

Отчёт по проекту/теме PANDA:
02-0-1108-2011/2023
«Эксперимент PANDA на ускорительном комплексе FAIR»»

- Участники проекта (ПТП ОИЯИ, 2023)
- Основные результаты (PANDA Muon System TDR, детекторы МДТ, соленоид, ярмо, прототипы, электроника)
- Использование результатов PANDA/FAIR в новых проектах: SPD/NICA, AMBER/CERN (?)
- Заключение

ПТП ОИЯИ 2023

Участники от ОИЯИ

Лаборатория	Ф.И.О.
ЛЯП	В.М.Абазов, Г.Д. Алексеев, Г.А. Голованов, Л.С. Вертоградов, Ю.Л. Вертоградова, С.А. Кутузов, А.А. Пискун, И.К. Прохоров, А.М. Рождественский, А.Г. Самарцев, Н.Б.Скачков, А.Н. Скачкова, В.В. Токменин, В.В. Вольных, А.Ю. Верхеев, Н.И. Журавлев
ЛФВЭ	В.И. Астахов, М.Ю. Барабанов, Б.В. Батюня, В.А. Будилов, А.С. Водопьянов, А.С. Галоян, В.К. Додохов, А.А. Ефремов, Е.К.Кошурников, В.И. Лобанов, Ю.Ю.Лобанов, П.В. Номоконов, И.А. Олекс, А.О.Сидорин, Е.А. Строковский, А.А. Фещенко, С.С. Шиманский
ЛИТ	Т.И. Михайлова, В.В. Ужинский
ЛТФ	А.С. Сорин, О.В. Теряев

Участвующие страны, институты и организации

Страна или организация	Город	Институт или лаборатория	Участники	Статус
Беларусь	Минск	Институт физики Академии наук	М.А. Батуриский,	совместные работы
Германия	Дармштадт	ГСИ-ФАИР	L.Schmit, J.Luehning, F.Nerling	совместные работы
Россия	Протвино	ИФВЭ	А.Н. Васильев, П. А. Семенов	совместные работы
Россия	Новосибирск	ИЯФ СО РАН	С.Г. Пивоваров, Е.Е. Пята	совместные работы
Швейцария			L.Gatignon, J.Bernhard	совместные работы

Technical Design Report for the:

PANDA

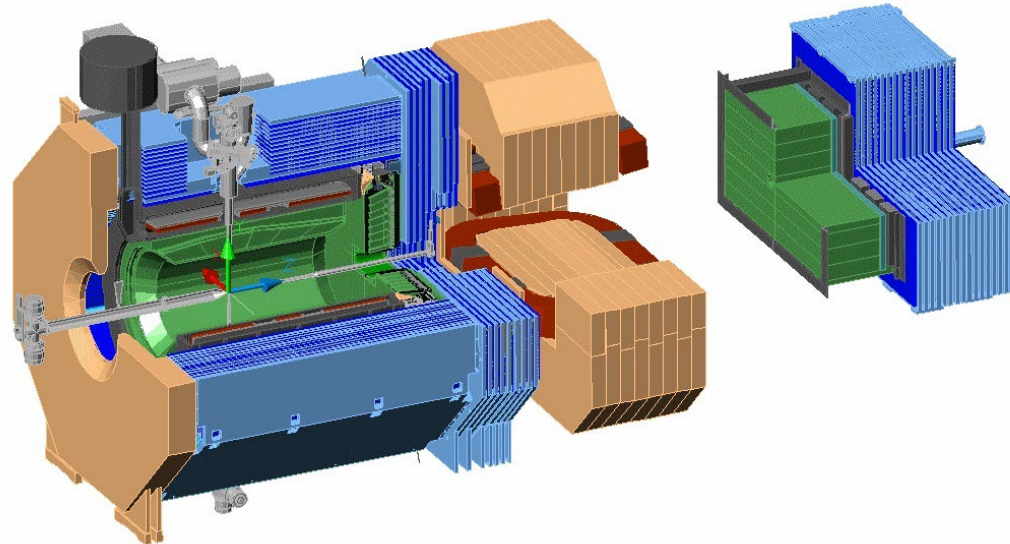
Muon System

(AntiProton Annihilations at Darmstadt)

