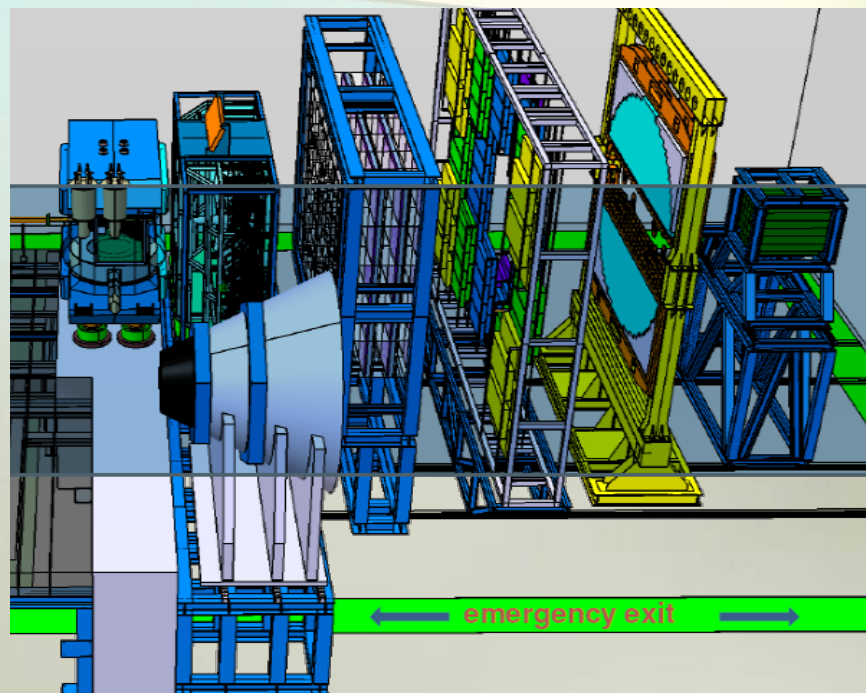
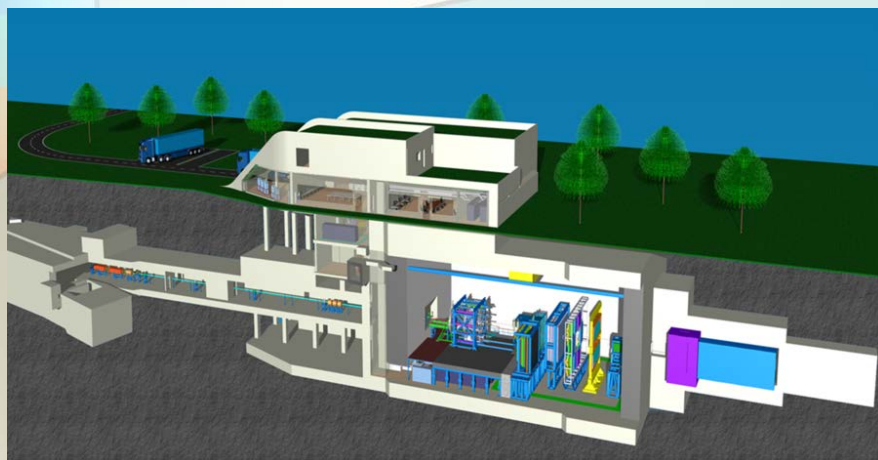


Эксперимент СВМ FAIR.



Ю. Рябов, ЛРЯФ ОФВЭ

FAIR. Стартовая версия



Коллаборация:

11 стран;

> 50 институтов (университетов);

> 400 участников.

Большое российское участие,

9 институтов.

CBM (Compressed Baryonic Matter)

– эксперимент по изучению ядро - ядерных и протон - ядерных взаимодействий на выведенном пучке.

Основная цель эксперимента — исследование сверхплотного барионного состояния материи.

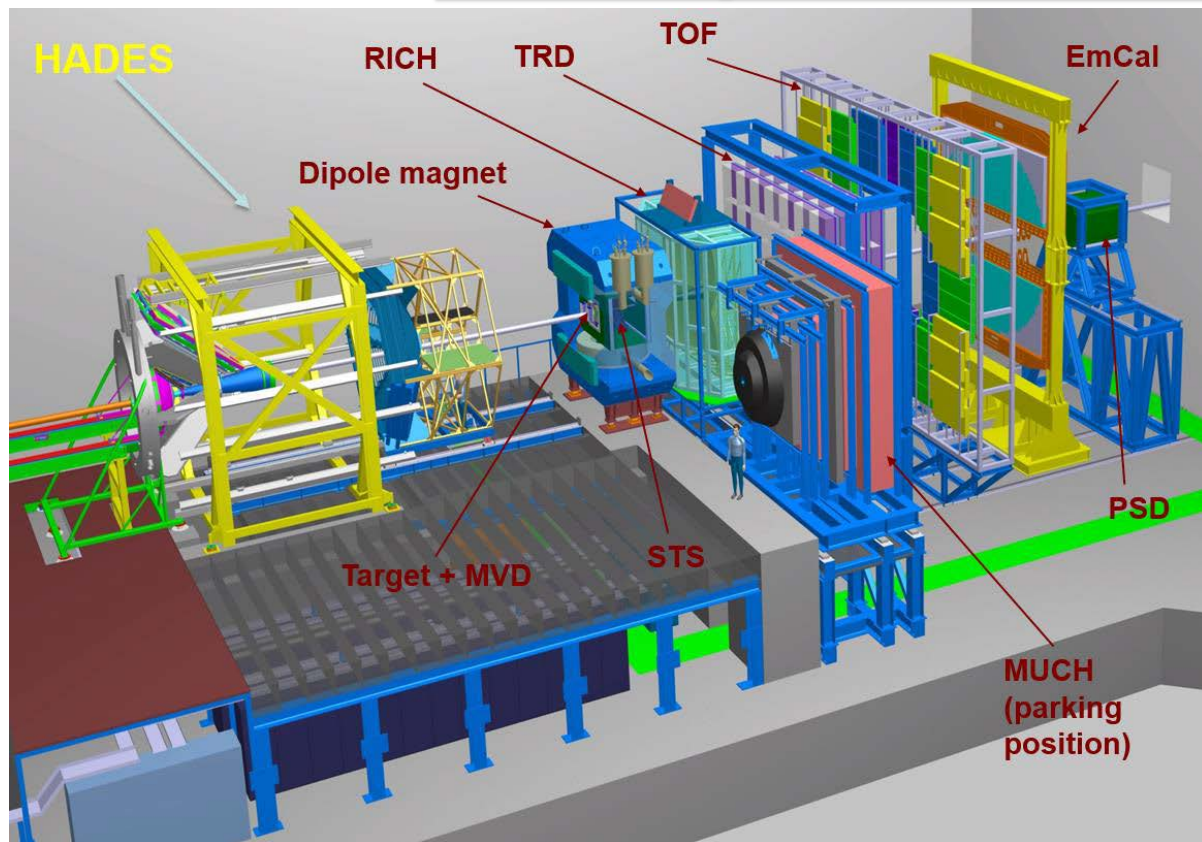
SIS100 в расположение **CBM** будет поставлять пучки **Au(Ca)** с энергией до **11(14) АГэВ** и протонов до **29 ГэВ**

SIS300 – ядра вплоть до урана с энергией **8-40АГэВ** и протоны до **90 ГэВ**

Высокая интенсивность пучка ($\sim 10^9$ ядер/с на мишень, что соответствует от 10^5 – 10^7 взаимодействий/сек. (A+A) до 10^7 взаимодействий/сек. (p+A) взаимодействиям)

Высокоскоростная DAQ позволяет обрабатывать всю информацию.

Эксперимент CBM.



Концепция эксперимента
– сверхпроводящий
дипольный магнит,
трековая система (8
станций силиконовых
камер), затем PID.

$dp/p \approx 1.8\%$ ($p > 1$
GeV/c, 1 Tm field)

Идентификация лептонов необходима для выполнения программы эксперимента (л.в.м (ω, ρ, ϕ), ($J/\psi, \psi'$), ди-лептонный континуум, лептоны от распадов тяжелых ароматов и т.д.).

Необходимо подавление пионов $> 1/5000$ (сейчас по проекту $1/10000$) (RICH ($>1/100$ до 7-10 ГэВ/с) + TRD).

Эксперимент CBM.

ПИАФ участвует в создании двух детекторов лептонной идентификации RICH и MuCh.

