

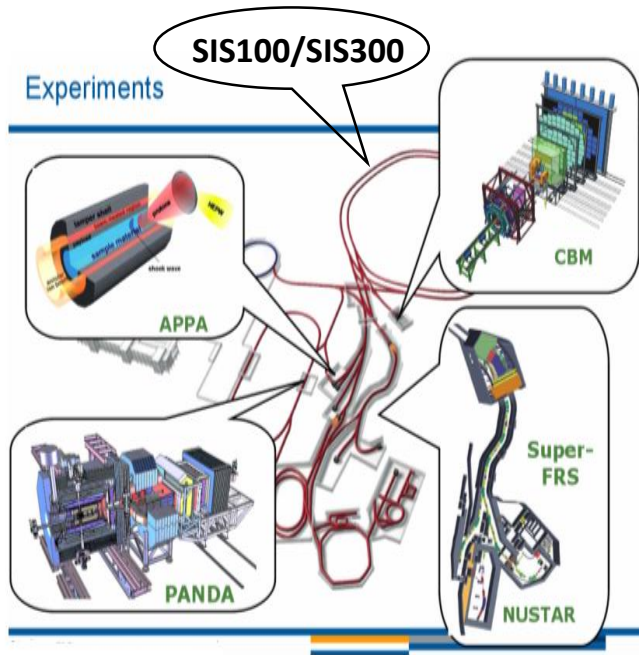
# **ПИЯФ в создании мюонного детектора (MUCH) эксперимента CBM (FAIR)**

**(статус на декабрь 2019 г.)**

# Эксперимент CBM

Синхротрон **SIS100** в место расположения CBM будет доставлять пучки различного сорта ядер с энергией до **14 ГэВ/нуклон** и протонов до **29 ГэВ**

**SIS300** – ядра (вплоть до урана) **8-40 ГэВ/нуклон** и протонов до **90 ГэВ**



**Цель** - исследование сверхплотной ядерной материи, создаваемой в ядро-ядерных и протон-ядерных взаимодействиях:

- 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

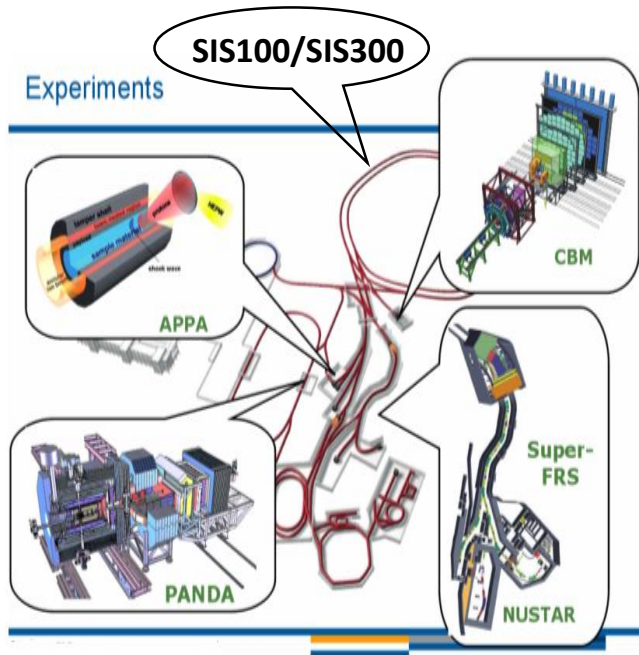
**Ускорительный комплекс FAIR**

Коллаборация CBM насчитывает **> 400 участников** из **14 стран**, представляющих **> 50 институтов** и университетов. Со стороны России - **9 институтов**

# Эксперимент CBM

Синхротрон **SIS100** в место расположения CBM будет доставлять пучки различного сорта ядер с энергией до **14 ГэВ/нуклон** и протонов до **29 ГэВ**

**SIS300** – ядра (вплоть до урана) **8-40 ГэВ/нуклон** и протонов до **90 ГэВ**



**Цель** - исследование сверхплотной ядерной материи, создаваемой в ядро-ядерных и протон-ядерных взаимодействиях:

- 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

## Ускорительный комплекс FAIR

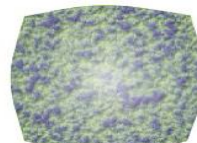
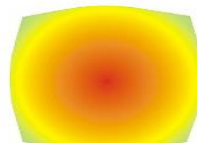
лоренц-сжатые ядра