Strong Interaction Studies with Antiprotons

PANDA Collaboration

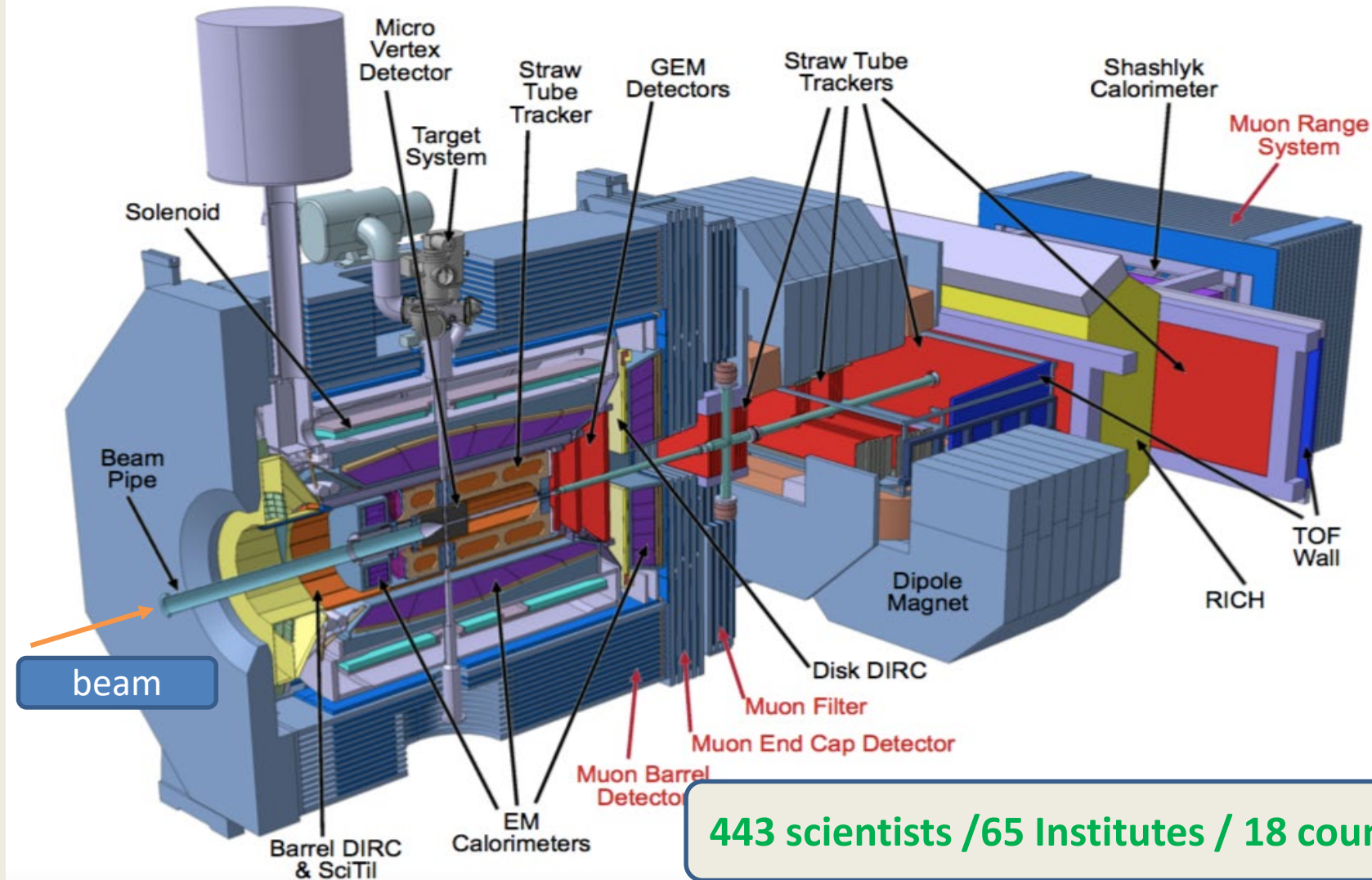
September 2012



Основной документ 127 стр. + 16 стр. приложение с ответами на вопросы экспертов (+ 1,5 года работы)

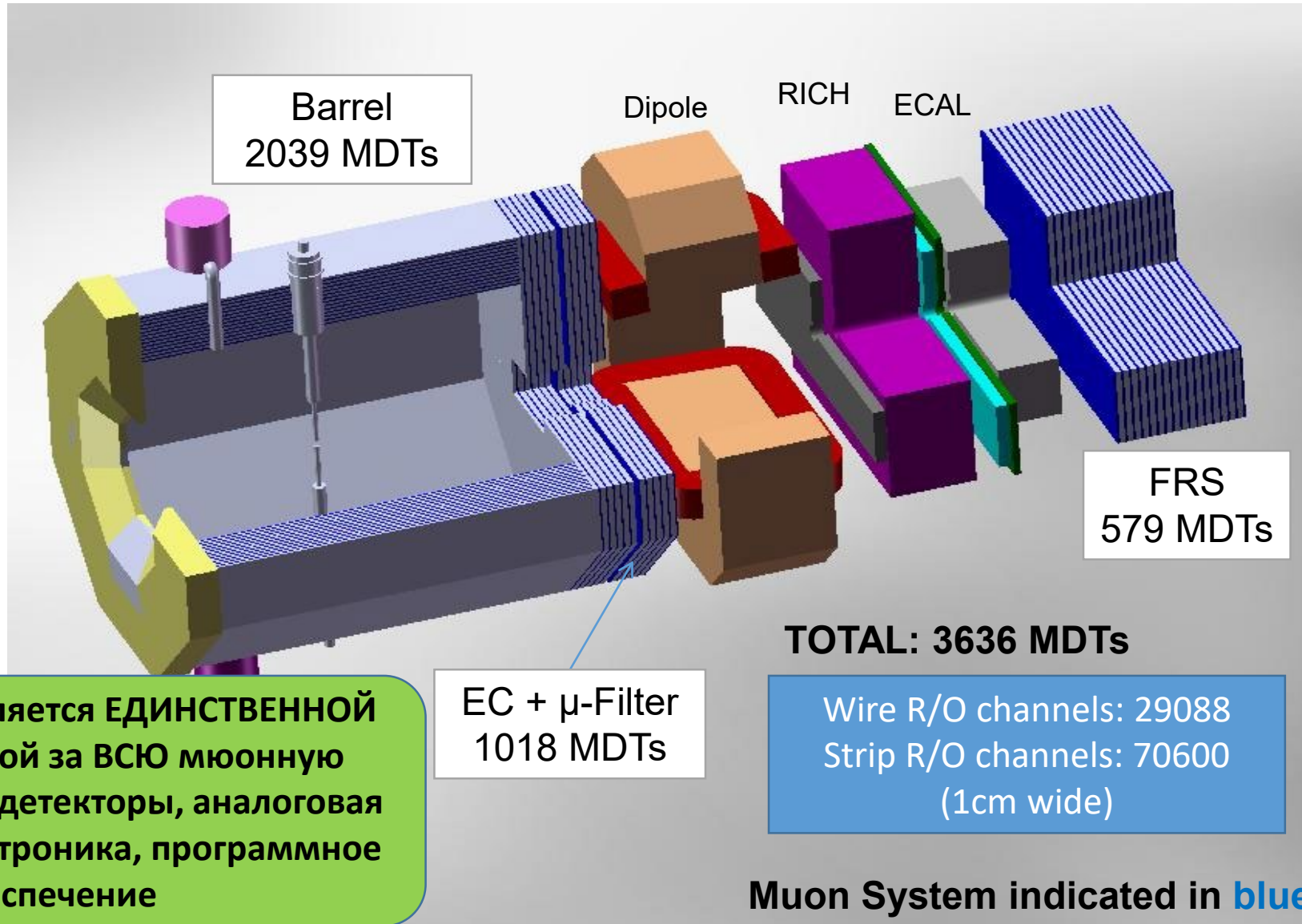
The view of PANDA setup: the Muon System elements (Barrel, End Cap, Filter and Range System) are indicated **in red**

JINR has sole responsibility for the whole Muon System!



