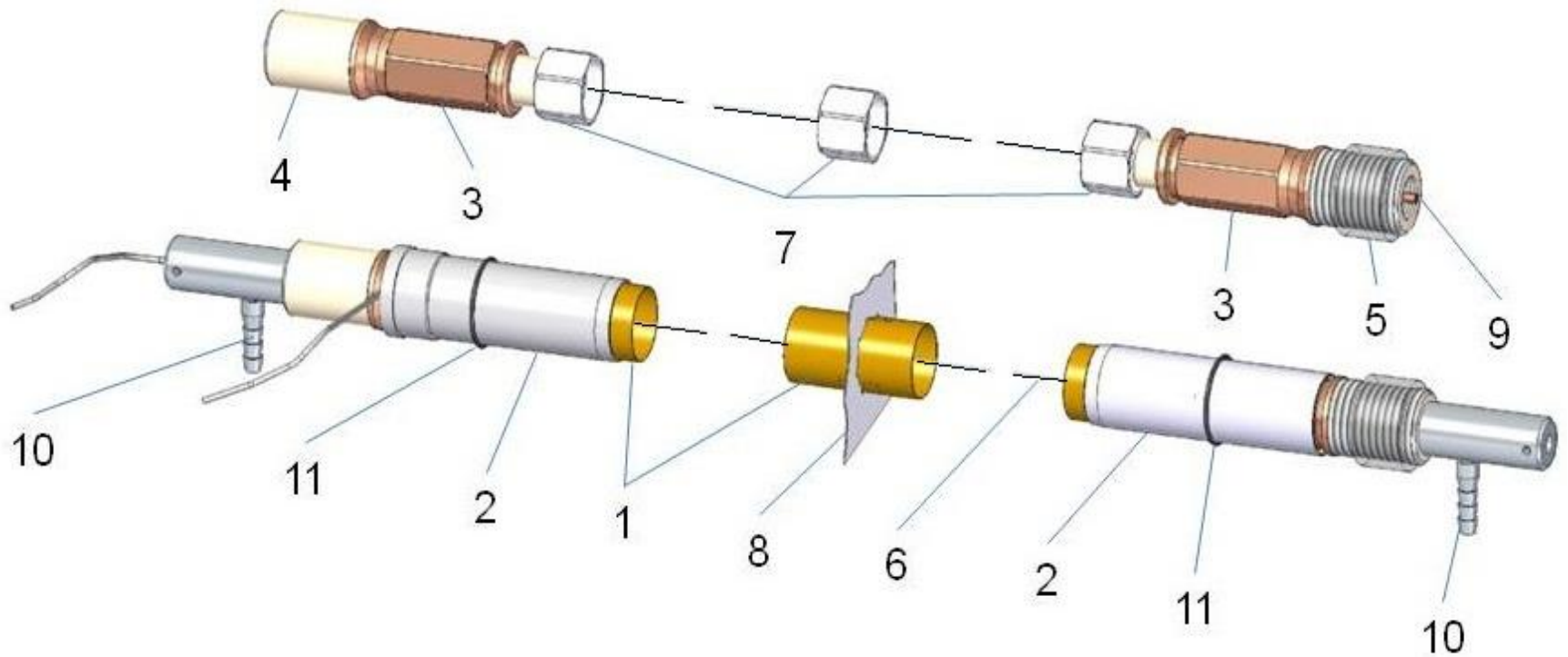
Ultem

Лист	Листов	1
Масса	Масштаб	10:1

Формат А3

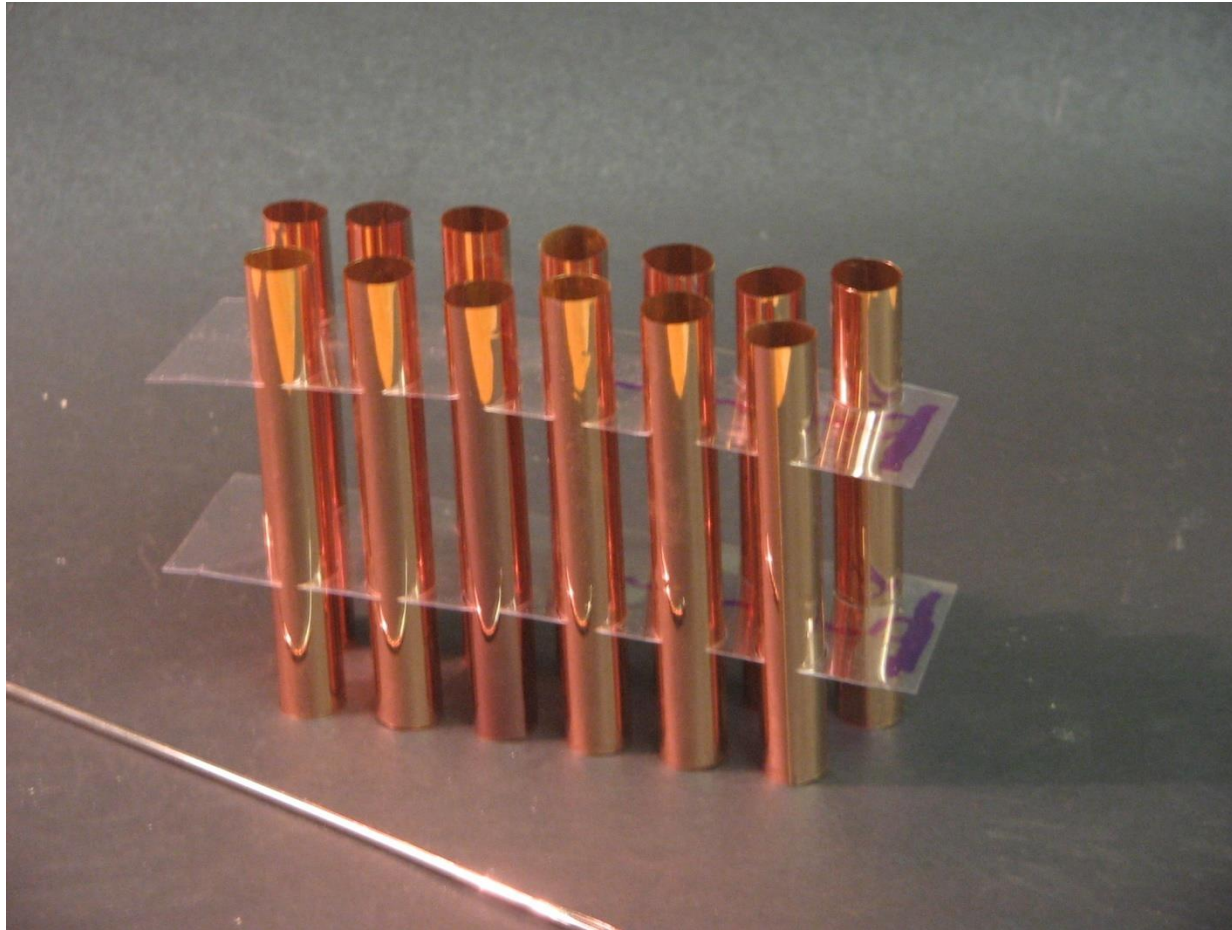
Копирабол

Трубка в сборе

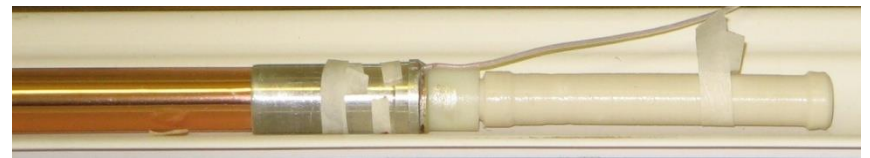
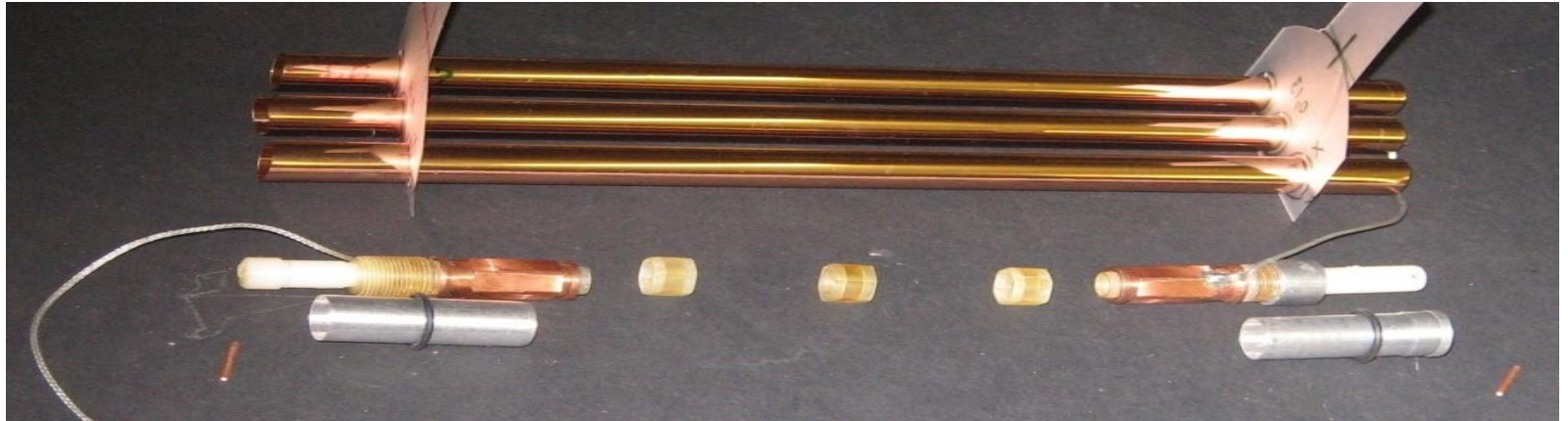


1. drift tube,