предравновесное состояние

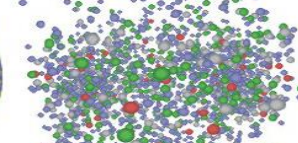


состояние КГП



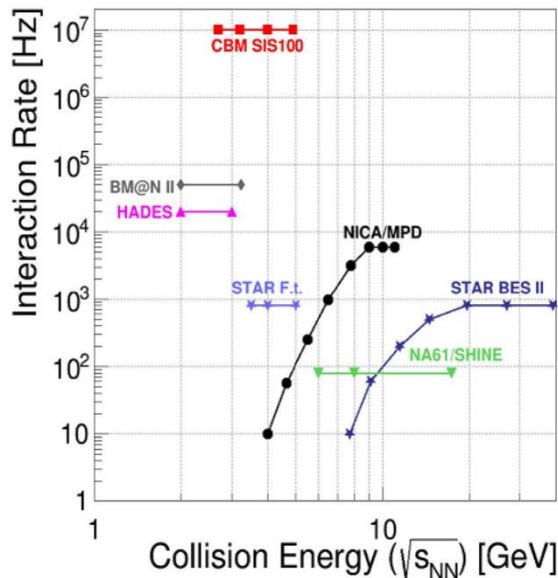
адронизация

адронное состояние



# Планируемые эксперименты, исследующие плотную ядерную материю

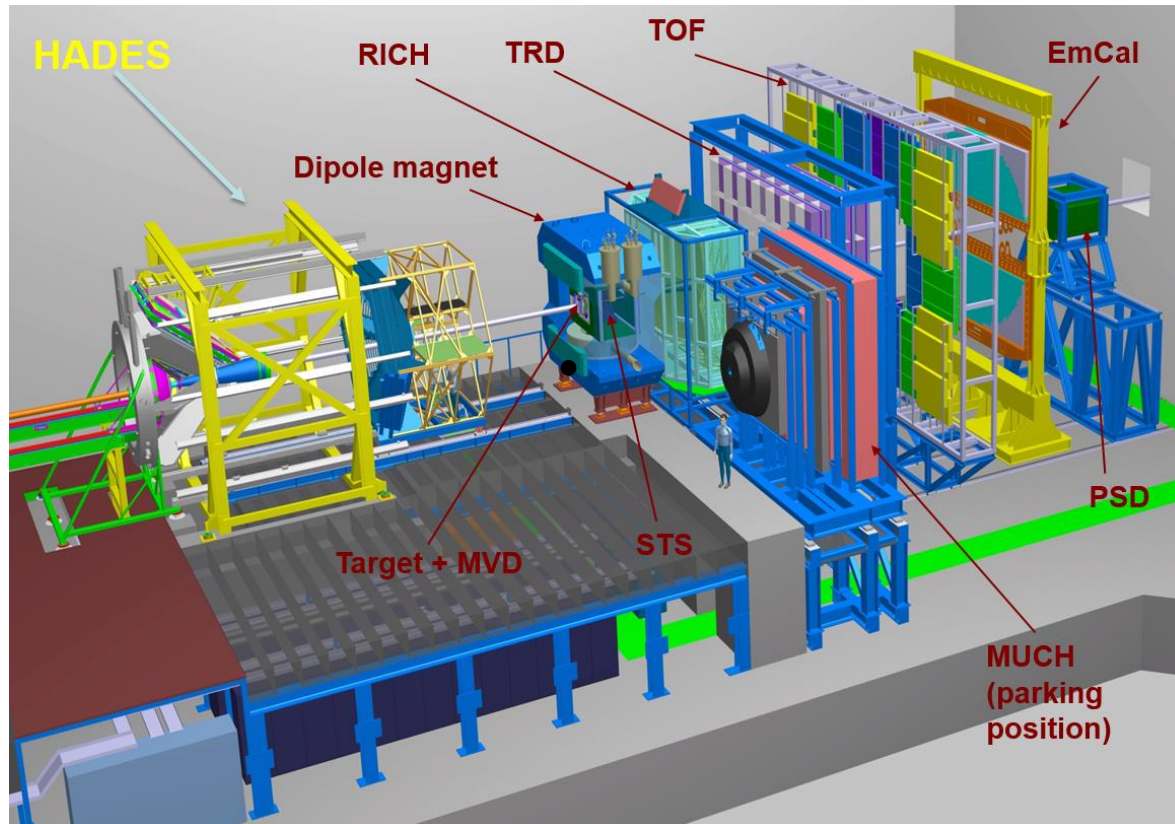
Experiment	Energy $\sqrt{s_{NN}}$ (Au/Pb beams)	Observables	Reaction rates Hz
STAR f.t, BNL	3.5 – 5 GeV	$\rho$ , $\pi$ , strangeness	$< 10^3$
NA61@ SPS CERN	6.4 – 17.4 GeV	$\rho$ , $\pi$ , strangeness	80 (limitation by detector)
CBM/HADES@ SIS100 FAIR	2.2 – 4.9 GeV	$\rho$ , $\pi$ , strangeness, charm, $e$ , $\mu$	$10^5 - 10^7$ (limitation by detector)
MPD@ NICA Dubna	4.0 – 11.0 GeV	$\rho$ , $\pi$ , strangeness, $e$	$\sim 1000$ (design luminosity of $10^{27} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ for heavy ions)
BM@N Dubna	2.2 – 3.2 GeV	$\rho$ , $\pi$ , strangeness	$5 \cdot 10^4$



Коллаборация CBM насчитывает > 400 участников из 14 стран, представляющих > 50 институтов и университетов. Со стороны России - 9 институтов