443 scientists / 65 Institutes / 18 countries

PANDA/FAIR setup



Группа ОИЯИ является **ЕДИНСТВЕННОЙ (!)** ответственной за **ВСЮ** мюонную систему PANDA : детекторы, аналоговая и цифровая электроника, программное обеспечение

Mini Drift Tube (MDT) detectors

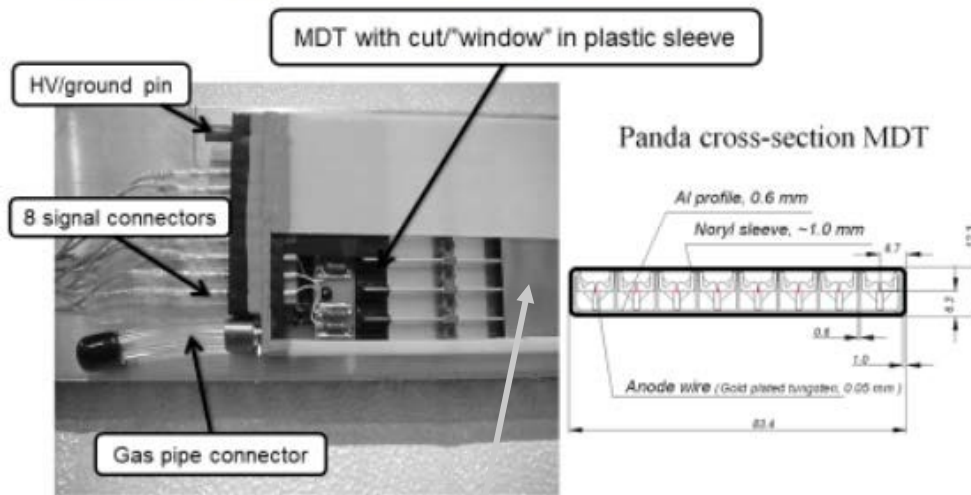
DO/FNAL&COMPASS/CERN-wire R/O (left),
PANDA/FAIR&SPD/NICA – wire&strip R/O (right)

- HV on ALU cathode

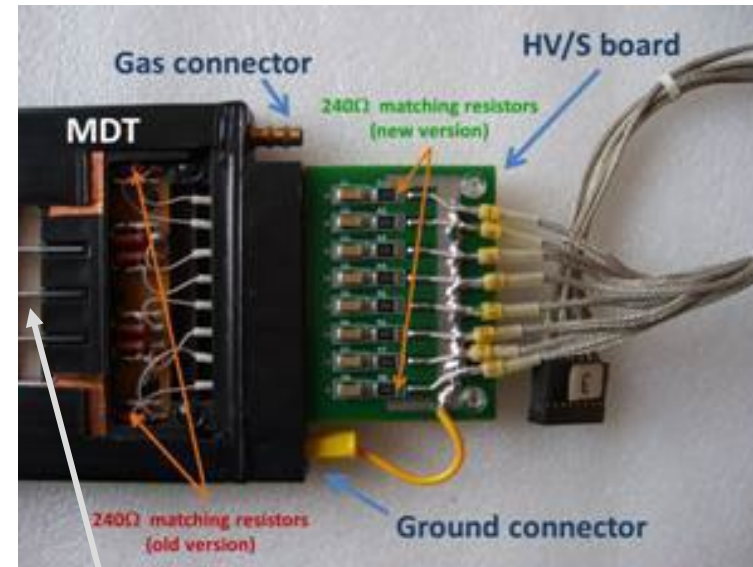
+ HV on the wires

Gas mixture -> Ar:CO2 = 70:30

Mini-Drift Tube (MDT) Detector as Basis for the Muon System



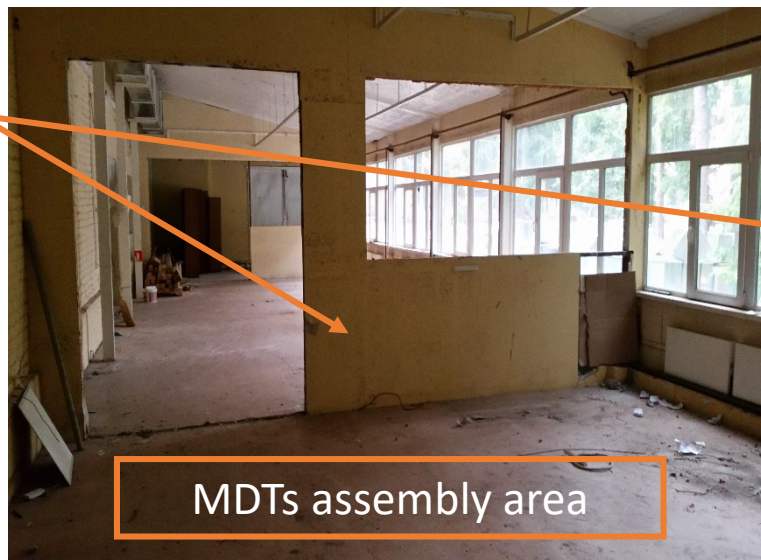
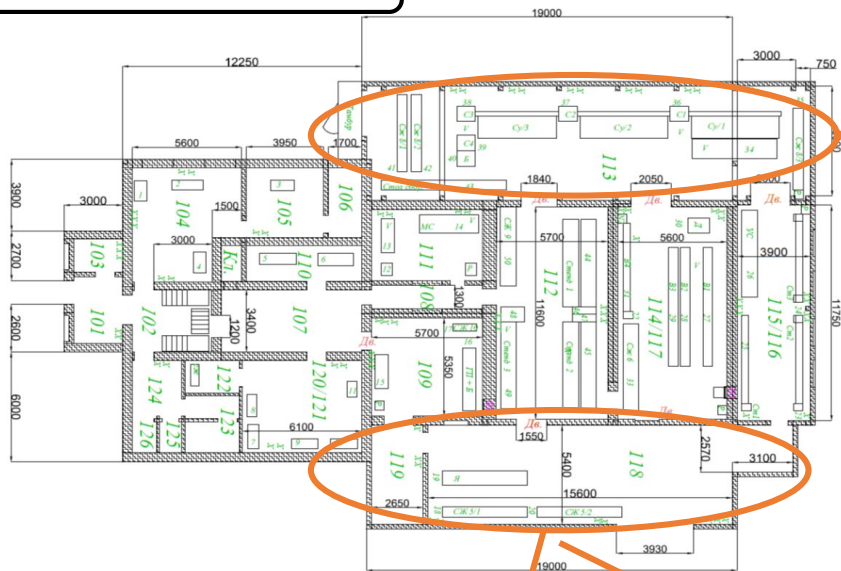
'closed cathode' geometry – stainless steel cover 0,15 mm