2. sleeves,
3. hexagonal bushes,
4. insulating inserts,
5. nut,
6. anode wire,
7. hexagonal spacers,
8. film strip support,
9. copper pin,
10. gas connectors,
11. O-rings.

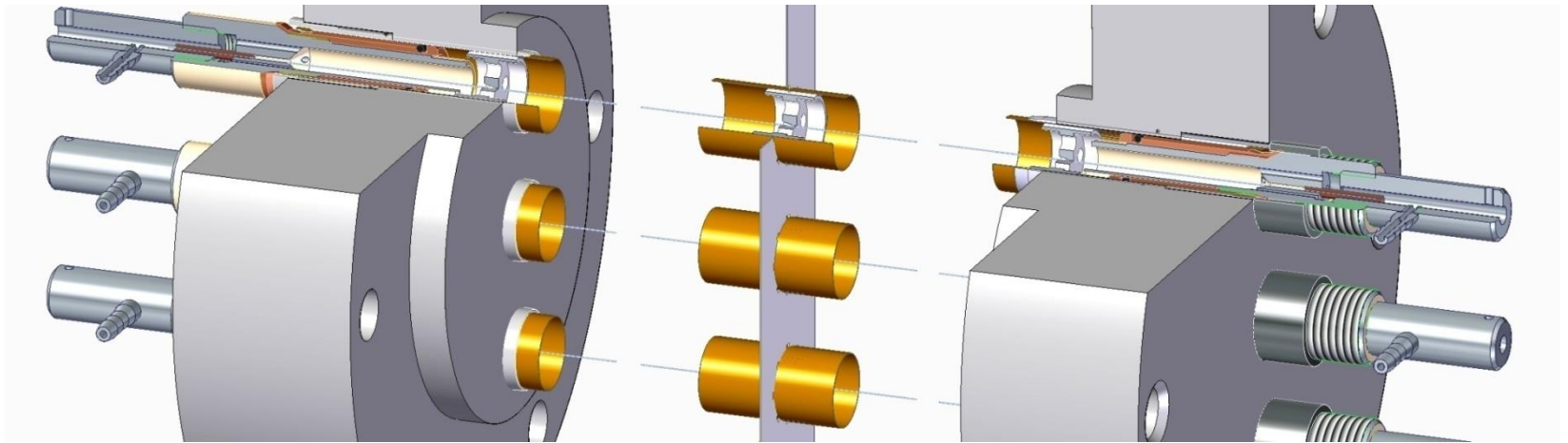
II.4. New simple method of the straw support