## Экспериментальная установка CBM

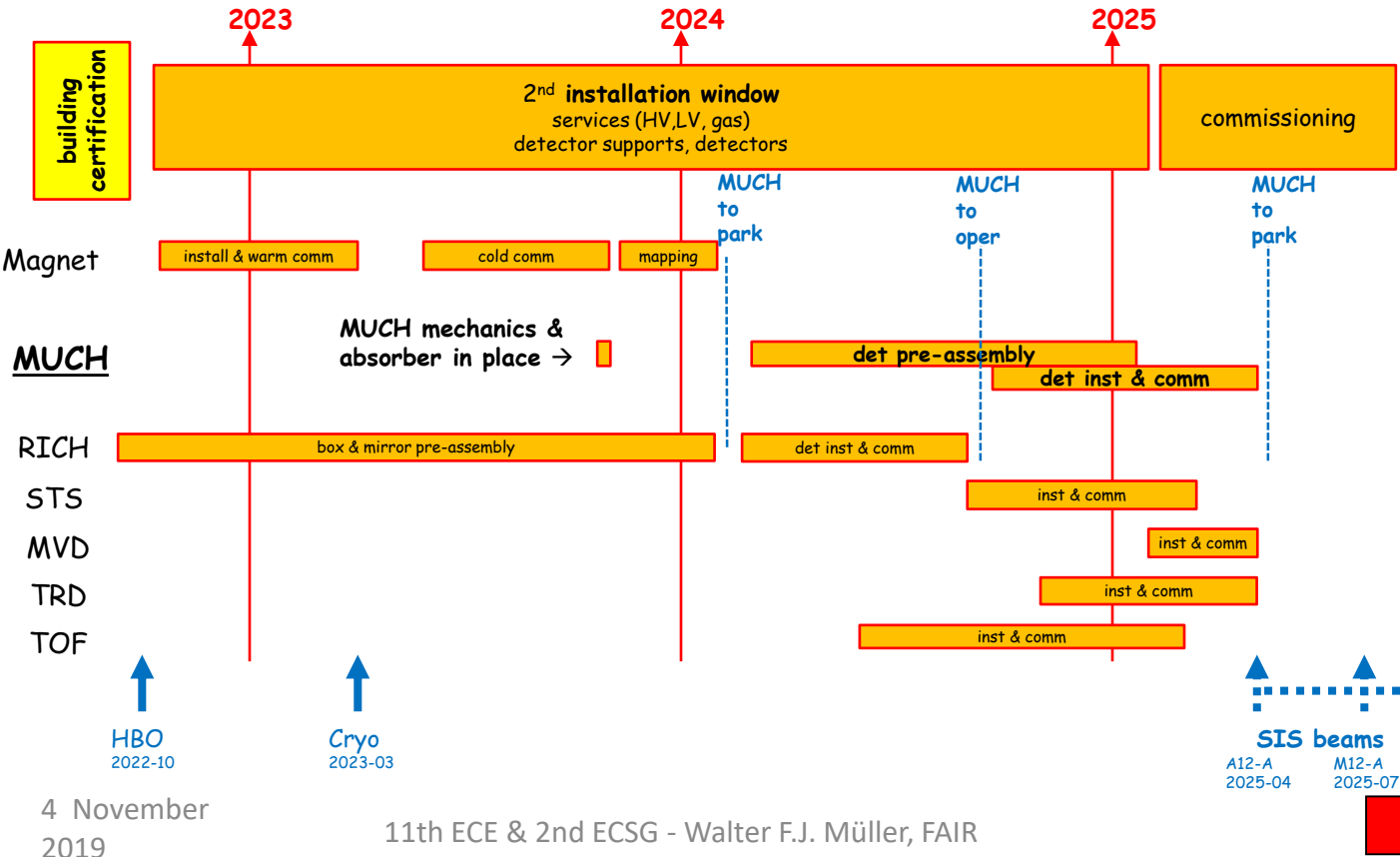
Требования на экспериментальную установку:  $10^9$  ядер/с на мишень  $\rightarrow 10^7$  с $^{-1}$  взаимодействий  $\rightarrow$  до 1000 треков заряженных частиц в каждом событии



Участие ПИЯФ (действующие контракты) – мюонный детектор MUCH и Черенковский детектор RICH