Decision XI.19.6:

The Council agrees to the collaboration between FAIR GmbH and the NRC Kurchatov Institute, Gatchina (PNPI) regarding the production of the following components of the detector of the CBM collaboration:

- Mechanical Support Structures including Shielding Box for Camera and Gas System for the Ring Imaging Cherenkov Detector (RICH), (PSP 1.1.1.3.1.2)

This agreement is valid under the assumption that PNPI provides these components for the 2005-price including an inflation correction similar to that for cash contributions, according to FAIR Council Resolution V.10.1, and according to the technical specifications in the approved “Technical Design Report for the CBM Ring Imaging Cherenkov detector (RICH)”. The 2005-price for these components shall be considered as Russian contribution to experiments, within the contribution to experiments from the Russian commitment.

A complete collaboration contract including all annexes and technical specifications, according to FAIR Council Resolution III.10.1, is to be concluded.

(For information: The total cost-book value of this item amounts to 1,450,000.00 €. The corresponding Collaboration Contract is planned to be ready for signing during the fourth quarter of 2014.)

Decision XVI.12.4

The Council agrees to the collaboration between FAIR GmbH and the NRC Kurchatov Institute (PNPI), Gatchina regarding the production of the following components of the detector of the CBM collaboration:

- Absorbers, Mechanical Structures, Gas System and contribution to LV, HV, Safety, Spare Parts, Alignment, Transport, Infrastructure and Installation for the Muon Chamber System (MUCH) (PSP 1.1.1.3.2.3)

This agreement is valid under the assumption that PNPI provides these components for the 2005-price including an inflation correction similar to that for cash contributions, according to FAIR Council Resolution V.10.1, and according to the technical specifications in the approved “Technical Design Report for the CBM Muon Chamber System (MUCH)”. The 2005-price for these components shall be considered as Russian contribution to experiments.

A complete collaboration contract including all annexes and technical specifications, according to FAIR Council Resolution III.10.1, is to be concluded.

For information:

The total cost-book value of this item amounts to 3,022,000.00 €. This project is one out of four summarised in the CB work package: Muon Detector (MUCH), PSP code 1.1.1.3.2, with a full cost-book value of 7,677,700.00 €. The corresponding Collaboration Contract is planned to be ready for signing during the fourth quarter of 2015.

Подписаны контракты на производство обоих детекторов. Ответственность ПИАФ – механическая структура + газовая система

CBM (ПИАФ) (RICH и MuCh)

V. Dobyrn, D. Ivanishev, V. Ivanov, A. Khanzadeev, L. Kochenda, B. Komkov, V. Kozlov, P. Kravtsov, E. Kryshen, L. Kudin, N. Miftakhov, V. Nikulin, E. Rostchin, Yu. Ryabov, V. Samsonov, O. Tarassenkova, S. Volkov, M. Vznuzdaev, M. Zhalov, D. Tyts, M. Malaev, I. Solovyev, A. Solovev, G. Rybakov.

Детектор RICH.

Классическая схема с радиатором и сферическим зеркалом.

$$\beta = \frac{v}{c} > \frac{1}{n}$$

Условие возникновения черенковского излучения

$$\cos \theta = \frac{1}{\beta n}$$

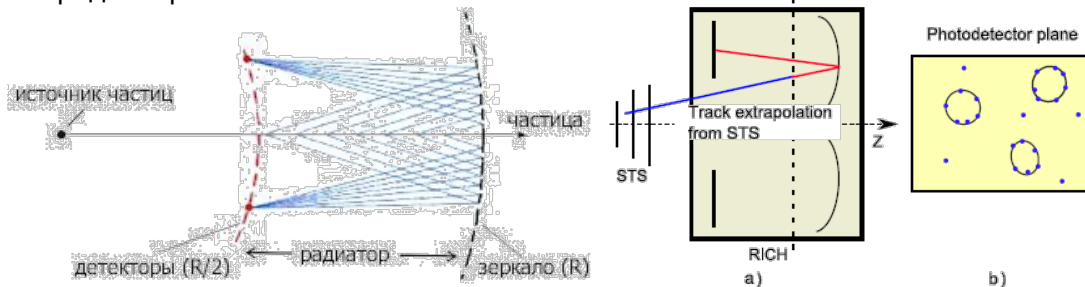
Излучение идет вдоль поверхности конуса (изотропн. среда)

n – коэф. преломления радиатора

$$\beta = \frac{v}{c} \quad m = p \sqrt{1 - \beta^2} / \beta c$$

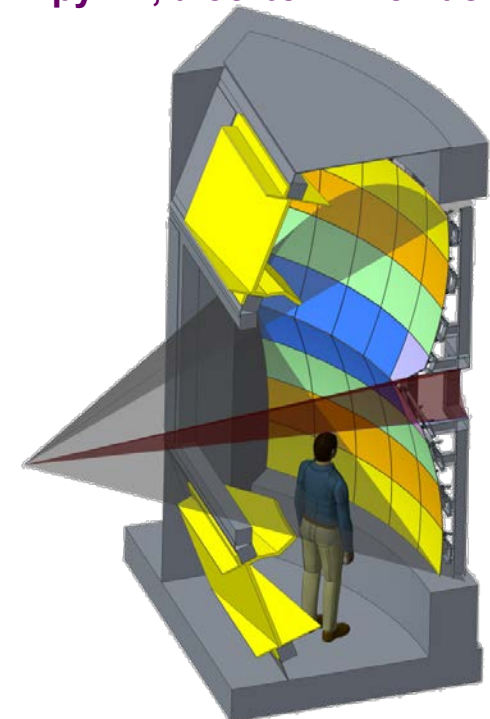
Регистрация черенковского излучения – возникает при движении заряженной частицы в прозрачной среде со скоростью большей скорости света в этой среде.

электроны начинают излучать черенковский свет, имея импульсы, гораздо меньшие, чем даже пионы из-за разницы в массах. Поэтому до определенных значений импульсов заряженных частиц электроны будут выдавать “круги”, а остальные частицы нет.



Оптимизированная геометрия.

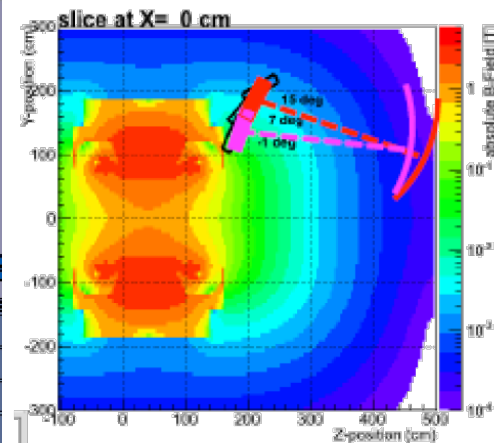
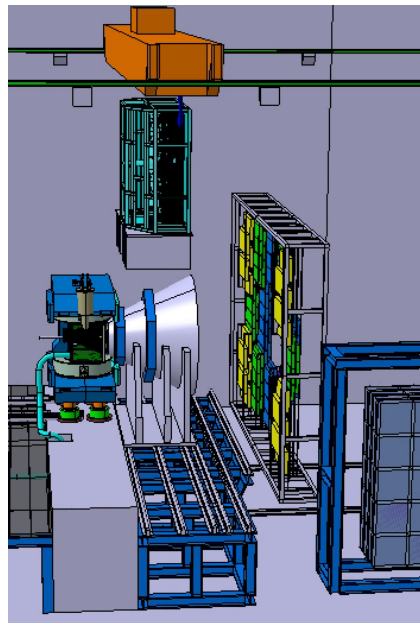
- ❖ Расположен сразу за магнитом;
- ❖ Апертура 25° по вертикали и 35° по горизонтали;
- ❖ Длина вдоль пучка 2 м.;
- ❖ По вертикали зеркало разделено на 2 части;
- ❖ Радиус зеркала 3м;
- ❖ Два фотодетектора (выше и ниже оси пучка);
- ❖ Радиатор – CO_2 при нормальной T и P .
- ❖ 72 плитки стеклянных зеркал (6 мм). Отражающее покрытие – тонкий слой Al.



Детектор RCH.

Основные требования к конструкции.

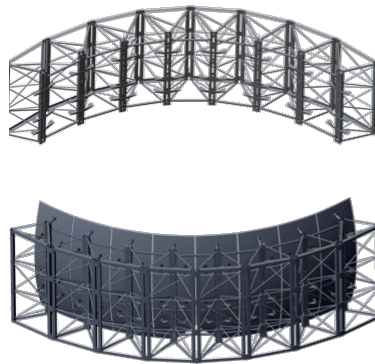
- ❖ Прочности конструкции. Имеем 14 м² хрупкого стекла, весом ~ 180 кг.
- ❖ Стабильность оптической системы. (72 зеркальные плитки с 3-4-миллиметровым зазором) при транспортировке краном;
- ❖ Радиационная прозрачность;
- ❖ Защита фотоумножителей от магнитного поля;
- ❖ Должно соответствовать доступному бюджету.