II.4.3. The tubes assembly outside chamber. Details and full assembled tube

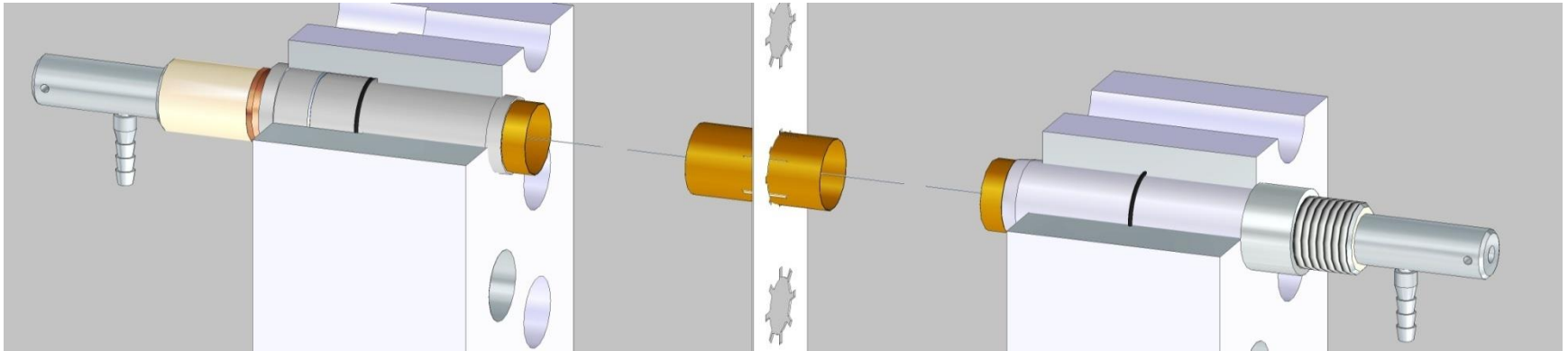


6. Прототип

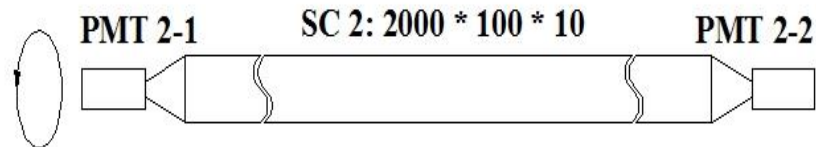
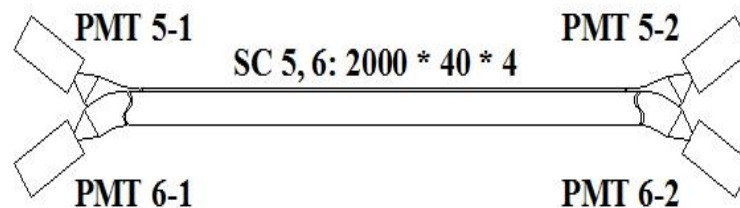
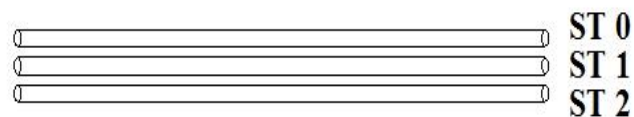
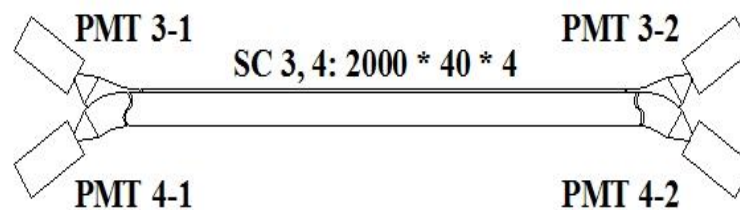
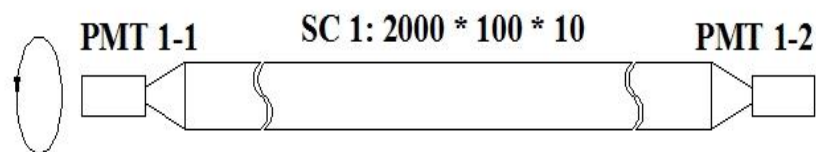
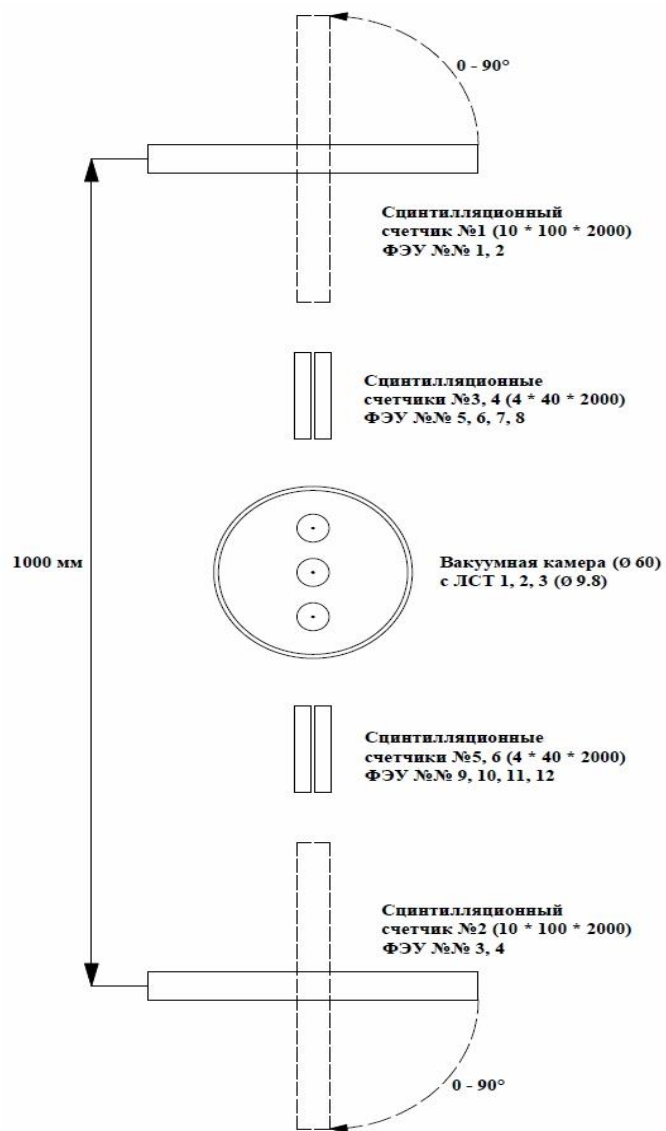


4.1. The tubes assembly outside chamber.

The assembled tubes are sealed in their seats with O-rings which simplified as chamber assembly as replacement of damaged tubes.



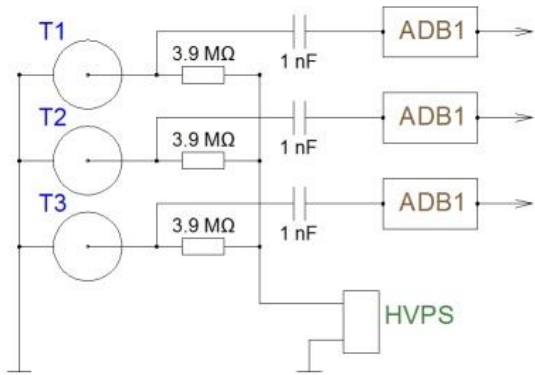
Установка для изучения координатной точности трубок.



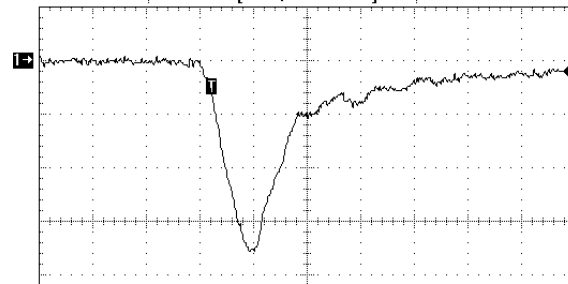
Установка для изучения координатной точности трубок.



The prototype and results.



Tek Stop Single Seq 1GS/s

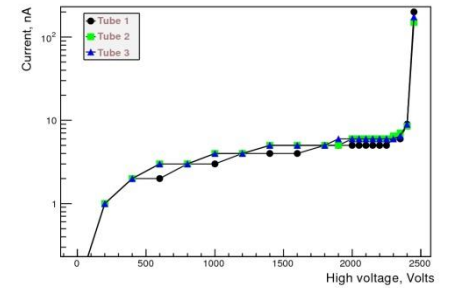


Ch1 -width
58ns

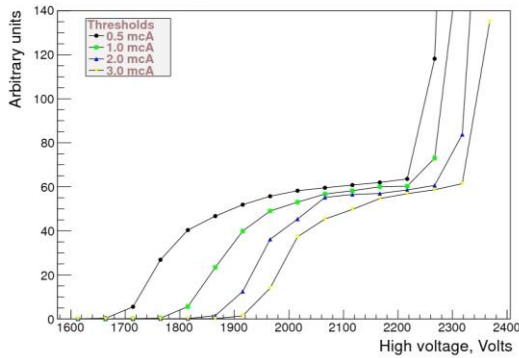
Ch1 Ampl
1.84 V

Ch1 Fall
35.2ns

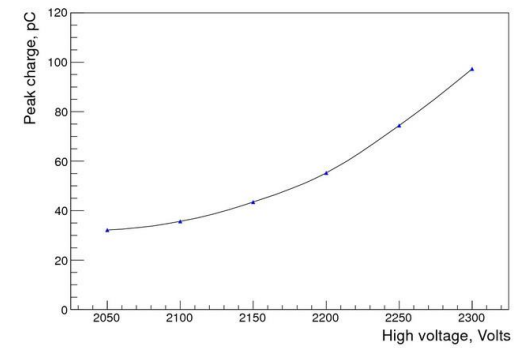
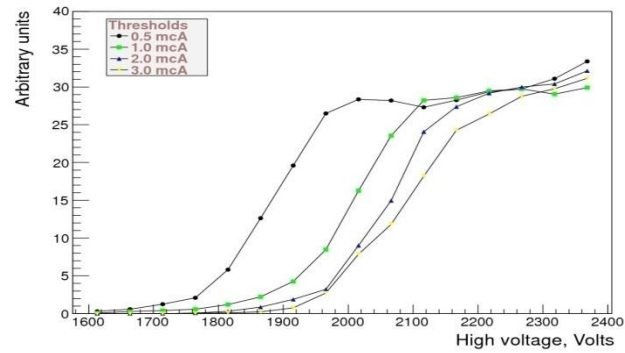
Volt-Ampere characteristic, All tubes