'open cathode' geometry – without cathode cover

Basis for deployment of MDTs assemble and test areas

Bld.73, 1-st floor plan



MDTs assembly area



Storage area

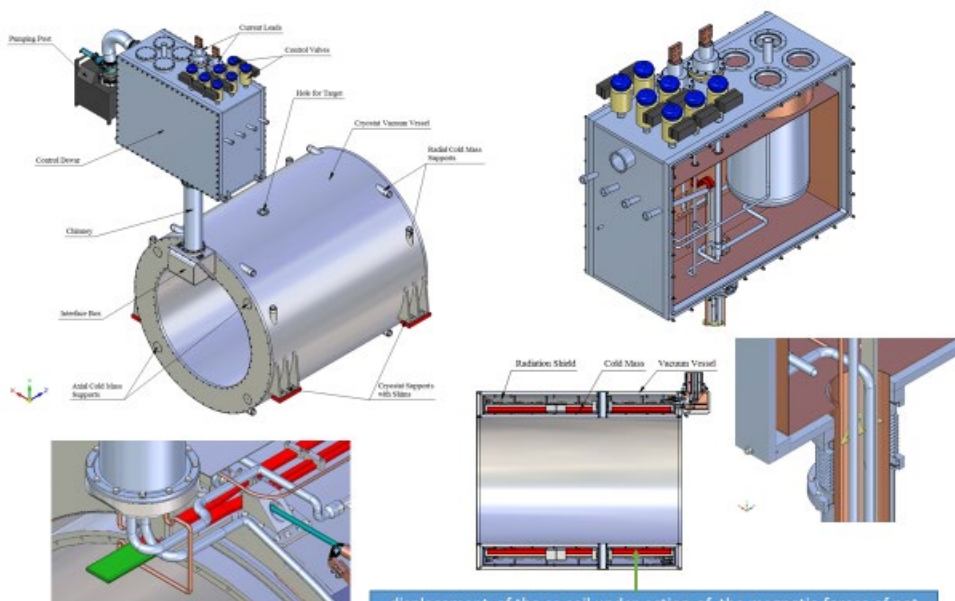


В сентябре 2022 г. здание 73 (для размещения оборудования производства Мини-дрейфовых трубок) было передано на баланс ЛЯП. В настоящее время ППО ОИЯИ работает над оценкой стоимости ремонта по нашему техзаданию.

PANDA: сверхпроводящий соленоид и ламинированное (для размещения детекторов МДТ) ярмо

Группа ЛФВЭ (рук. А.С. Водопьянов), ответственная за разработку магнита (рук. Е.К. Кошурников - НИИЭФА, Нева магнит) и ярма (последнее - с соучастием группы ЛЯП) передала готовый техпроект в ИЯФ СО РАН для изготовления (рук. Е.Э. Пята)

Cryostat and control Dewar



displacement of the sc coil under action of the magnetic forces of not more than 0.5 mm

7

Холодная масса (криостат, подвески) – изготовлена, источники питания – закуплены, сверхпроводящий кабель – в производстве