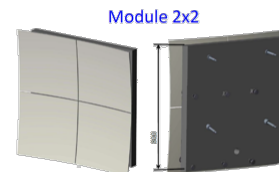
The idea is to keep only the "belt" structure in acceptance.

Prototype was build and tested. Selected design and used materials meet the strength construction requirements.

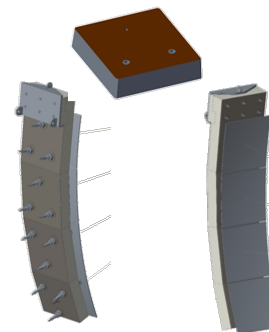
Frame from lightweight profile plus welding (instead the connection parts).



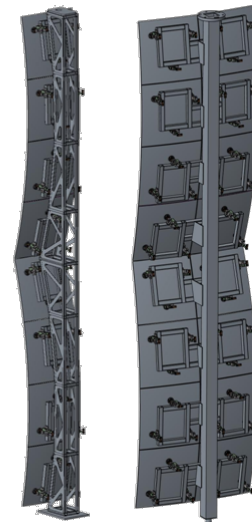
Foam structure.



The mass of the mirrors ~10 kg
The mass of the foam ~3-4 kg



"Pillar" design



Детектор РСН.

- ❖ Выбран один вариант, как базовый (тонкостенный алюминиевый столб, поддерживающий 2 ряда зеркал).
- ❖ В соответствии с контрактом был спроектирован и произведен прототипа конструкции для поддержки зеркал, включая систему подвеса зеркальных плиток.

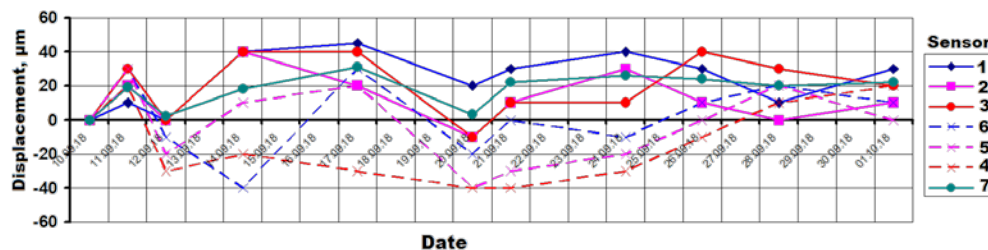
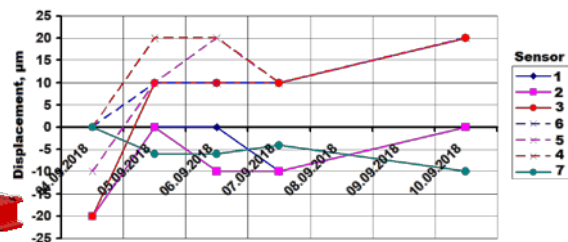
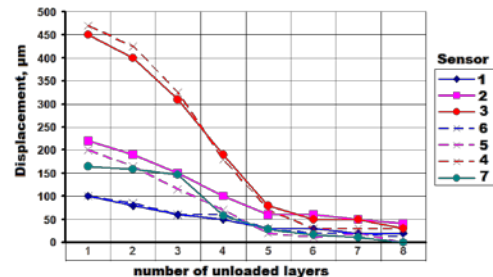
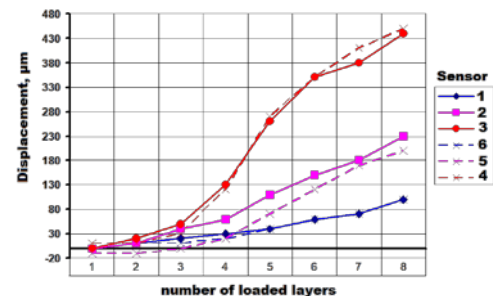
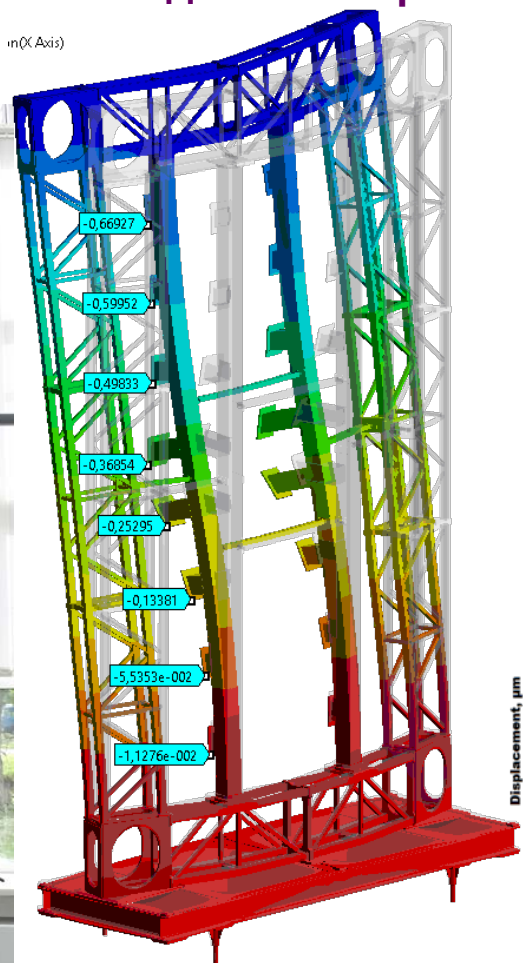
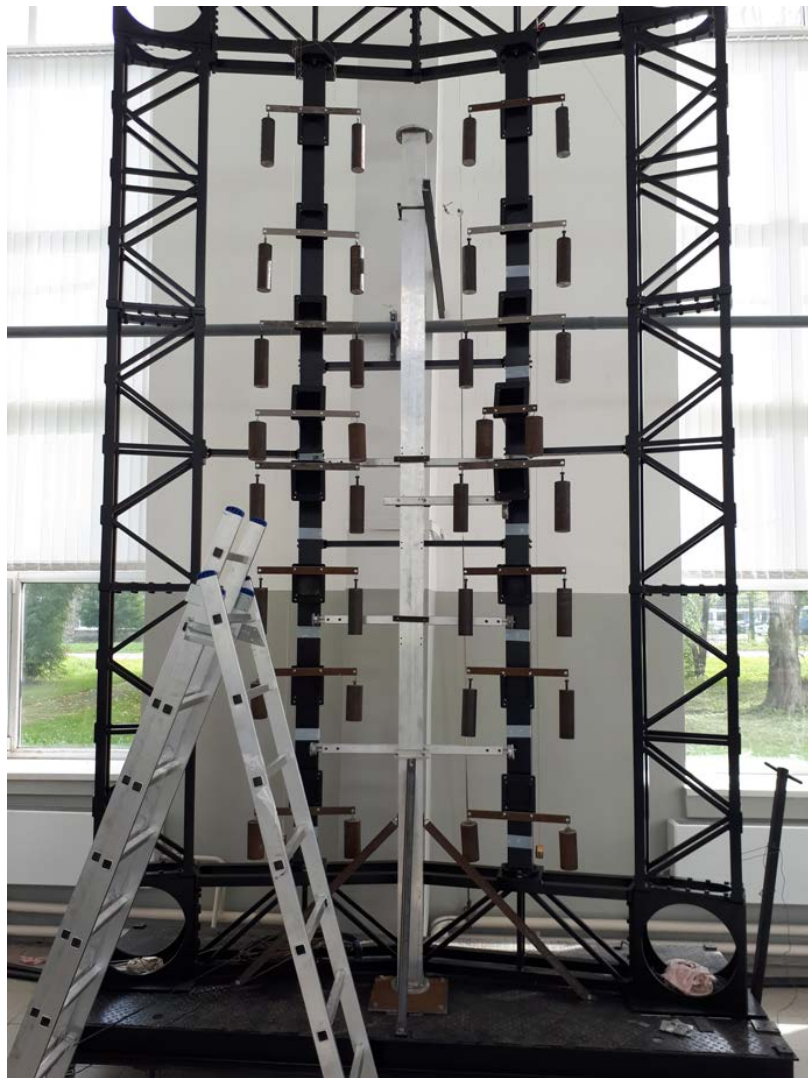
Цель – подтверждение работоспособности конструкции, тактика сборки, приспособления, возможности юстировки.