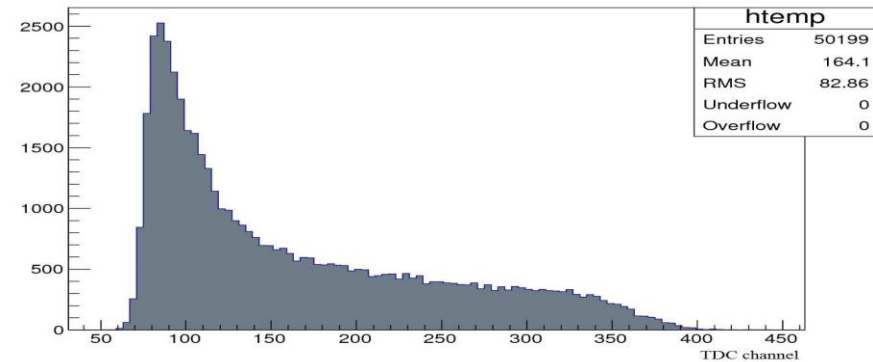
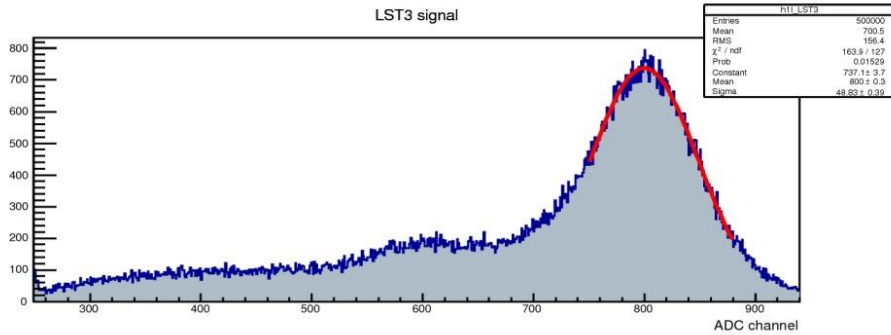
Counting rate, all tubes, all thresholds



Efficiency, all tubes, all thresholds



LST3 signal



ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРУБОК

Мы умеем измерять линейность трубок типа NA62 и местоположение проволок в них простым оптическим способом, при помощи видимого света
Точностью порядка $\pm 5 \mu$.

Эти два способа можно объединить и получить цельную геометрическую картину по всей длине трубки.

The effect of electrostatic and gravity force on offset wire inside tube, NIM A888 (2018) 79 (For MU2e Experiment)

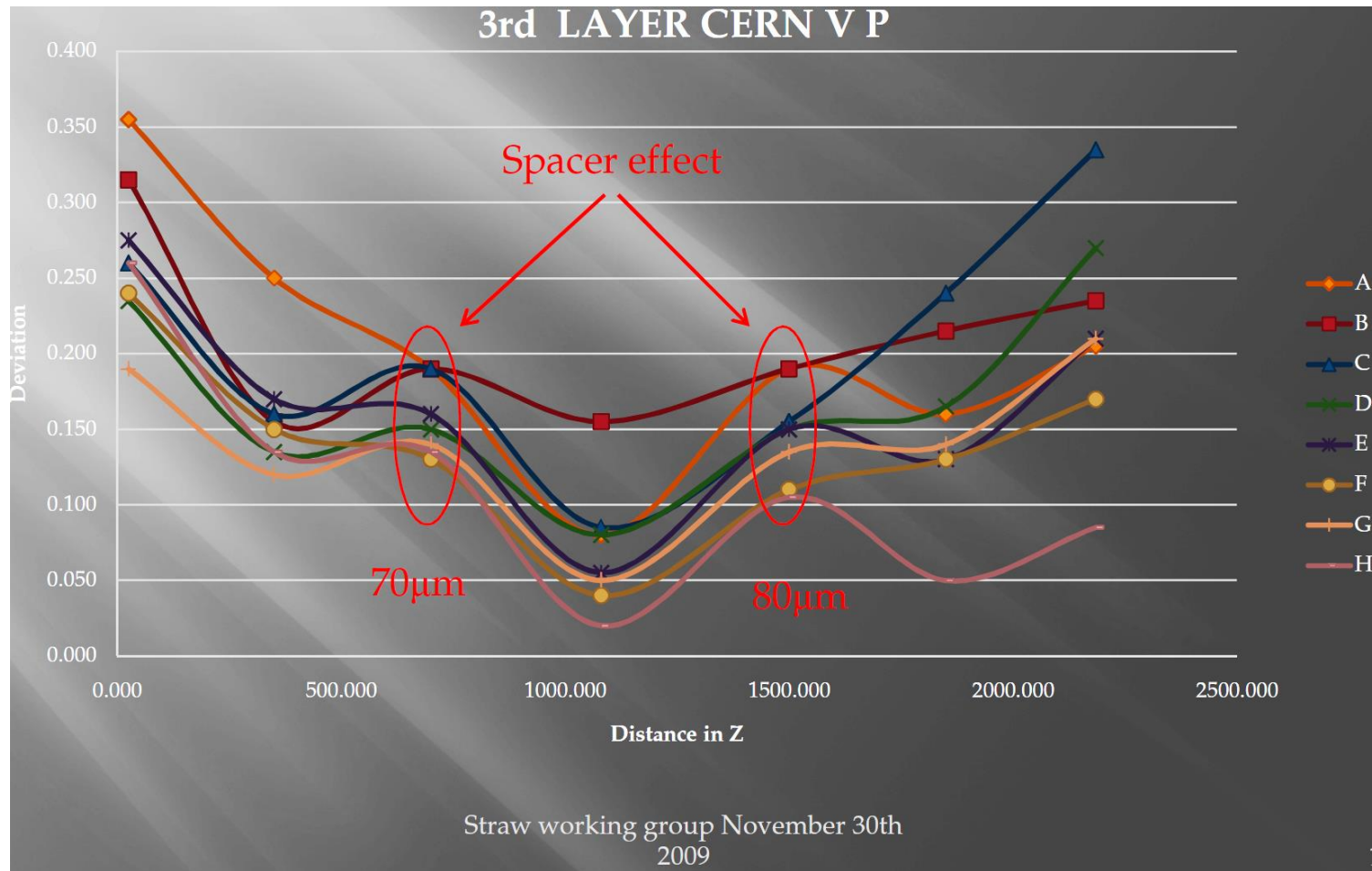
Аннотация

При подаче высокого напряжения между анодной проволокой и трубкой в строу детекторе, проволока, смещенная относительно оси трубки испытывает кулоновскую силу. Эта сила приводит к большему смещению проволоки в строу, в дополнение к гравитационному провисанию. Оно является функцией трубки и радиуса провода, начального смещения, высокого напряжения, натяжения и длины проволоки. Наличие таких эффектов общеизвестно, но точная величина смещения для анодных проволок в условиях работы детектора **ранее не документировались с измеримой достоверностью(?)**.

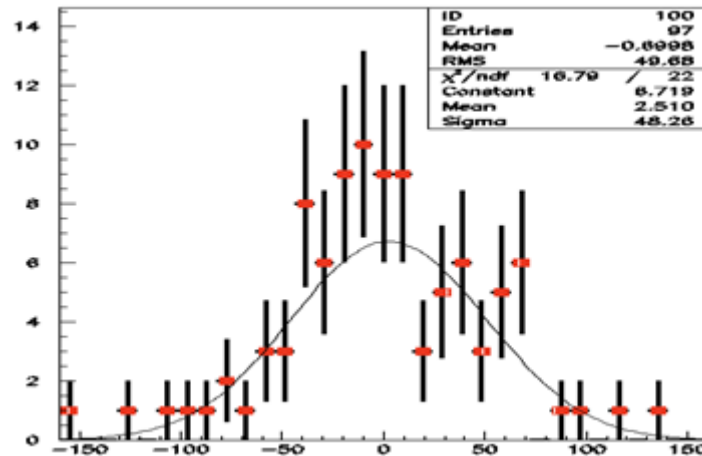
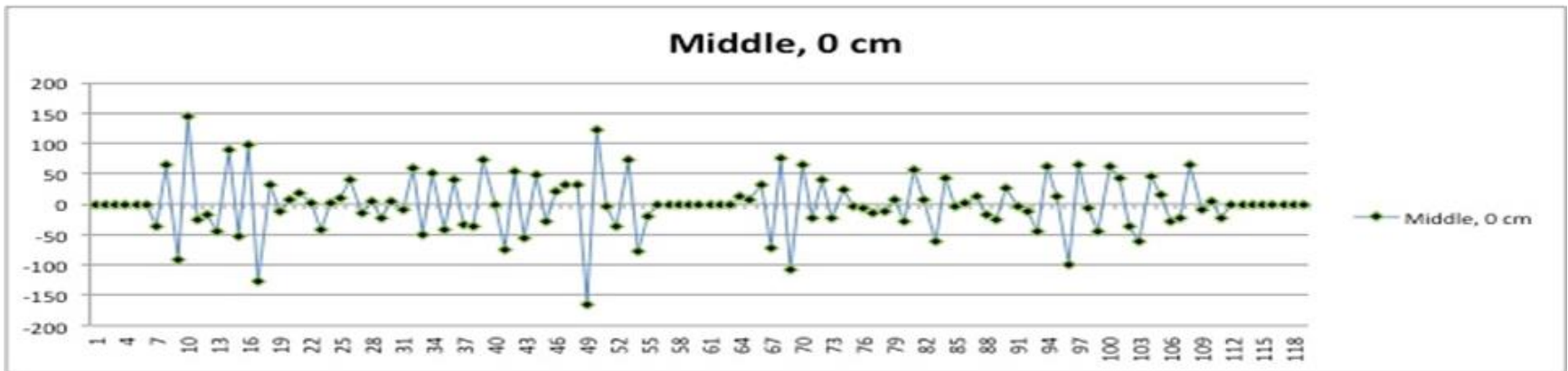
В этой работе мы представляем первые систематические измерения смещения проволоки в детекторах с строу трубкой из-за наличия силы тяжести и электростатической силы, с использованием рентгеновского сканера, разработанного для эксперимента Mu2e. Данные сравниваются с решениями дифференциальных уравнений, описывающих систему, и мы находим хорошее соответствие между ними. Решения могут предсказать окончательные положения проволоки и строу из начальных положений, измеренных без напряжения, и конечные положения проволок и строу (повидимому, расчетные) можно затем использовать в качестве входных данных для программного обеспечения реконструкции треков, с целью улучшить пространственное разрешение положения треков.