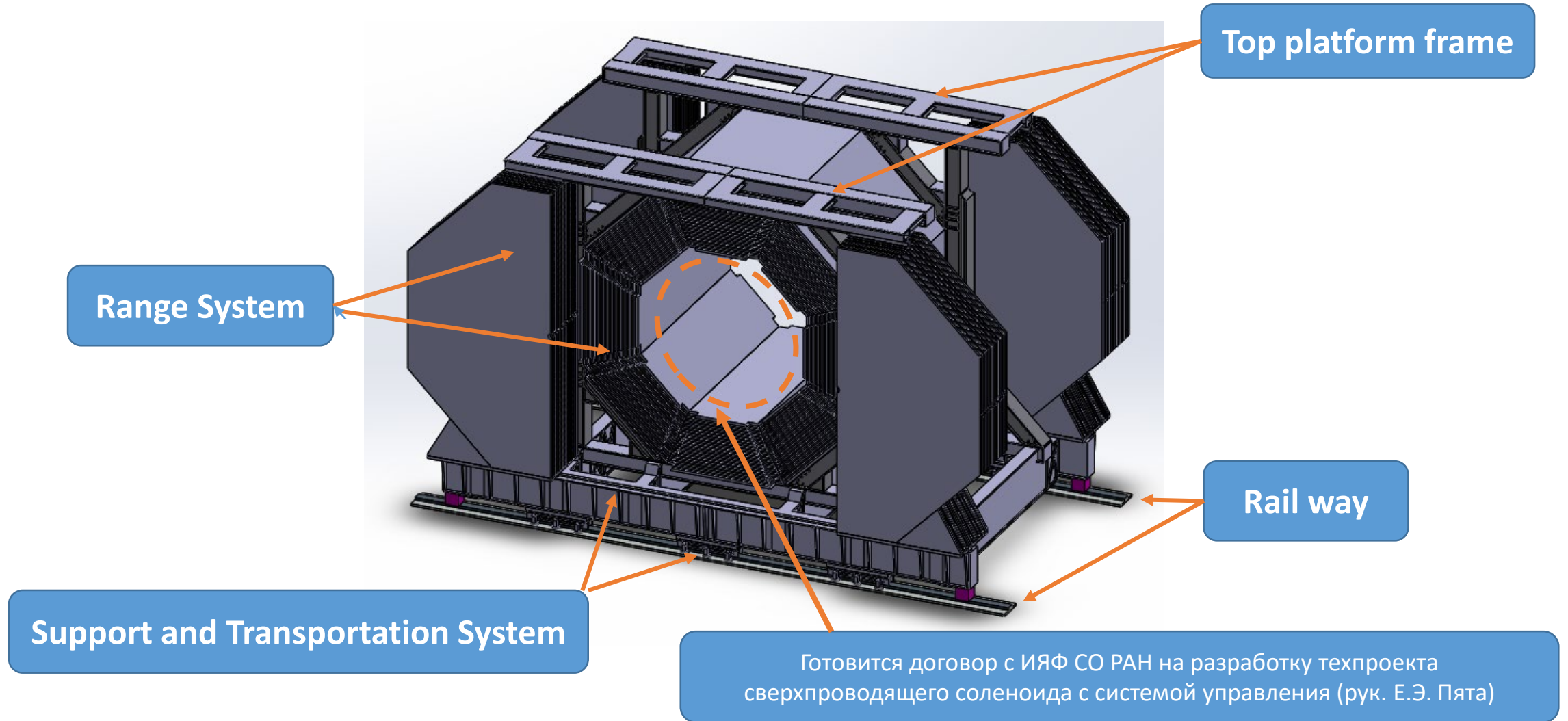


Ярмо полностью изготовлено на новосибирском заводе, и находится в ИЯФ

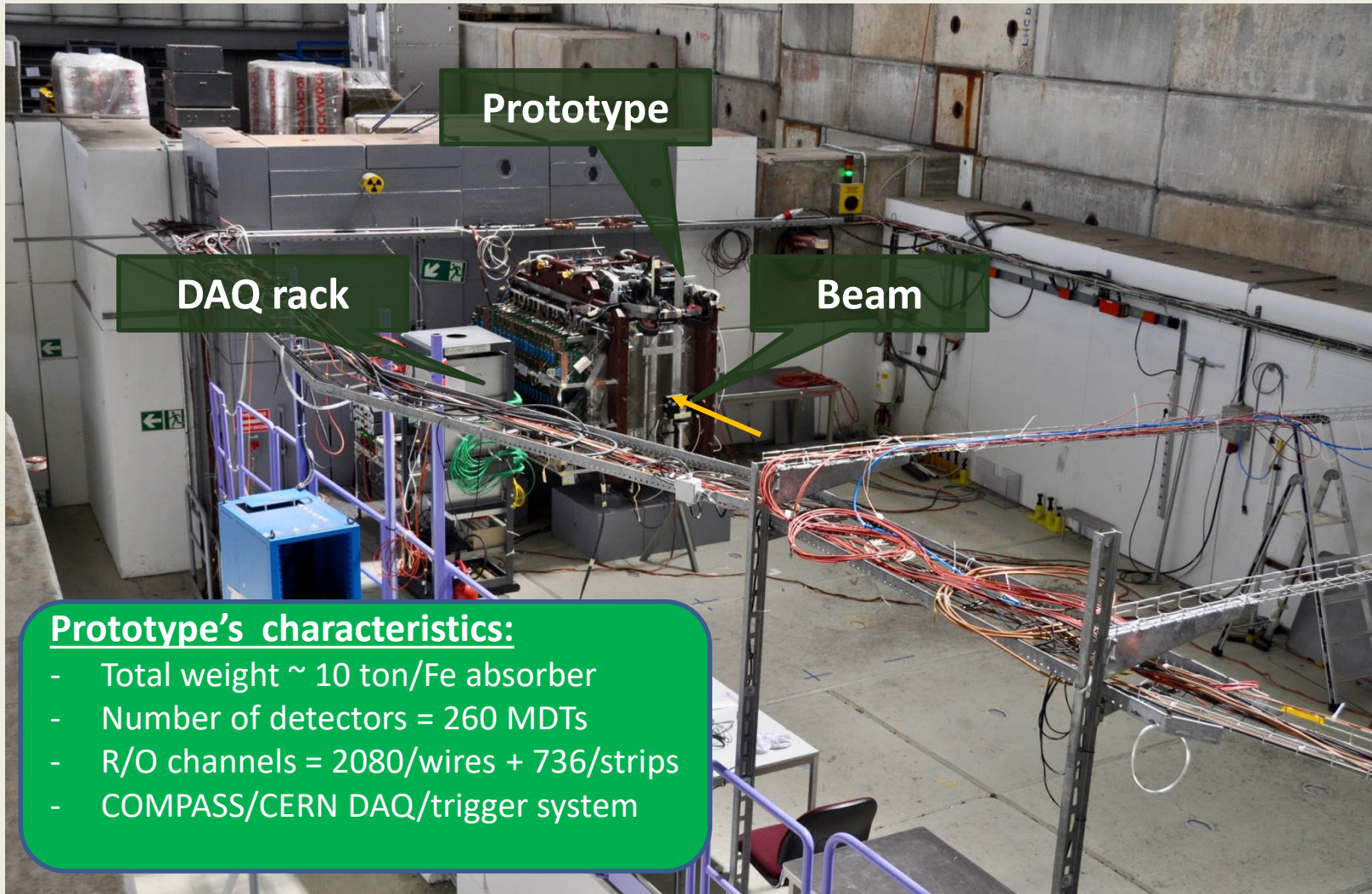
Full 3D model of SPD setup (SPD TDR), total weight 1250 ton

used for FEA calculations (stress and displacement), including all inner detectors, solenoid, etc.