Детектор РСН.

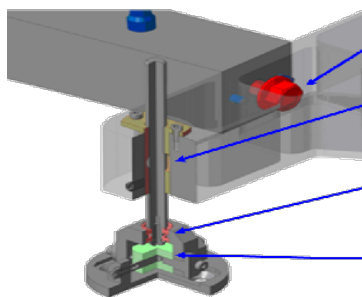
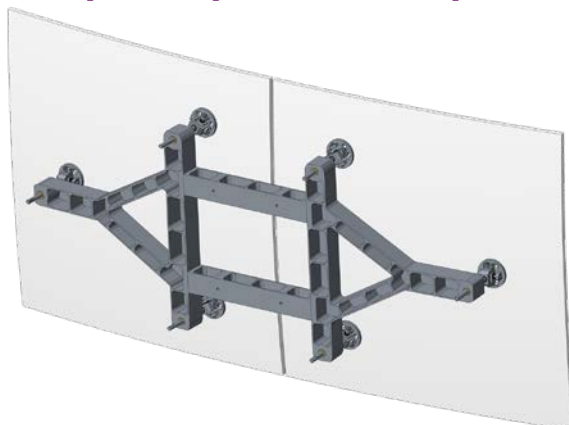
Проведены измерения деформаций и поведения во времени.

Показатели в расчетных пределах.



Детектор RCH.

Модернизированы и произведены и испытаны рамки и подвесы для крепления плиток.

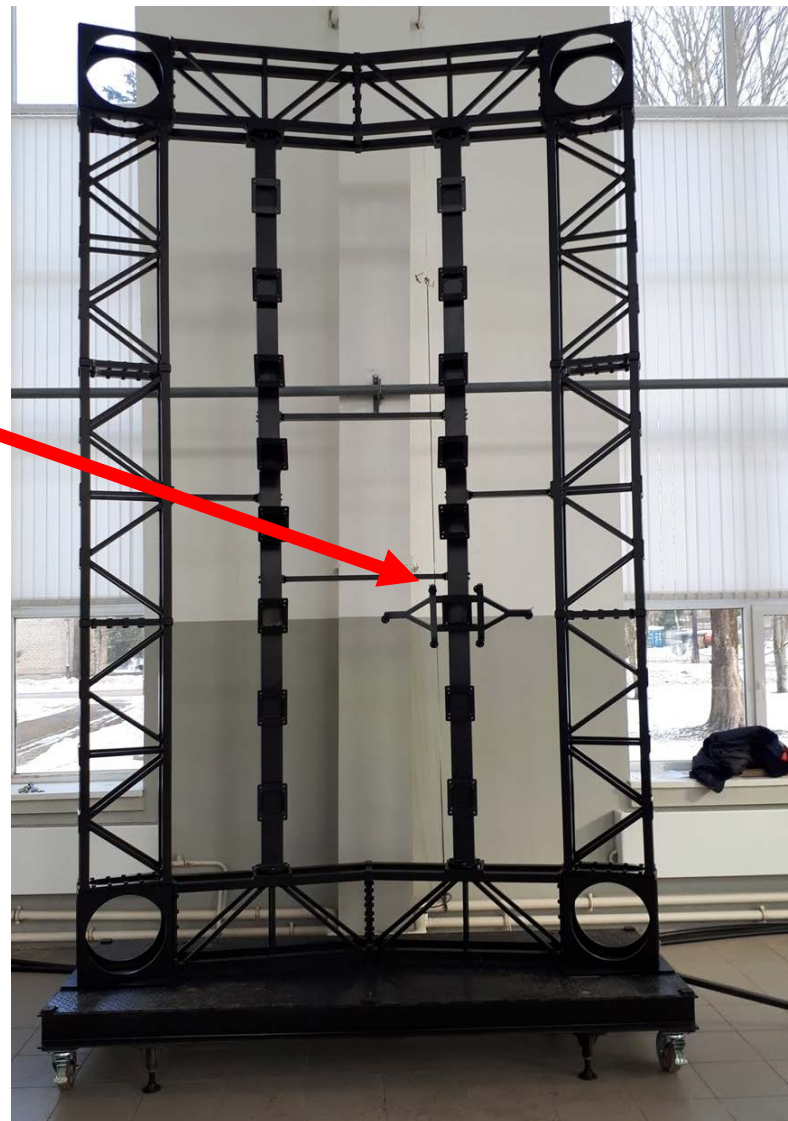
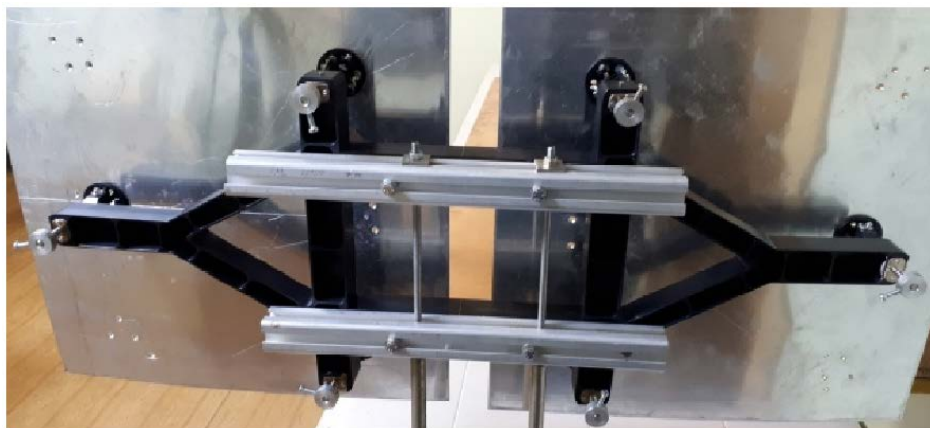


The bolt for connecting the screws and trim on frames is screwed on the frame side - there is more room for the key and the force of the latch can be controlled.

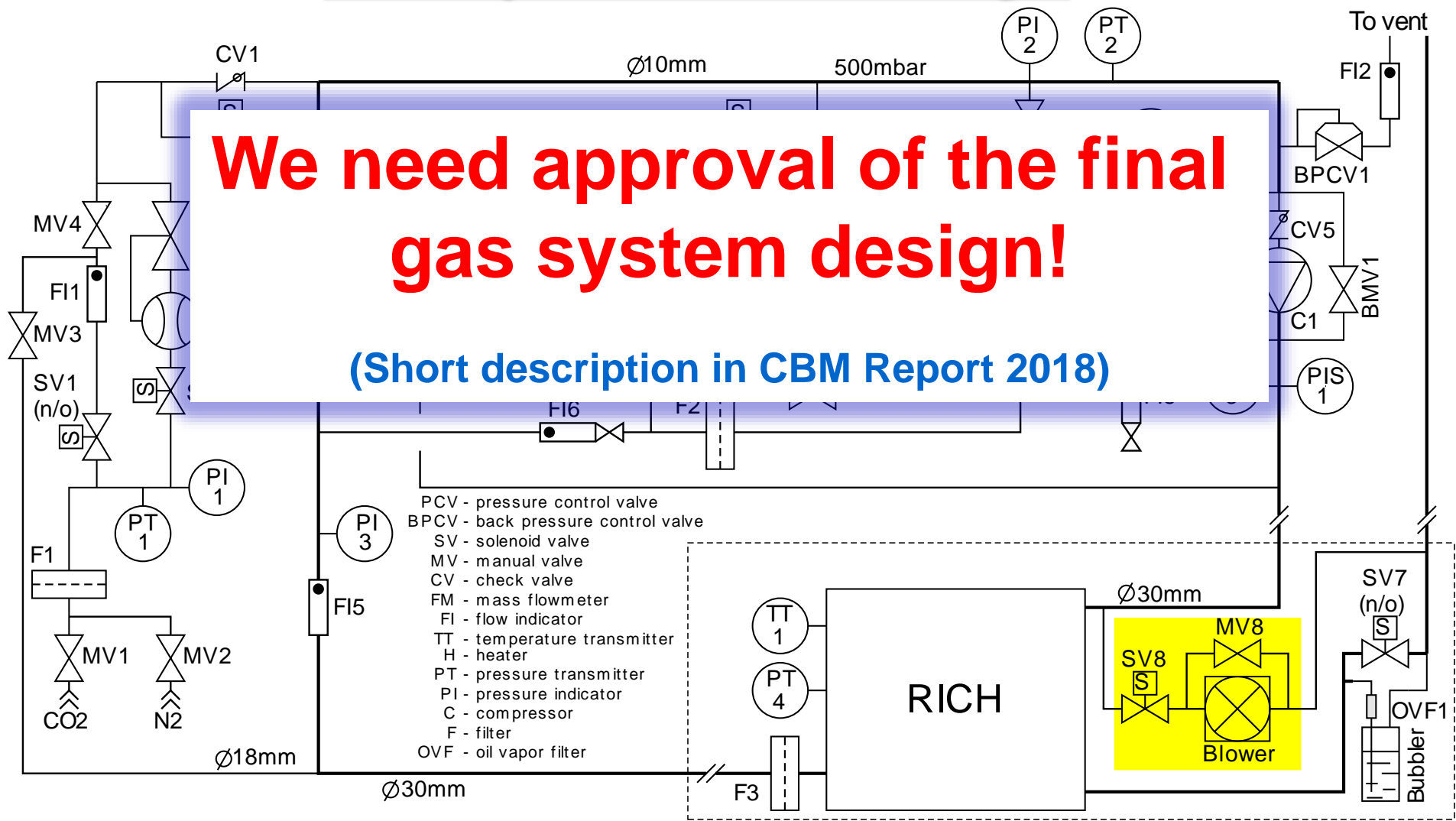
The bushing for the screw of the mount is made of a collet with a hole in the center and a slot. This design allows to get rid of the loopholes in the thread with a slight tightening of the locking screw, and securely fix the position of the lead screw with a stronger clamping of the locking screw.