(Но, к сожалению, расчеты всегда связаны с систематикой!)

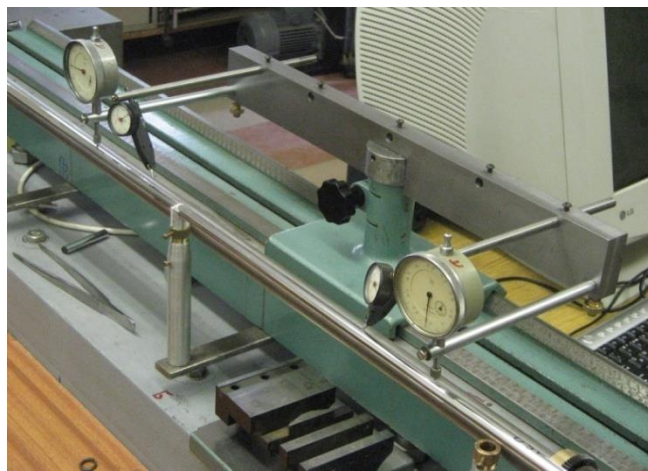
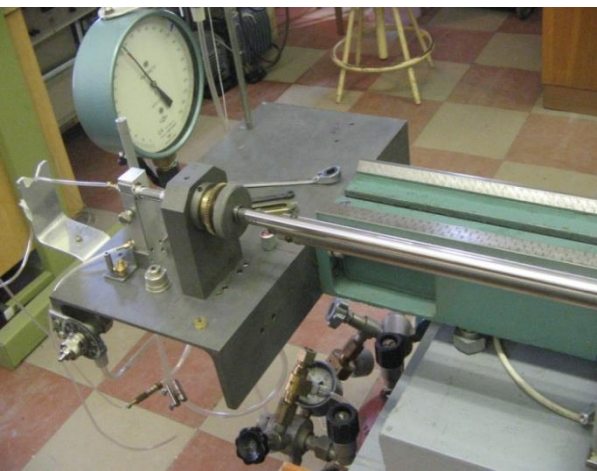
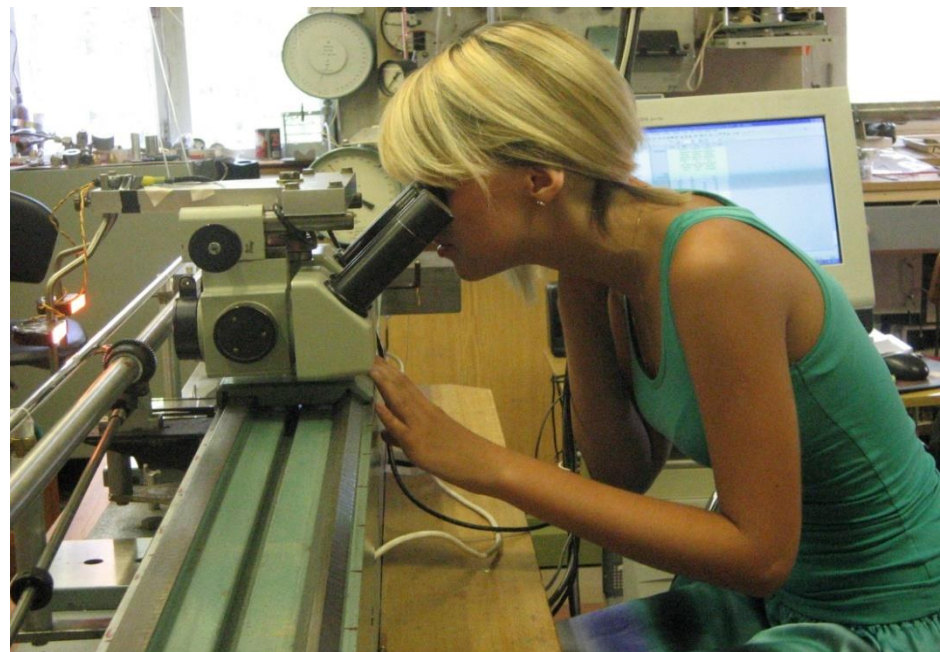
F.Perez Gomes (CERN)



NIM A, 824 (2016) 532



2.1. Измерение линейности трубок и анодных проволок На базе оптической скамьи ОСК-2



Измерение линейности трубок и анодных проволок

Параметры установки:

Коаксиальность цапг для крепления в них наконечников трубок $\pm 0,020$ мм, расстояние между ними 2160 мм).

Точность установки поддержек для трубок $\pm 0,020$ мм.

Точность измерения прямолинейности трубок $\pm 0,010$ мм.

Имеется возможность синхронного безлюфтового вращения трубок на 360° и измерения косвенным методом диаметра трубок.

Измерение линейности трубок.

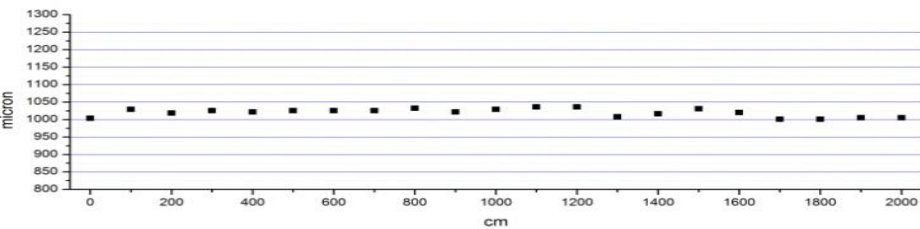
Эти измерения показали, что получить высокую линейность трубок в по всей их длине

$\pm 0.03 \text{ mm}$

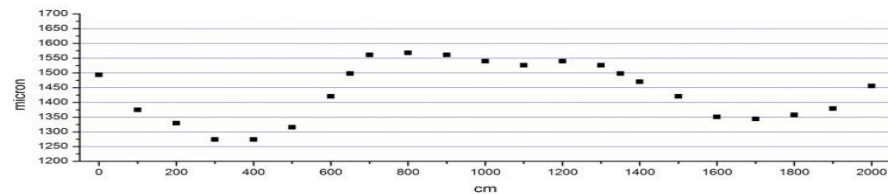
возможно только при условии их точной коаксиальной установки в наконечниках, а наконечников, со своей стороны, в гнездах камеры.