# CBM Installation – Detectors

MSP state 2019-10



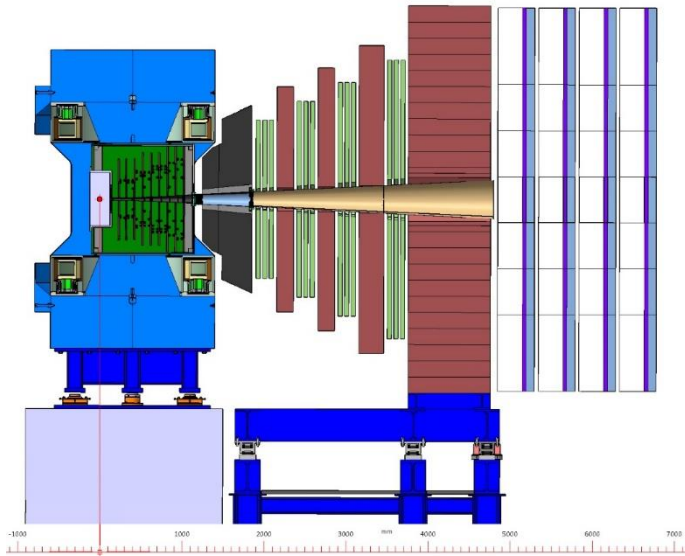
4 November 2019

11th ECE & 2nd ECSG - Walter F.J. Müller, FAIR



# Мюонный детектор MUCH

**MUCH** – 5 слоев абсорбера прослоены трековыми станциями, каждая из которых состоит из 3-х плоскостей (X,Y) детекторов



**Абсорбер 1** – 30 см углерод + 30 см бетон ,

Центральная вставка из свинца+Al

**Абсорберы 2-5** – железо (1.7 м)

**Станции 1,2** – камеры на основе GEM,

**Станции 3,4** – RPC

**В качестве 5-й станции** – TRD

По контракту **ПИЯФ** – абсорберы, суперструктура, 2 газовые системы

## Трековые станции – индусы.

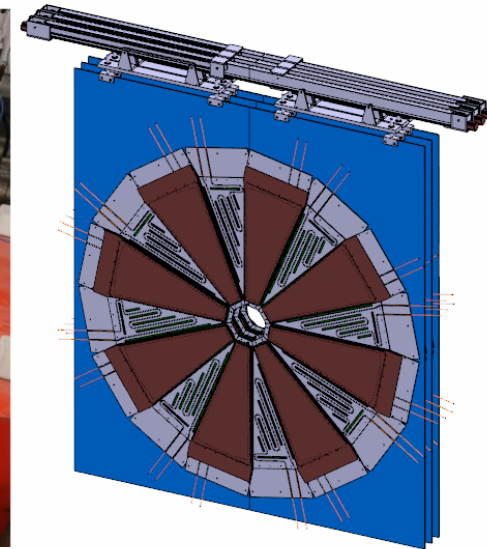
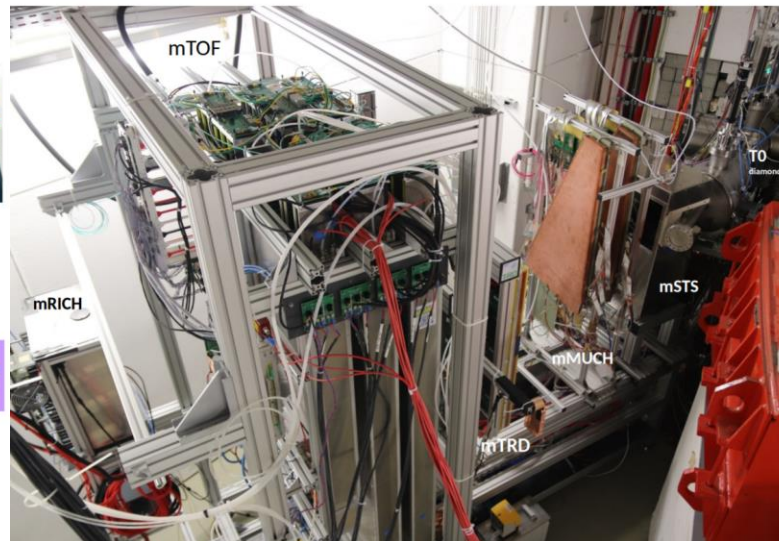
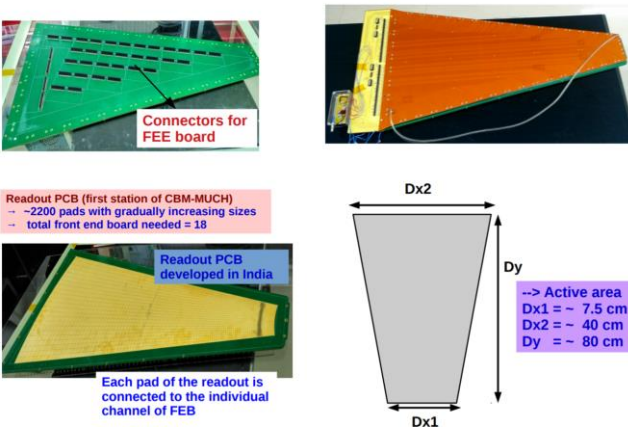
Первые две станции – на основе 3GEM камер. Камеры разработаны совместно с ЦЕРН, изготовление GEM – ЦЕРН, остальные компоненты заказаны и изготавливаются в Индии. Каждая станция содержит три слоя камер

Проводится тест 2-х секторов/прототипов на SIS18 в GSI (пучок – Ag, мишень - Au) в рамках mCBM.

Третья и четвертая – бакелитовые RPC. Прототип 30x30 см также испытывается на ионном пучке в mCBM.