В настоящее время в связи с некоторым увеличением габаритов установки все расчёты проводятся заново и с добавлением магнитных сил (отв. А.Г. Самарцев); предварительный вывод – концептуальных изменений конструкции не требуется



PANDA Muon System Prototype @ PS/T9/CERN Beam Line (1-10 GeV/c)

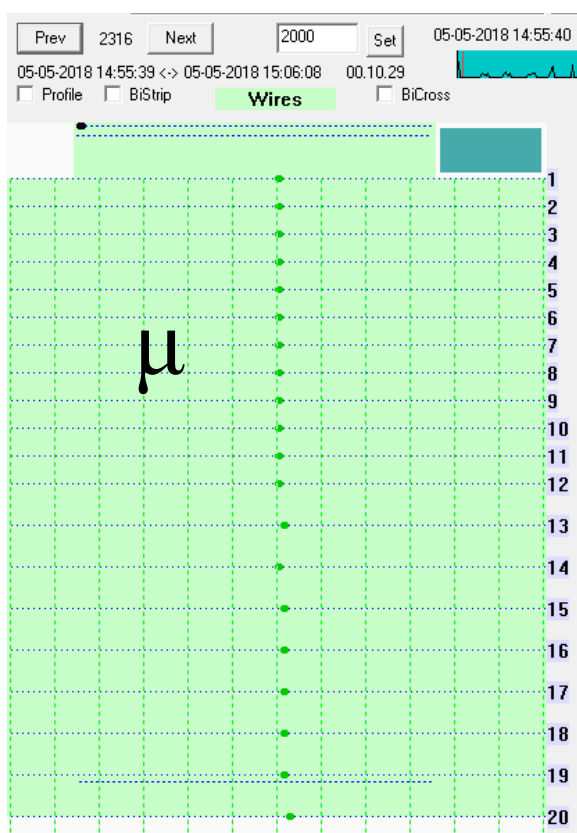


Prototype's characteristics:

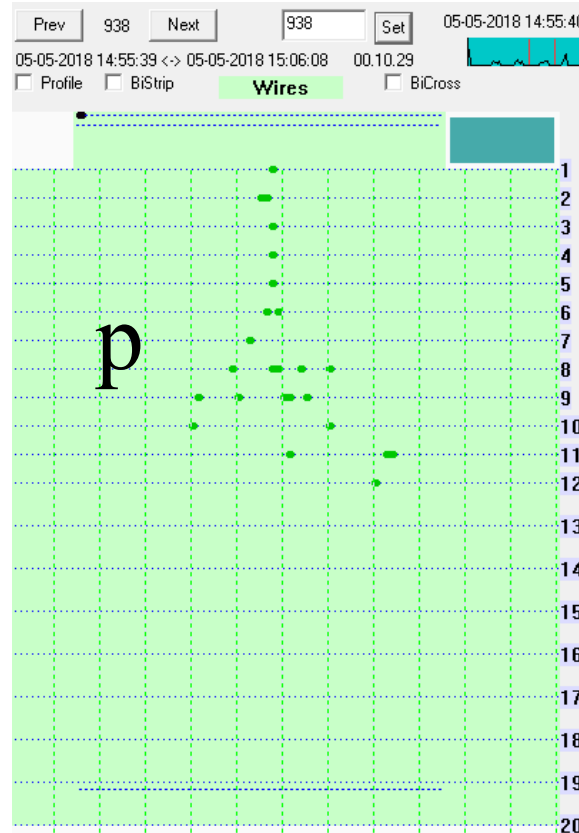
- Total weight ~ 10 ton/Fe absorber
- Number of detectors = 260 MDTs
- R/O channels = 2080/wires + 736/strips
- COMPASS/CERN DAQ/trigger system

Event Examples (P = 5 GeV/c)

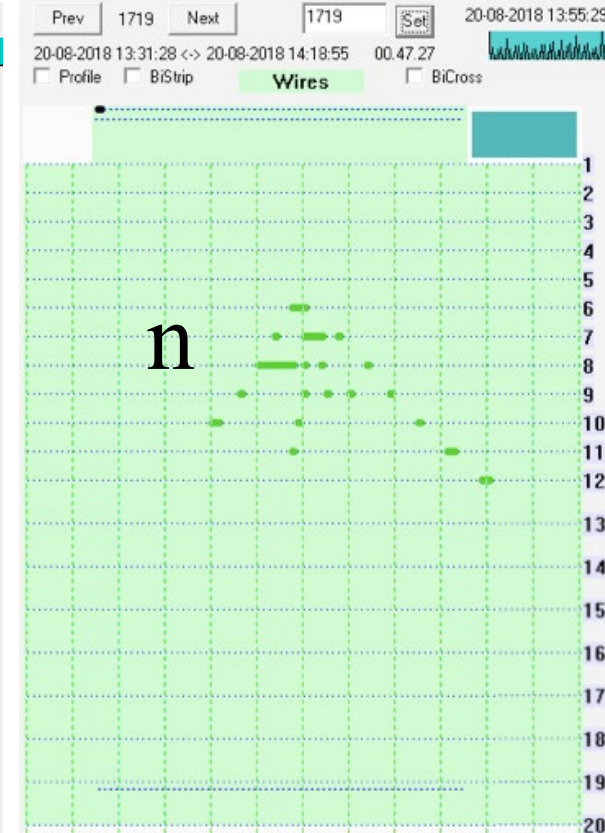
On top of muon identification Range System will also be used as a coarse hadron calorimeter – >
very important feature for neutron registration (the only system in PANDA & SPD)!



Run 829



Run 829



Run 951

Малый прототип Range (muon) System /SPD (1,5 тонны) для тестов в диапазоне 0,5 – 1,5 GeV/c (изготовлен в ЦОЭП ЛЯП и смонтирован на выведенном пучке Нуклотрона (тестовая зона «Маруся»))

December, 2021

Prototype absorber (1.5 ton) manufactured at DLNP/JINR



Fe absorber plates: 60mm + 15 layers x 30 mm + 60 mm;
total thickness $\sim 3.5\lambda$

October, 2022

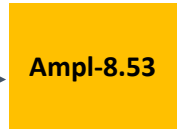
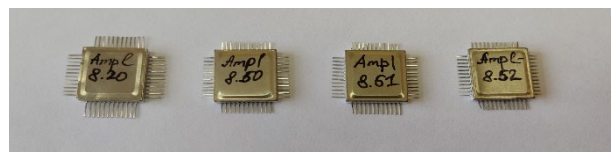
VME 6U crate:
7 digital FEE cards (MFDM-192), 1344 R/O channels



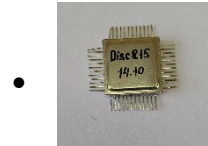
RSPProto
in cosmic test position at Nuclotron

Развитие/разработка аналоговых микросхем для SPD на базе Ampl-8.3 и Disc-8.3 (базовые чипы для проектов D0/FNAL и COMPASS/CERN)