To completely eliminate loopholes in place of fixing the spindle and fork, two bearings are used, pulled together. The spring washer provides a pulling force on the bearings and prevents the tightening screw from self-loosening.

The design of the biscuit in the hinge unit is changed. Removed plastic sleeves, which did not provide ease movement and reliable elimination of backlashes. It was needed to fit and complicate the design. Now the biscuit is made of bronze. Minimization of backlashes is ensured by precise planing and selected lot of pairs of biscuits and axles.



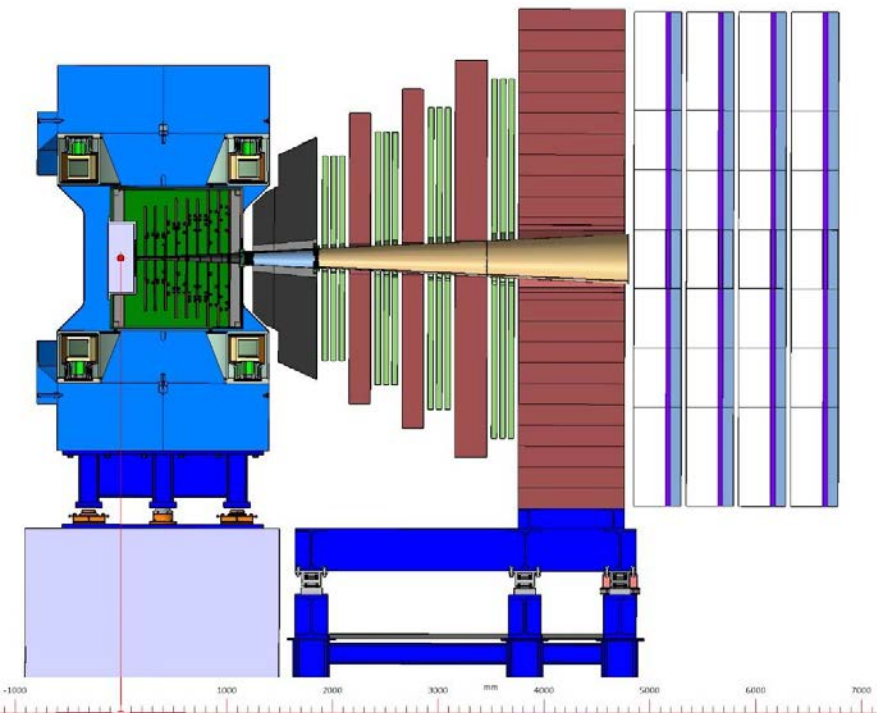
Gas system final design



The design is based on well-proven solutions (PHENIX and STAR experiments, > 10 years)

Детектор MuCh.

Классическая схема с абсорберами и трековыми камерами между.



Пять слоев абсорберов.

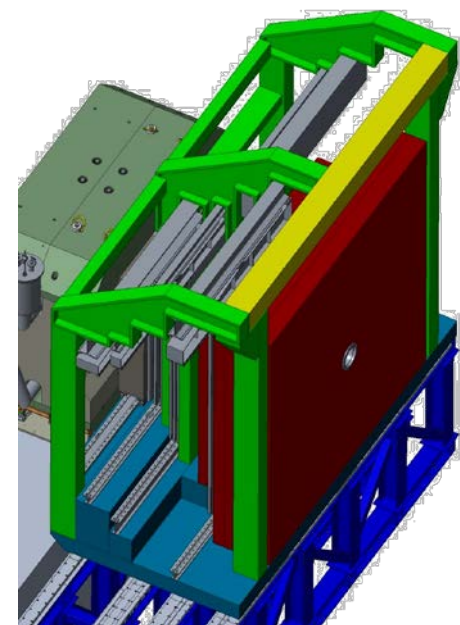
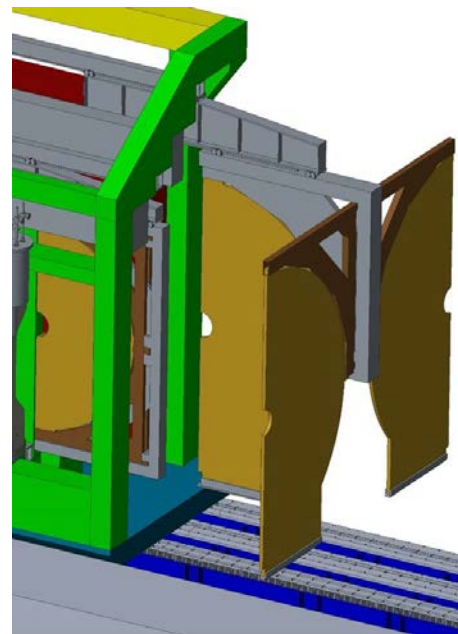
Первый абсорбер – углерод (60 см.).

Остальные абсорберы (2-5) – железо.

Толщина абсорберов оптимизирована для возможности регистрации и идентификации мюонов с малым импульсом.

Первые две трековые станции – по три слоя трехслойных GEM.

Станции 3 и 4 – RPC или Straw трубки.



В ответственность ПИЯФ входит разработка:

- ❖ Платформы, обеспечивающей безопасное перемещение детектора общим весом более 300 т;
- ❖ Поглотителей с системой их подставок;
- ❖ Суперструктуры, обеспечивающей подвес и перемещение трековых камер;
- ❖ Газовой системы;
- ❖ Пучковой вакуумной трубы;
- ❖ Системы подводов сервисов;
- ❖ Интеграция в окружении других подсистем СВМ.

Детектор MuCh.

Основные усилия - разработка эскизного проекта платформы перемещения детектора.

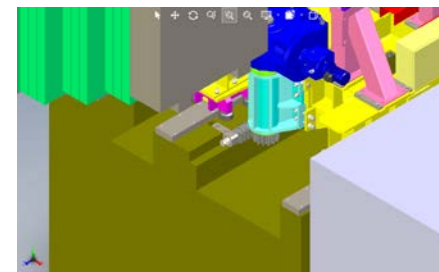
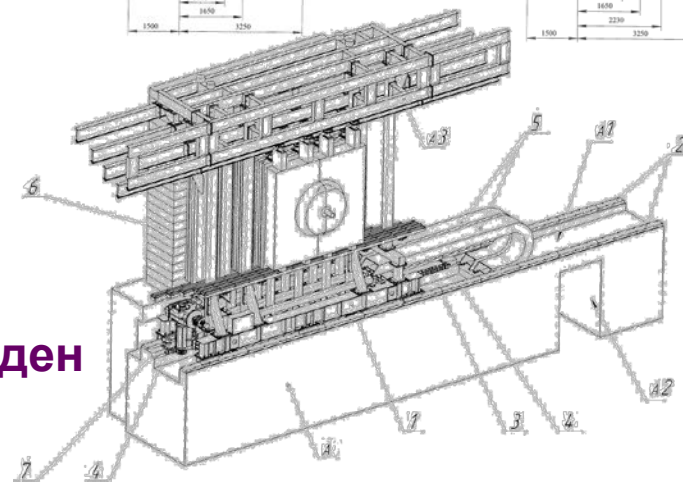
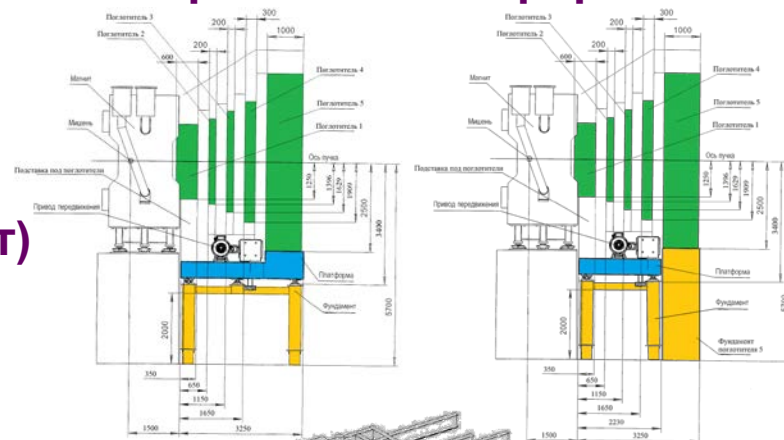
❖ Рассмотрено 2 варианта платформы (последний поглотитель (1 м толщина, 200 т) на платформе или на фундаменте);