### mCBM Setup

#### GEM detector schematic



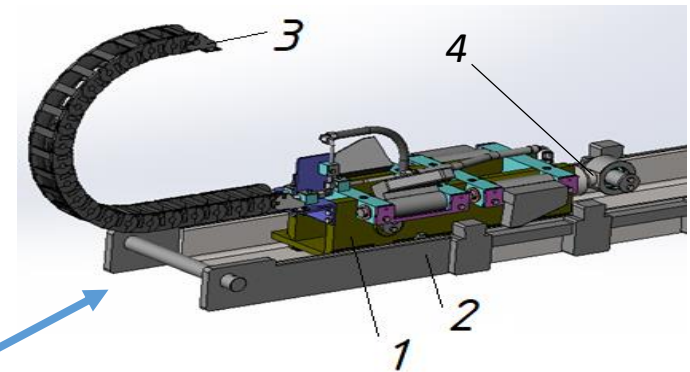
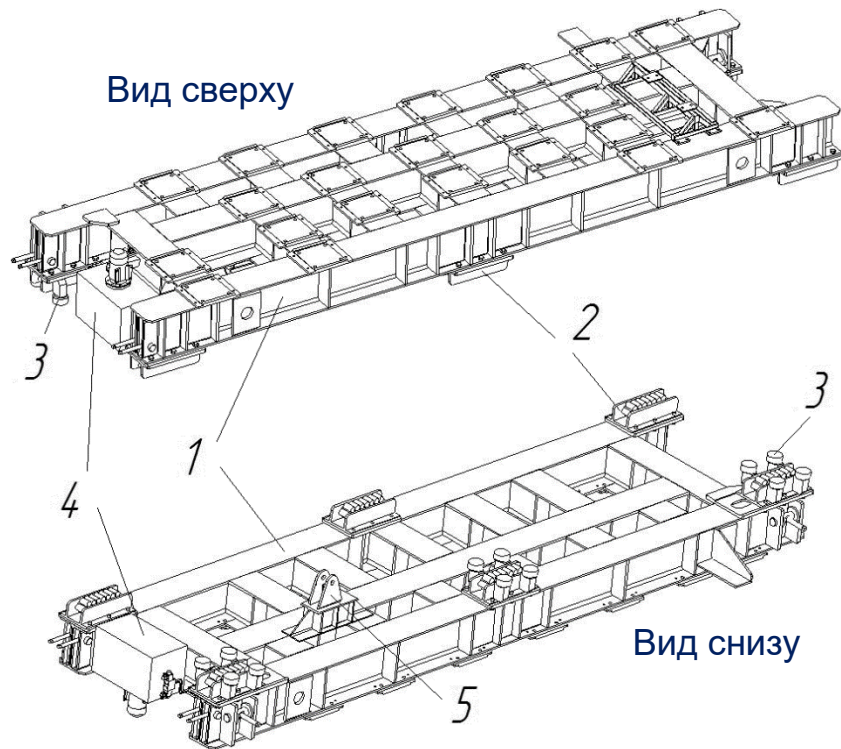


## Механика MUCN (этап CDR)

- **Платформа с возможностью перемещения для MUCN**
  - Направляющие + привод
  - Фундамент с учетом замены RICH-MUCN
- **Разработка концепции абсорберов и суперструктуры**
  - Абсорбер 1
  - Концепция абсорберов из железа
  - Суперструктура
  - Размещение сервисов

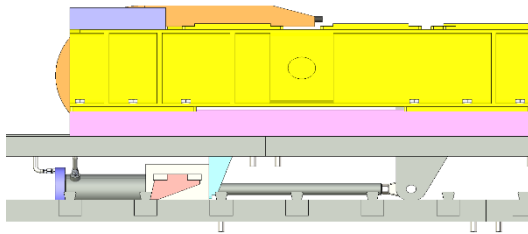
## Платформа

- 1 – сварная рама
- 2 – каретки качения
- 3 – боковые ролики со стороны абсорбера 5 (воспринимают боковые нагрузки при перемещении, и при землетрясении)
- 4 – гидростанция
- 5 – крепление гидропривода

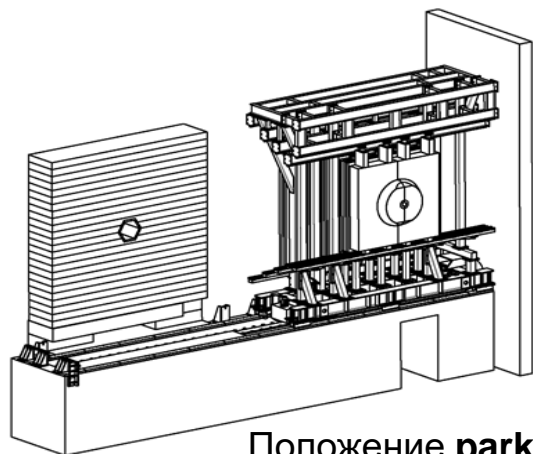


### Гидропривод:

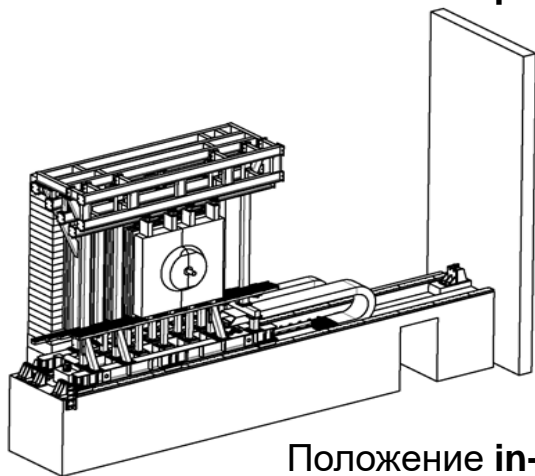
- 1 – подвижная каретка, 2 – направляющий швеллер,
- 3 – кабельная цепь с гидравлическими шлангами,
- 4 – гидроцилиндр