2.3. Измерение линейности трубок. Результаты

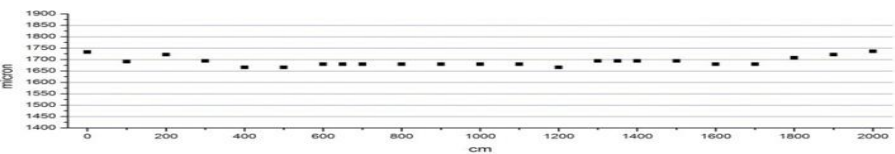
■ 20.05.10
Measurement #2
Caliber $\varnothing 9,95$
Mean



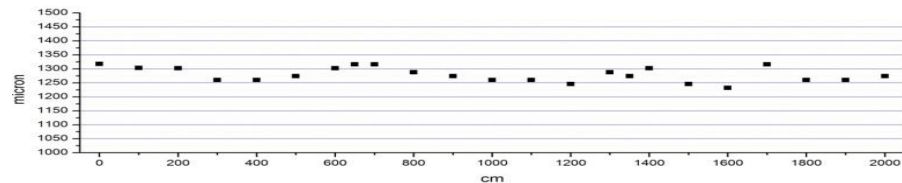
■ 26.05.10
Measurement #1
Straw #4
T= 1 at
2 supports
Streich=1,5 kg
Clamped end
Mean



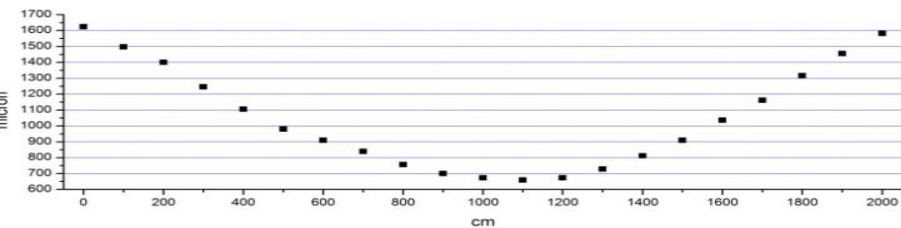
■ 01.06.10
Measurement #2
VR-20
4 supports
Streich=0,1 kg
Mean



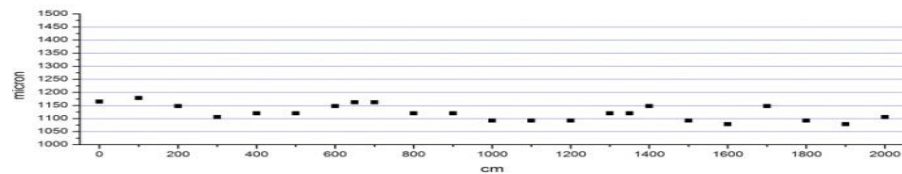
■ 23.06.10
Measurement #2
Top edge
Straw #5 (Al)
T= 1 at
2 supports
Streich=1 kg
Free end
Mean



Straw #4 (Al)
T= 1,1 at
0 supports
Streich=1 kg
Free end
Mean

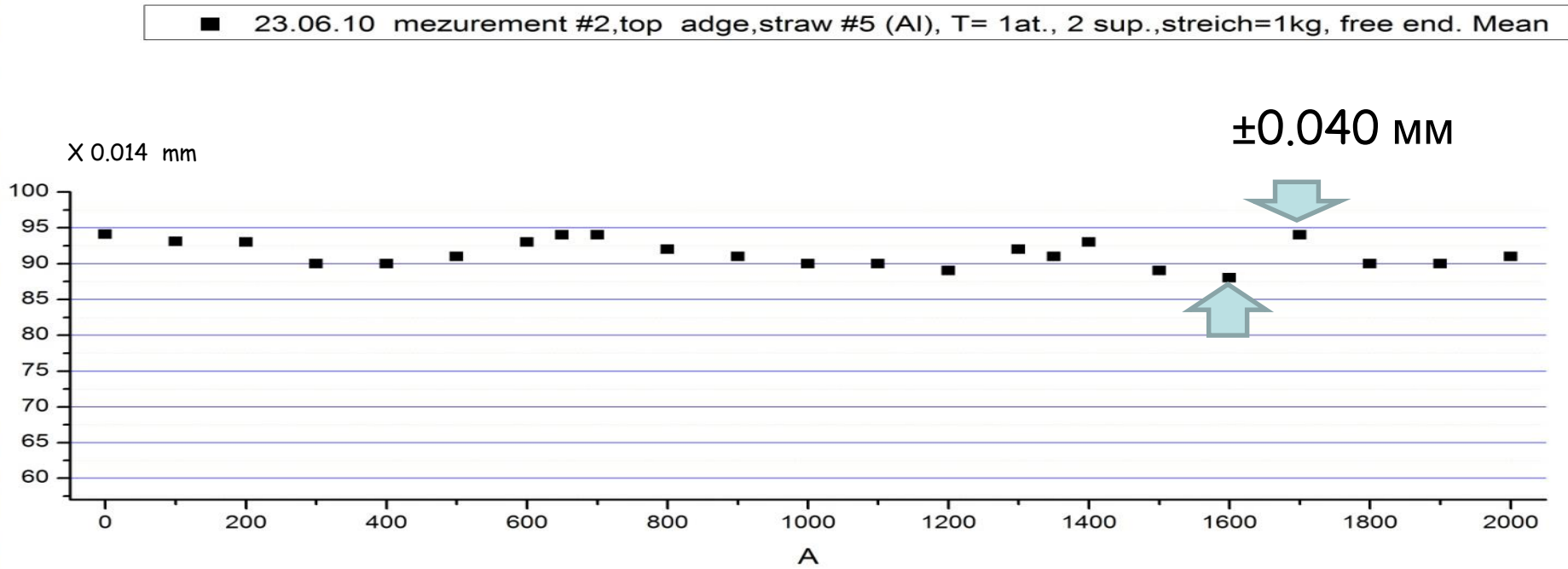


■ 23.06.10
Measurement #1
Bottom
Straw #5 (Al)
T= 1 at
2 supports
Streich=1 kg
Free end
Mean



2.4. Измерение линейности трубок

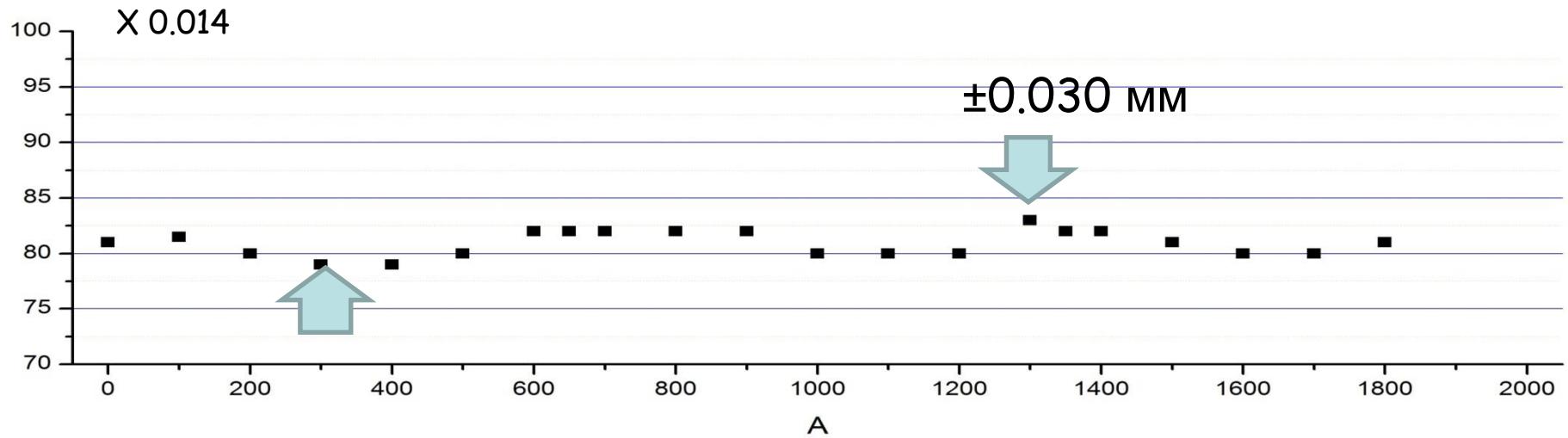
Measurement #2, top edge, straw #5 (Al), T= 1at., 2 sup., streich=1kg, free end. Mean



Измерение линейности трубок.