❖ Рассмотрено 2 варианта привода (винт-гайка и шестерня-зубчатая рейка);

❖ Проведены расчеты ANSYS для анализа вариантов конструкции;

❖ В рамках этого исследования был проведен учет сейсмики и оказалось, что сейсмика серьезно влияет на дизайн.

❖ Проведен анализ возможных проблем и путей решения.



Детектор MuCh.

Анализ возможных проблем и путей решения.

Толчки с магнитудой, близкой к максимально возможной по нормам GSI могут привести к :

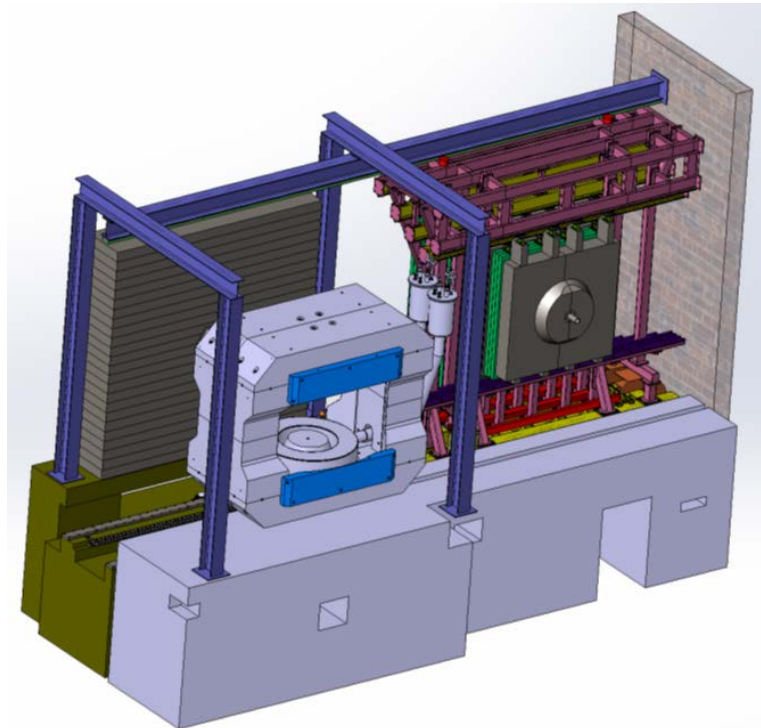
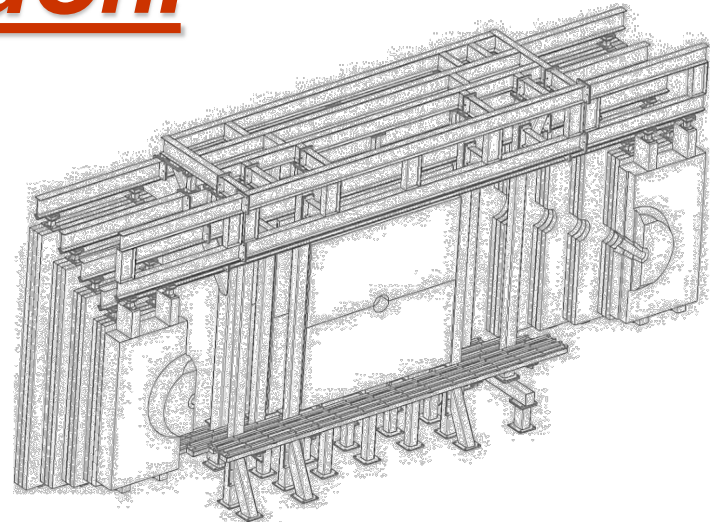
1. Поломке движителя.
 - ✓ требуется система экстренного торможения;
 - ✓ требуется фиксация детектора в стационарных положениях;
2. К опрокидыванию короткой платформы и к ситуации, близкой к опрокидыванию длинной платформы.
 - ✓ требуется фиксация детектора в стационарных положениях;
 - ✓ на время перемещения требуется установить временную направляющую поверх детектора;
3. К колебаниям подвески камер с амплитудой до 10 мм, что требуется учесть при дизайне;
 - ✓ требуется фиксация камер также снизу;

Анализ выявил места в конструкции, требующие усиления, и замены материала для производства.

Результаты анализа:

Предпочтительным с точки зрения технологичности, надежности, стоимости является короткая платформа с приводом шестерня/рейка.

Разработаны технические требования к фундаменту, на котором будут установлены детекторы RICH и MuCh.



Доклады и публикации.

4 докладов на двух коллаборационных совещаниях + доклады на рабочих группах.

10th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors RAS, 29 July – 4 August 2018.

“Developments of a mirror supporting frame, mounting scheme and alignment monitoring system of the CBM RICH detector”
Jordan Bendarouach, Claudia Höhne, Yuriy Riabov.

Планы на 2019 год.

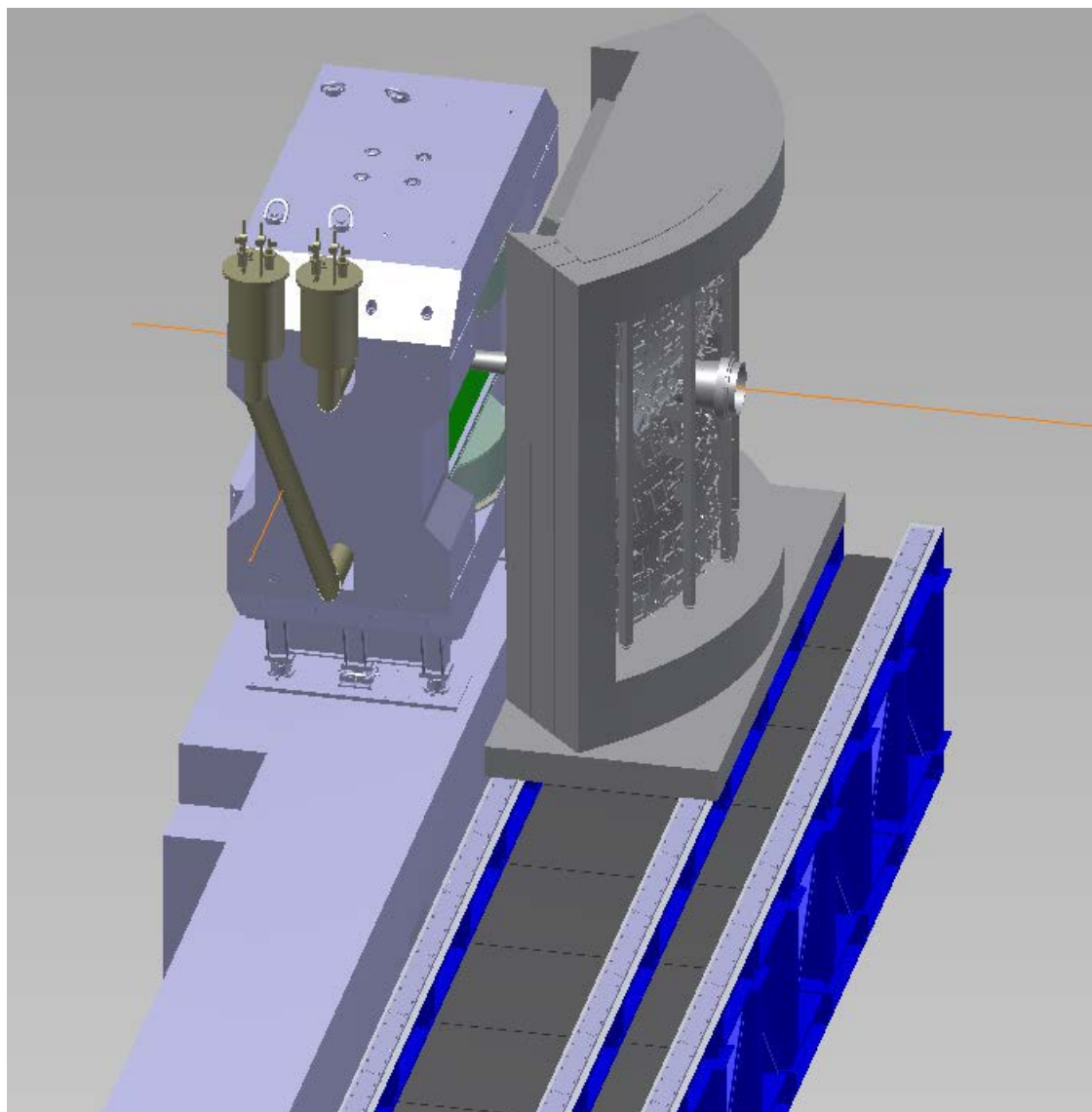
Выполнение контрактных обязательств по созданию детекторов RICH и MuCh эксперимента CBM в соответствии с план-графиками.