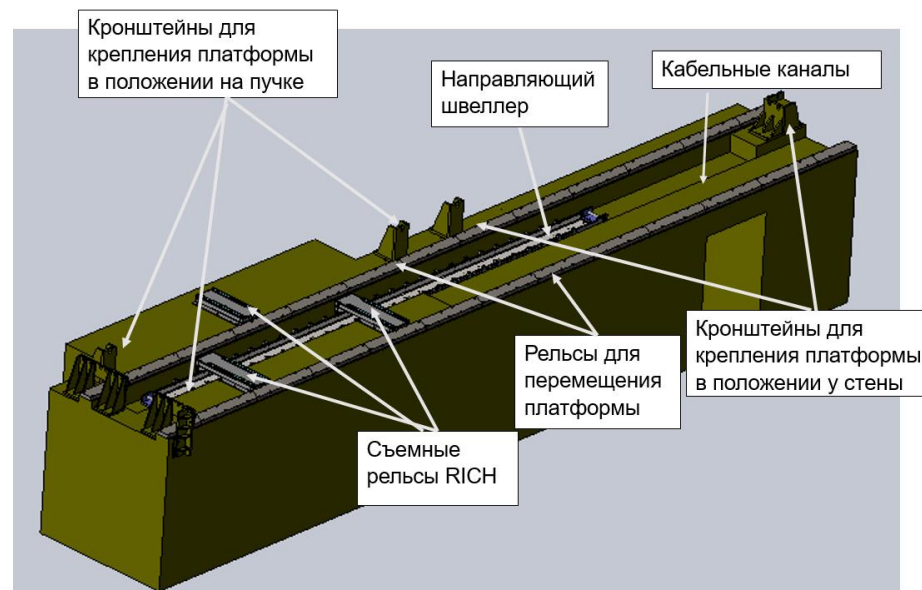
# Фундамент



Положение parking



Положение in-beam

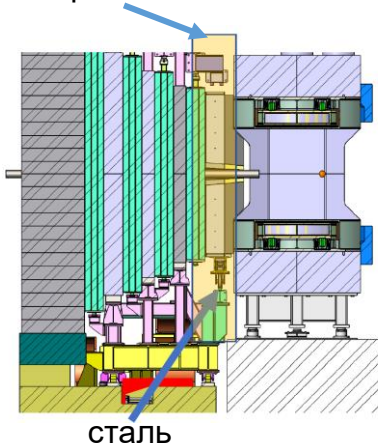


Абсорберы 1, 2, 3, 4 + трековые станции – на подвижной платформе

Абсорбер 5 – неподвижен → разбирается/собирается в зависимости от моды (электроны/мюоны) работы детектора СВМ

## Абсорбер 1

Зона немагнитных материалов



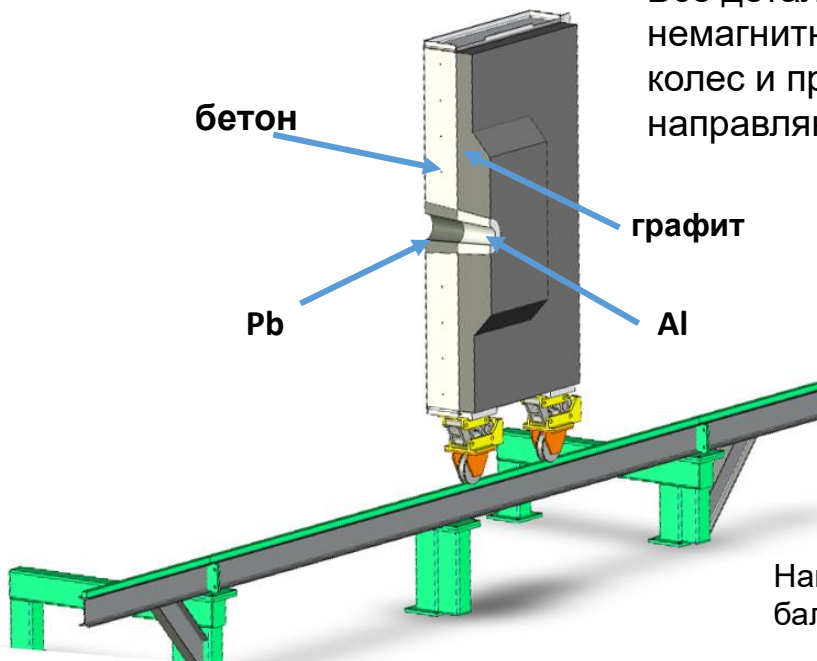
Все детали изготовлены из немагнитного материала, кроме колес и прямоугольной направляющей балки

бетон

Pb

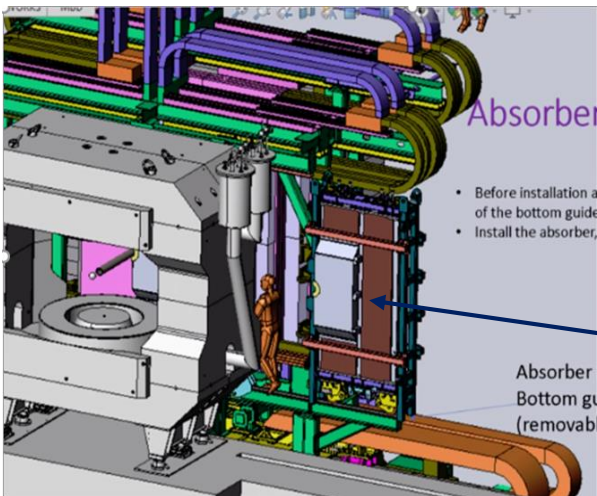
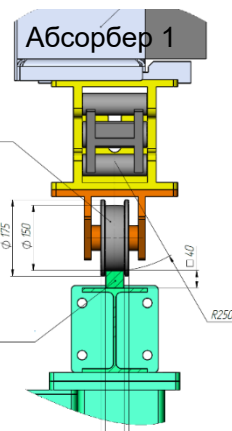
графит