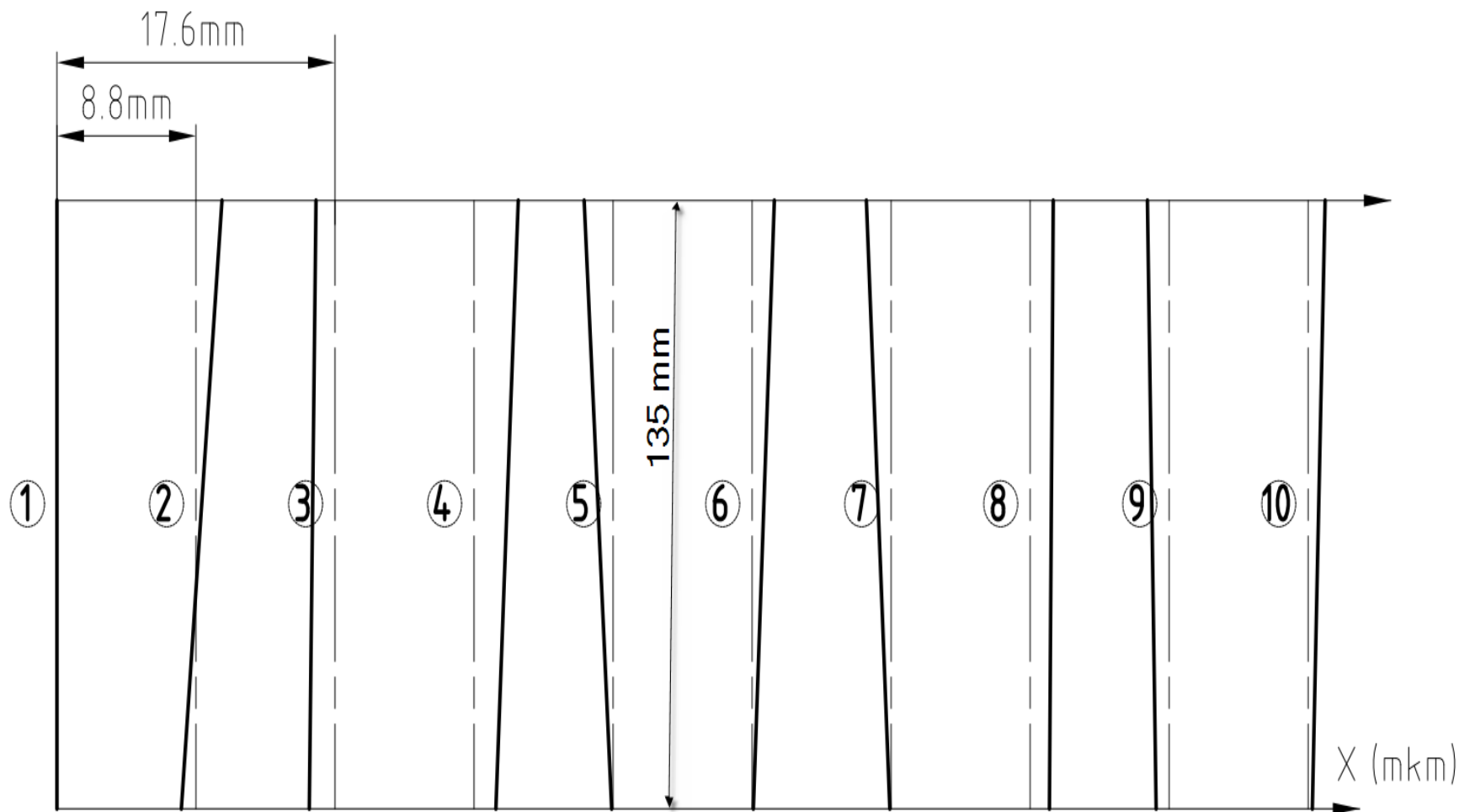
#10 (zlot) tr.pod davl 1, s 2 podderzh. natyzh.1kg,konez svoboden. R

■ 10.06.10 #1 tr.#10 (zlot) tr.pod davl 1, s 2 podderzh. natyzh.1kg,konez svoboden. R



Измеренные на макете с трубками расположения девяти проволок относительно первой.

Для наглядности масштабы отклонений концов проволок относительно их расчетного расположения увеличены.



СОДЕРЖАНИЕ

1. Разработка конструкции строу-трубок и технологии их сборки.

2. Разработка конструкции камеры.

3. Разработка газового хозяйства, подачи ВВН, съема данных, передней электроники, вывода данных и др.

4. Разработка технологии сборки камеры.

5. Электроника (хотя бы для прототипа)?

6. Ресурсы.

7. Регулярные рабочие совещания по строу камерам.

5 лет на эту работу не очень много.

2. Конструкция камеры.

6. Поскольку конструкция самой камеры в барельной части установки очень сильно зависит от выбора конфигурации магнитного поля, то было бы разумно начать предварительно проектирование для обоих случаев для накопления опыта по конструкции.

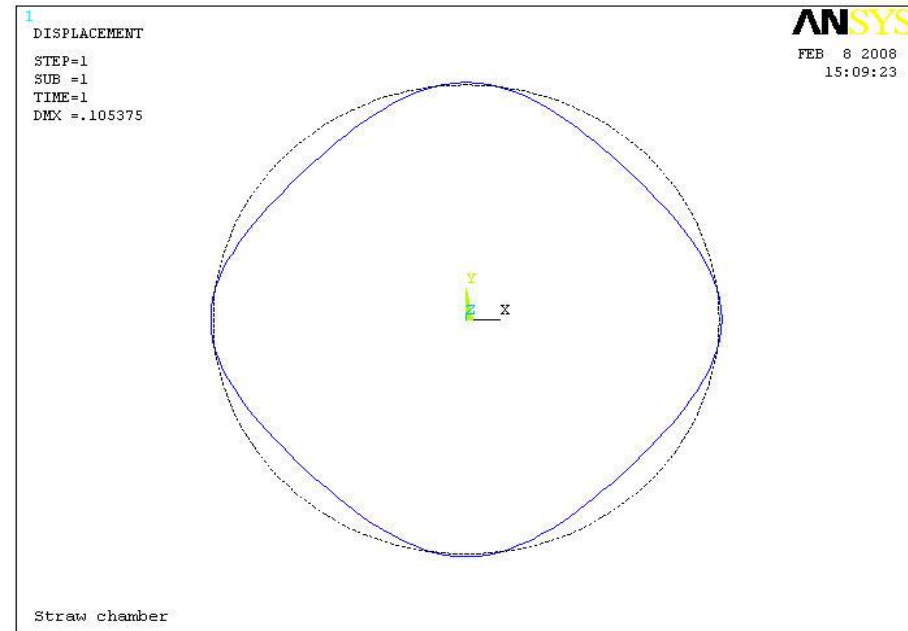
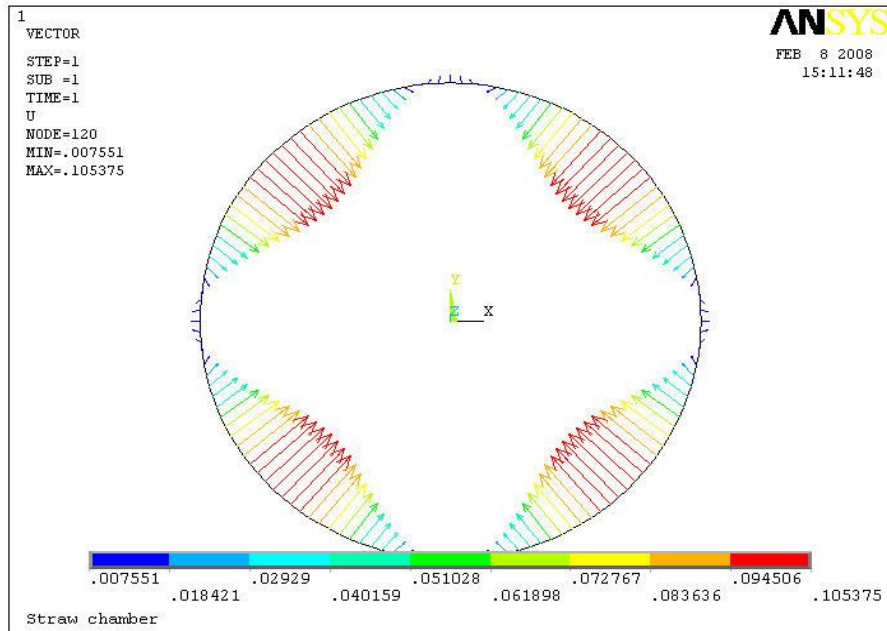
7. Разработка и изготовление макета камеры.