- Серия 8-канальных усилителей Ampl-8.XX с низкоомным входом для газовых детекторов:



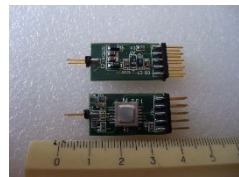
Последняя версия усилителя Ampl-8.53 (на основе улучшения топологии Ampl-8.52) готовится к массовому производству в АО «Интеграл» (Минск). Договор ОИЯИ с Институтом физики (Минск) на разработку чипа и курирование массового производства (отв. М.А. Батурицкий) находится в стадии подготовки



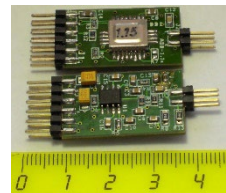
- 8-канальные дискриминаторы для газовых и сцинтилляционных детекторов: Disc-8.15 (газовые детекторы), Disc-8.16 (лавинные фотодиоды)



- 8-канальный предусилитель Ampl-8.11R для стриповых сигналов ($R_{in} \sim 2 \text{ Ohm}$) газовых детекторов

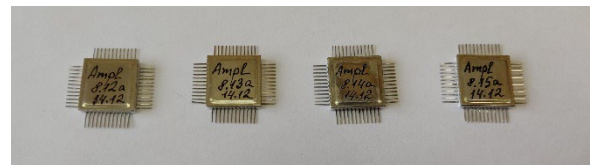


- 1-канальный усилитель-дискриминатор AD-1.3 для газовых детекторов



- Серия 1-канальных усилителей-дискриминаторов AD-1.14, AD-1.15, AD-1.16, AD-1.17 для лавинных фотодиодов

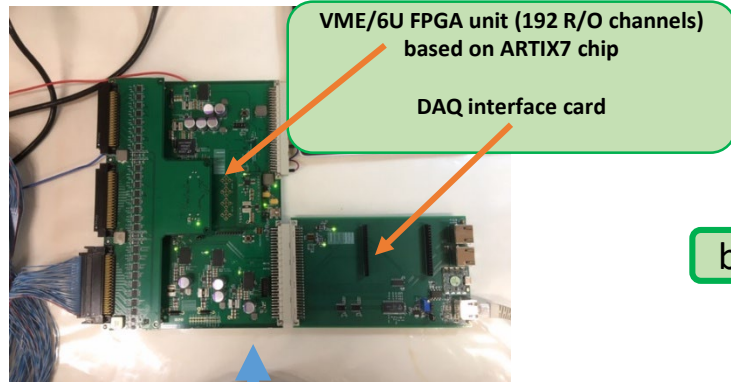
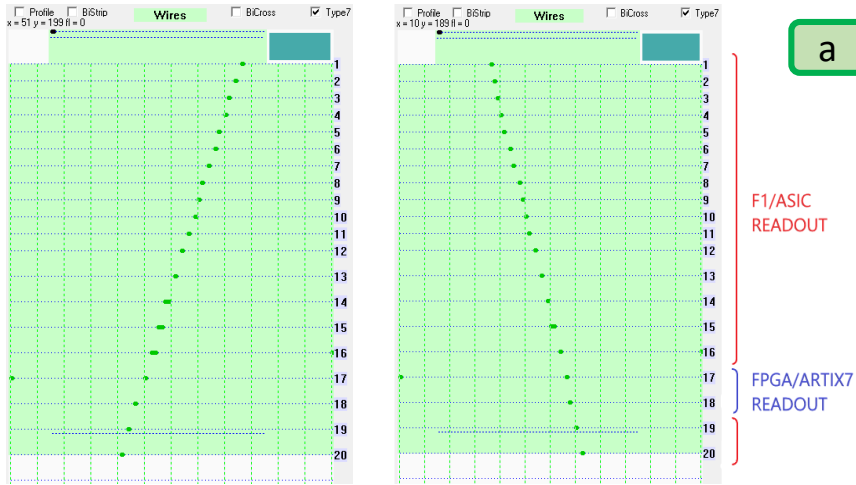
- Серия 8-канальных усилителей Ampl-8.1X для лавинных фотодиодов:



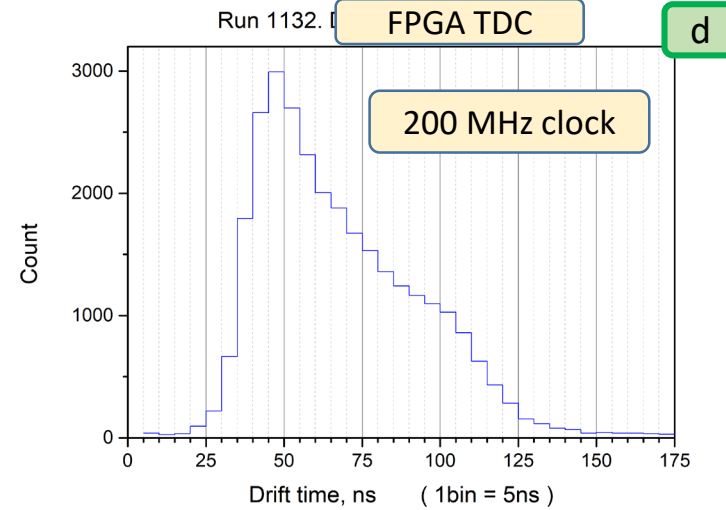
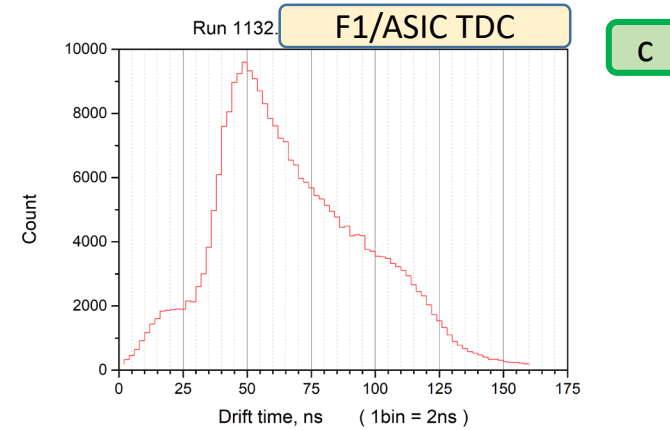
FPGA digital readout test (CERN)