Al



Колесо

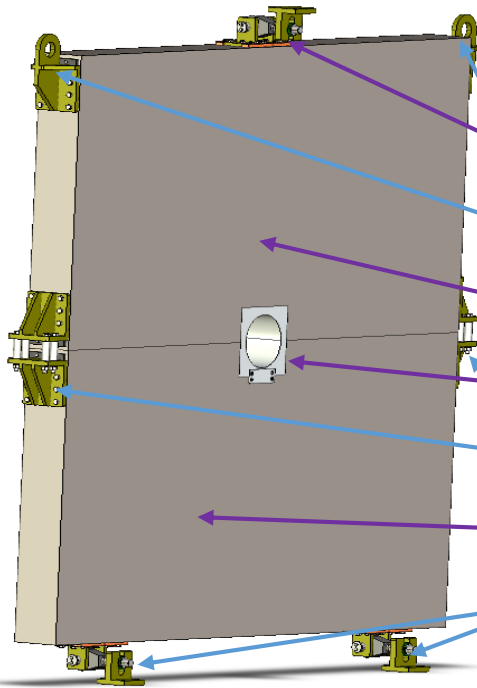
Направляющая балка



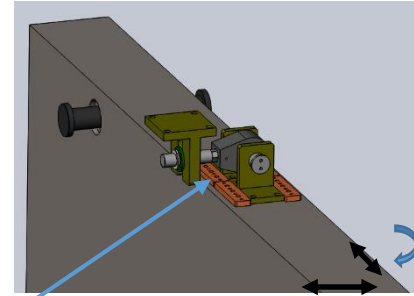
Абсорбер 1 в суперструктуре

Для обеспечения качения во время движения требуется упрочненная поверхность колеса. Чтобы иметь точечный контакт, колесо и опорная балка должны быть изготовлены из магнитной стали.

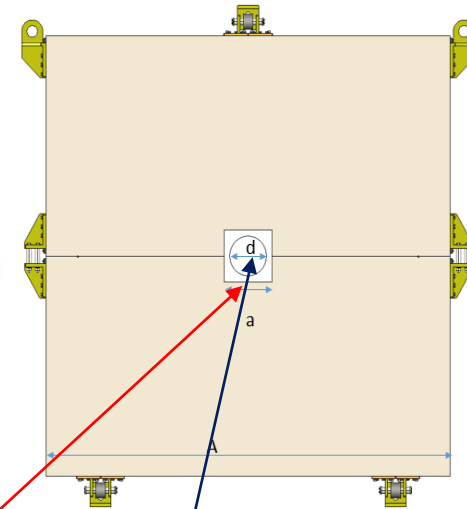
# Абсорберы из железа 2-4 (прокат)



- Крепление сверху
- Уши для крана
- Верхняя половина абсорбера
- Алюминиевая вставка
- Уши для крана и соединение половин
- Нижняя половина абсорбера
- Крепление внизу



Между собой абсорберы и магнит связаны балками (верхние крепления)



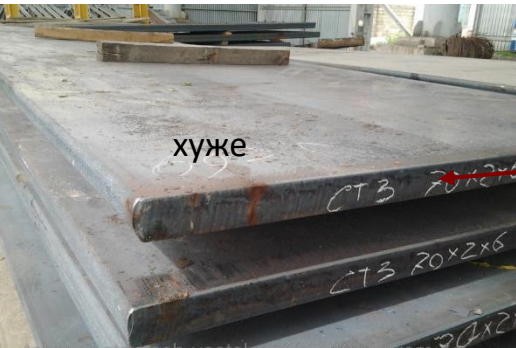
Абсорбер	Z-положение передней поверхности (mm)	Z-положение задней поверхности (mm)	Толщина (mm)	Размер XY (mm)	Размер Al вставки (XY) a (mm)	Диаметр отверстия в Al вставке d (mm)	Вес (t)
2 (Fe)	2 150,0	2 350,0	200,0	2 791,6	350,0	245	~12.0
3 (Fe)	2 650,0	2 850,0	200,0	3 258,0	400,0	290	~16.3
4 (Fe)	3 150,0	3 450,0	300,0	3 817,5	450,0	345	~34.3
5 (Fe)	3 750,0	4 750,0	1 000,0	5 000,0	600,0	455	~192

# Абсорбер 5

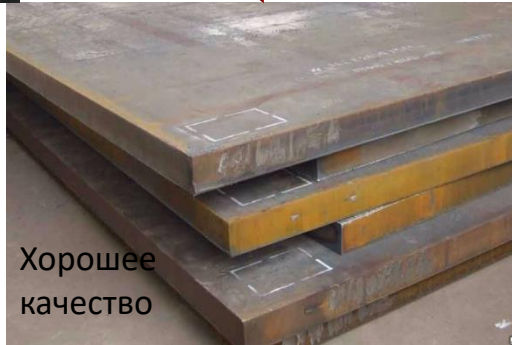
Рассматривается 2 варианта:

1. Аналог мюонного фильтра ALICE – литые блоки
2. Прокат

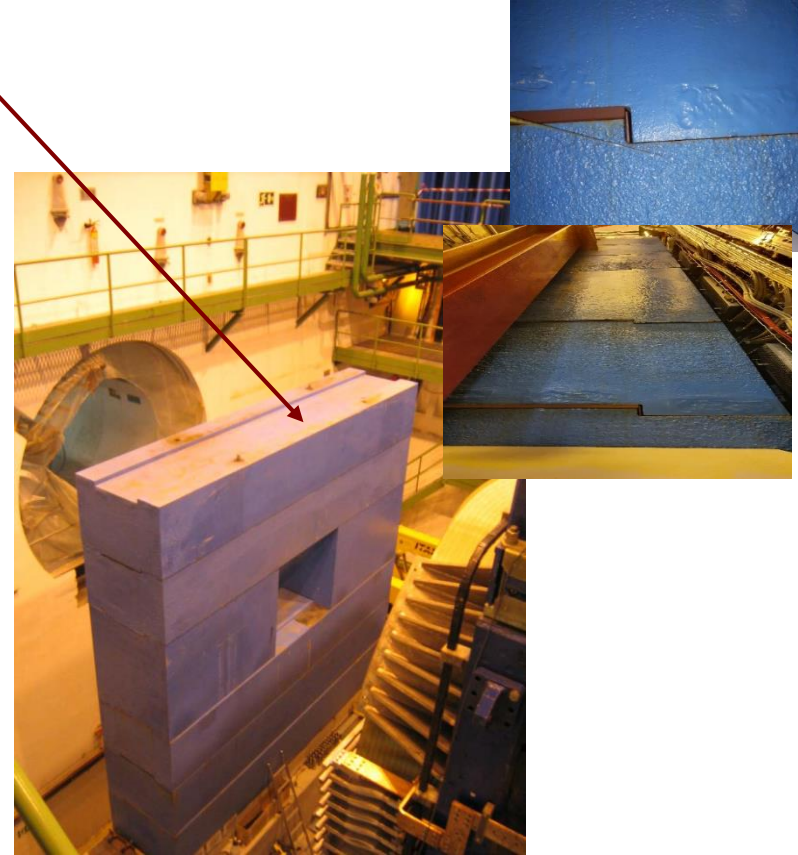
Приступили к проектированию



хуже

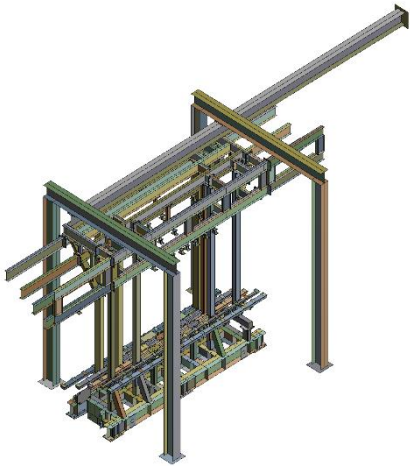


Хорошее  
качество



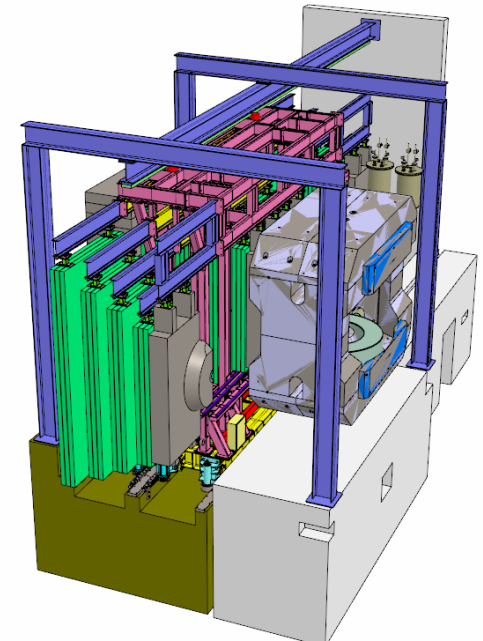
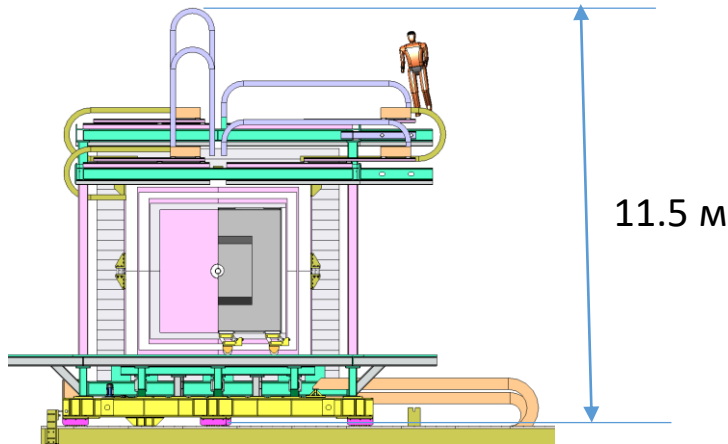
Поиски завода-изготовителя с оптимальными цена-качество

# Суперструктура



Фактически это ферма для подвеса  
трековых станций и размещения  
сервисов

- Приступили к проектированию
- Создана концептуальная модель
- Выполнены предварительные АНСИС расчеты на прочность, деформации и т.д.



## Газовые системы

Размещаются на подвижной платформе

- Одна система для снабжения рабочим газом (Ar+CO<sub>2</sub>) GEM камер спроектирована и ждет одобрения
- Вторая система для RPC камер (3-х компонентная смесь) в стадии проектирования



## План на 2020 г.

- Завершение и одобрение CDR всей конструкции
- Документация (рабочие чертежи, тендеры и т.д.)
- Закупка металла и размещение заказов
- Одобрение CDR газовой системы для RPC камер
- Закупка комплектующих для газовых систем

**Спасибо за внимание**

**С наступающим Новым  
годом!**