8 . Разработка и изготовление полномасштабного прототипа.

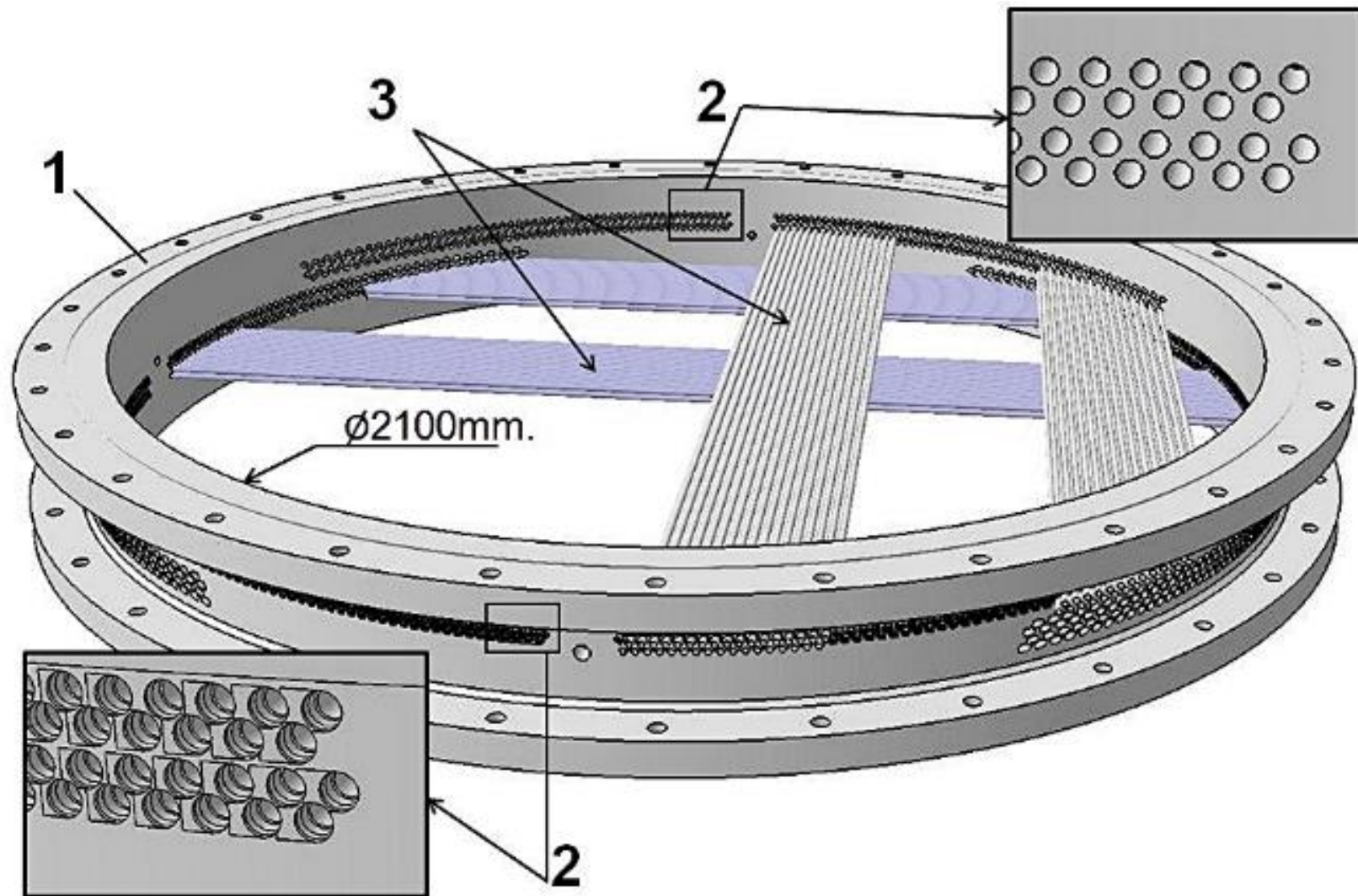
РАСЧЕТ ДВУХКООРДИНАТНОЙ КРУГЛОЙ КАМЕРЫ

ИСКАЖЕНИЯ НЕ ПРЕВЫШАЮТ ПРИ ЭТОМ **0,2 мм.**

При четырех координатах искажений должно быть еще меньше.



Круглая двухкоординатная строу камера



СОДЕРЖАНИЕ

1. Разработка конструкции строу-трубок и технологии их сборки.

2. Разработка конструкции камеры.

3. Разработка газового хозяйства, подачи ВВН, съема данных, передней электроники, вывода данных и др.

4. Разработка технологии сборки камеры.

5. Электроника (хотя бы для прототипа)?

6. Ресурсы.

7. Регулярные рабочие совещания по строу камерам.

5 лет на эту работу не очень много.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Разработка конструкции строу-трубок и технологии их сборки.
2. Разработка конструкции камеры.
3. Разработка газового хозяйства, подачи ВВН, съема данных, передней электроники, вывода данных и др.

4. Разработка технологии сборки камеры.

5. Электроника (хотя бы для прототипа)?
6. Ресурсы.
7. Регулярные рабочие совещания по строу камерам.

5 лет на эту работу не очень много.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Разработка конструкции строу-трубок и технологии их сборки.
2. Разработка конструкции камеры.
3. Разработка газового хозяйства, подачи ВВН, съема данных, передней электроники, вывода данных и др.
4. Разработка технологии сборки камеры.
5. Электроника (хотя бы для прототипа)?
- 6. Ресурсы.**
 7. Регулярные рабочие совещания по строу камерам.

5 лет на эту работу не очень много.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Разработка конструкции строу-трубок и технологии их сборки.
2. Разработка конструкции камеры.
3. Разработка газового хозяйства, подачи ВВН, съема данных, передней электроники, вывода данных и др.
4. Разработка технологии сборки камеры.
5. Электроника (хотя бы для прототипа)?
- 6. Ресурсы.**
 7. Регулярные рабочие совещания по строу камерам.

5 лет на эту работу не очень много.

6. Ресурсы.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Разработка конструкции строу-трубок и технологии их сборки.
2. Разработка конструкции камеры.
3. Разработка газового хозяйства, подачи ВВН, съема данных, передней электроники, вывода данных и др.
4. Разработка технологии сборки камеры.
5. Электроника (хотя бы для прототипа)?
6. Ресурсы.

7. Регулярные рабочие совещания по строу камерам.

5 лет на эту работу не очень много.

Дж.Тейлор - Введение в теорию ошибок, Мир, 1985,
стр.98.

. . . На практике, если вы хотите значительно повысить точность,
вы, вероятно, поступите лучшим образом,

**если будете совершенствовать вашу
аппаратуру,**

а не уповать на увеличение числа измерений.