Благодарю за внимание !

С наступающим
Новым **2019** годом!

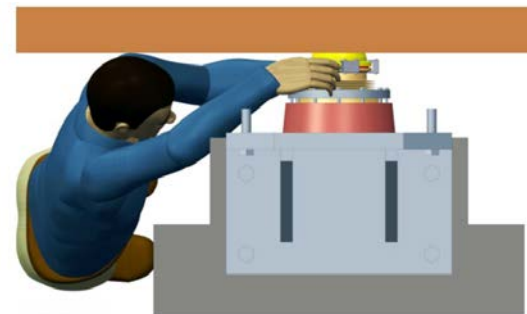
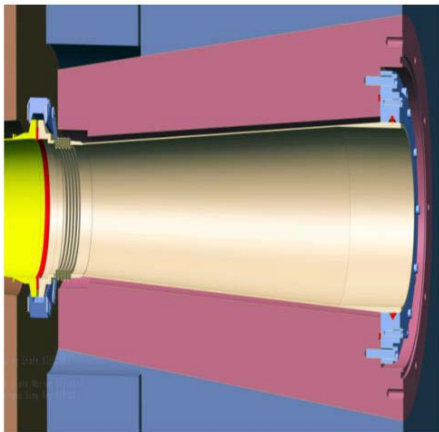
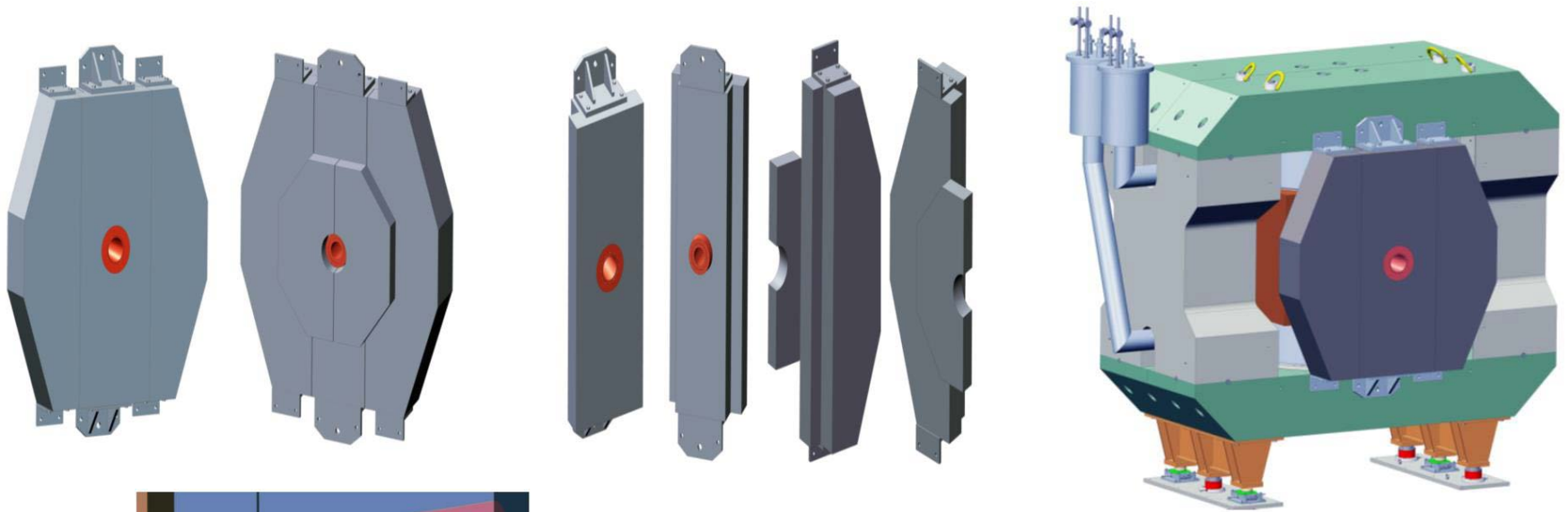


Backups



Детектор MuCh.

- ❖ Ведется разработка конструкции первого поглотителя из легкого материала;
- ❖ Проводится выбор материала (графит, алюминий, окись алюминия);
- ❖ Проводится выбор малоактивируемого тяжелого материала для центральной вставки первого поглотителя.



Детектор RCH.

Классическая схема с радиатором и сферическим зеркалом.

$$\beta = \frac{v}{c} > \frac{1}{n}$$

Условие возникновения черенковского излучения

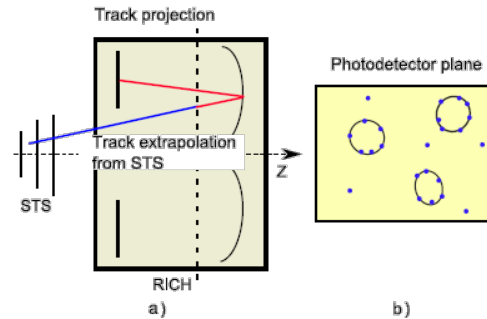
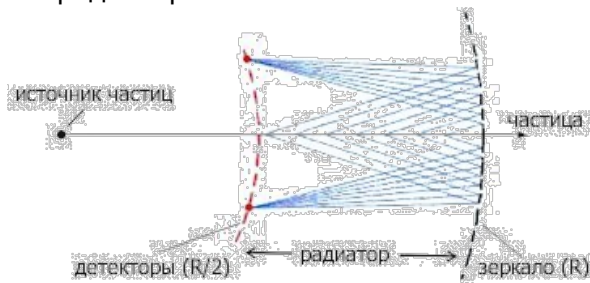
$$\cos \theta = \frac{1}{\beta n}$$

Излучение идет вдоль поверхности конуса (изотропн. среда)

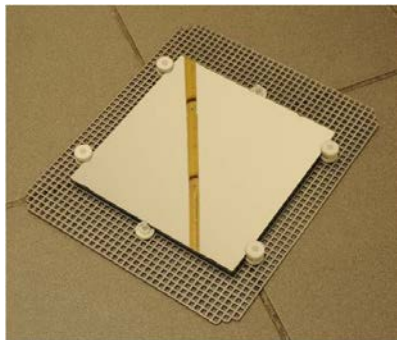
n – коэф. преломления радиатора

$$\beta = \frac{v}{c} \quad m = p \sqrt{1 - \beta^2} / \beta c$$

Регистрация черенковского излучения – возникает при движении заряженной частицы в прозрачной среде со скоростью большей скорости света в этой среде.



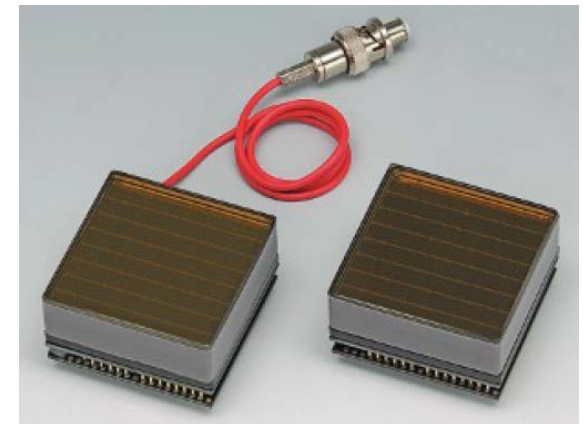
электроны начинают излучать черенковский свет, имея импульсы, гораздо меньшие, чем даже пионы из-за разницы в массах. Поэтому до определенных значений импульсов заряженных частиц электроны будут выдавать “круги”, а остальные частицы нет.



Стеклянное зеркало. Отражающее покрытие – тонкий слой Al

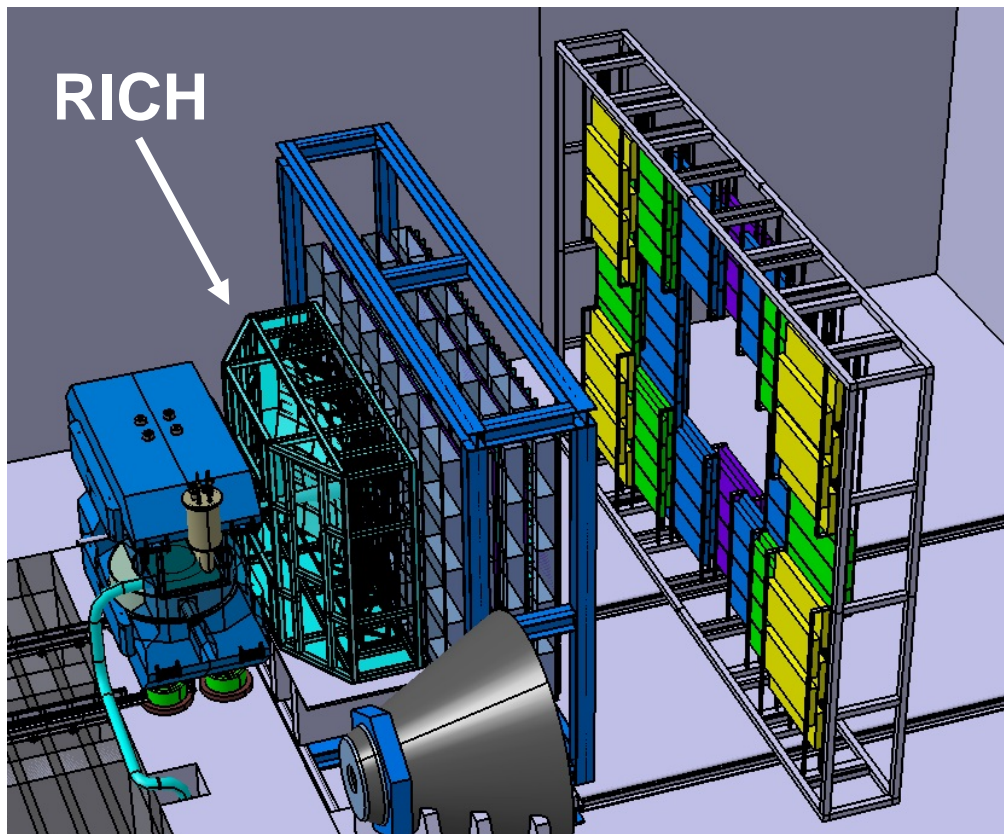
Дополнительная защита (от коррозии) – MnF_2 .

Размер $6.5 \times 6.5 \text{ мм}^2$ позволяет различать радиусы и доводить разделение электронов и пионов до 8-10 ГэВ/с по импульсу.



H8500 C/D
64ch, $52 \times 52 \text{ мм}^2$

Design requirements

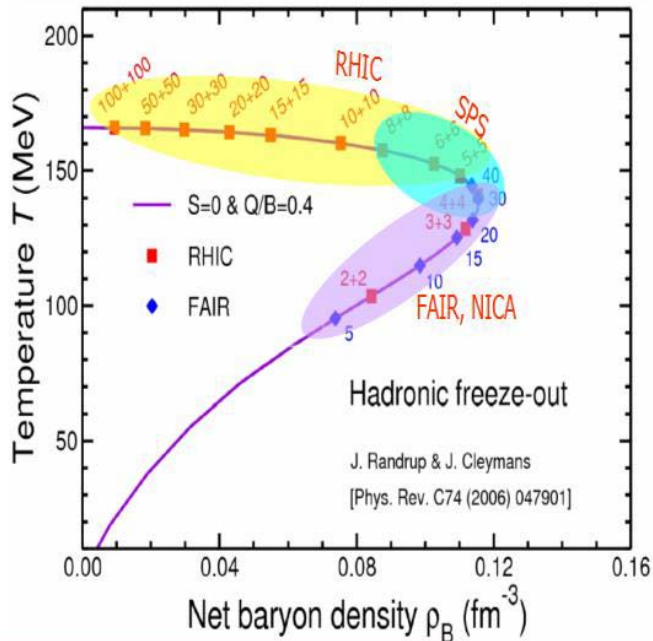


- ❖ Right behind the magnet.
- ❖ Total length along Z is ~ 2 m.
- ❖ Cover 25° in vertical plane and 35° in horizontal plane.
- ❖ Mirror plane is horizontally divided in two halves with radius - 3 m.
- ❖ Photodetectors are above and below the beam axis.
- ❖ Slope angle of each mirror half is one degree.
- ❖ Operated at normal T and p.

Gas system:

- ❖ CO₂ as radiator with length ~ 170 cm.
- ❖ Differential pressure stability (2 ± 0.1 mBar)
- ❖ Contaminations: oxygen content < 100 ppm, water content < 100 ppm

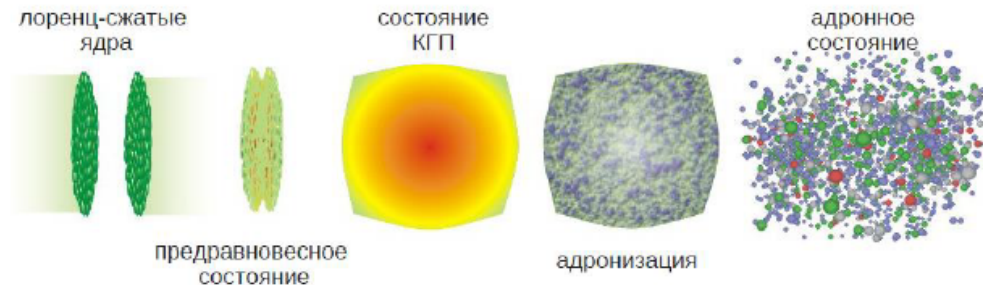
Эксперимент CBM.



Эксперимент CBM.

Физическая программа CBM (SIS100)

- Уравнение состояния КХД материи, проявления ненуклонных степеней свободы при больших барионных плотностях
- Существование фазового перехода от адронной к кварк-глюонной материи, а также возможное существование экзотических КХД фаз, подобных кваркониевой материи
- Модификация свойств адронов в плотной барионной материи, возможное проявление сигналов восстановления киральной симметрии
- Существование материи в форме тяжелых мульти-странных объектов



Эксперимент CBM.

Наблюдаемые для широкого набора ядер и энергий с достаточной статистикой

Уравнение состояния ядерной материи при плотностях кора нейтронных звезд

- Коллективные потоки адронов (обусловлены распределением давления в среде на ранней стадии)
- Частицы, содержащие чарм (D - мезоны, чармониум) при (под)пороговых энергиях, рождаются в начальной фазе столкновения, т.е. несут информацию о сильно сжатой барионной материи
- Мульти странные гипероны
- Прямые фотоны

Критическая точка на фазовой диаграмме КХД

- Статистический анализ event-by-event флуктуаций и корреляций дает информацию о наличии фазового перехода и критической точки

Деконфайнмент и признаки восстановления киральной симметрии при больших ρ_B

- Выходы и спектры странных частиц (K, Λ , Σ , Ξ , Ω и их античастицы) и адронных резонансов (такие как K^* , Λ^*)
- Выходы и спектры очарованных частиц (J/ψ , ψ' , D^0 , D^\pm , Λ_c)
- Легкие векторные мезоны ($\rho, \omega, \phi \rightarrow e^+e^-(\mu^+\mu^-)$) дают невозмущенную информацию относительно адронных свойств плотной и горячей среды
- Модификация свойств адронов ($\rho, \omega, \phi \rightarrow e^+e^-(\mu^+\mu^-)$, D)

Странная материя

- Гиперядра с мульти странными гиперонами
- Экзотические состояния материи такие, как конденсаты странных частиц