(a) - prototype's wires R/O, (b) - VME/FPGA R/O unit, (c,d) – comparison of time spectra (F1/ASIC vs FPGA)

Typical cosmic events



Цифровой блок MFDM-192 -> совместная разработка ЛЯП (Н.И. Журавлёв) и МГУ, производство – «Марфон»

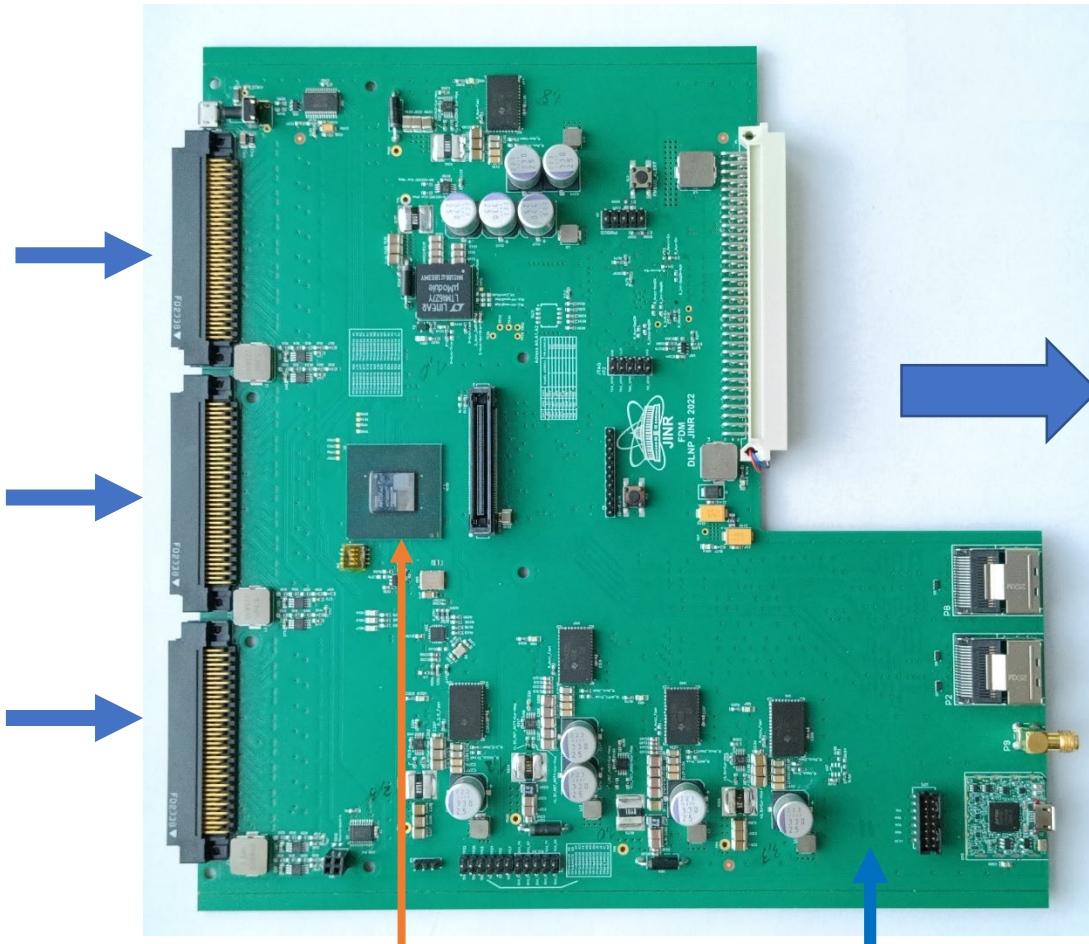


Последняя версия цифрового блока FDM-192, будет использована при разработке и тестировании бестриггерной системы приёма данных в SPD/DAQ на примере мюонной системы

FDM (FPGA Digital Module) – 192 ch.

Modified VME CAEN crate 6U
(without bottom part of backplane)

From analog electronics



FPGA chip Artix 7

Блок разработан совместно ЛЯП (Н.И. Журавлёв) и МГУ, производство – «Марафон»



Synergy between PANDA/FAIR & SPD/NICA muon systems:

- MDT detectors -> 100%
- Analog electronics -> 100%
- Digital electronics (FPGA based) -> ~ 90% (**AMBER ?**)
- Beam tests -> 100%
- Solenoidal yoke design -> ~ 90%
- Algorithms of pattern recognition -> 100%

CONCLUSION: ALMOST FULL SYNERGY !

Заключение

Предполагаемый вклад ОИЯИ в эксперимент PANDA включает в себя сооружение мюонной системы, проведение соответствующих работ в области НИОКР, разработка программного обеспечения и физической программы. Результаты, достигнутые командой ОИЯИ в процессе работы над проектом, демонстрируют выполнимость этих задач.

Ожидалось, что основные финансовые ресурсы для этой работы должны быть получены из российского вклада в программу FAIR в виде контракта на строительство мюонной системы PANDA. В настоящее время отсутствие этого контракта из-за внешних «обстоятельств непреодолимой силы» является наиболее сложной проблемой в проекте, которая не даёт возможности вести дальнейшую работу.

Очень важный аспект участия ОИЯИ в проекте PANDA, и уже проведенных работ – это возможность использовать технологию детекторов MDT и соответствующую электронику (как аналоговую, так и цифровую), а также наработки по сверхпроводящему соленоиду, для разработки детектора SPD на коллайдере NICA. Вся концепция мюонной системы PANDA хорошо соответствует требованиям детектора SPD, имеющего очень близкий энергетический диапазон детектируемых частиц. Синергия между этими проектами близко к 100 %.

Backup slides

Final approval of the PANDA Muon System TDR by FAIR Council on 22 September, 2014 -> GREEN LIGHT !



FAIR GmbH · Planckstr. 1 · D-64291 Darmstadt · Germany

Proposers of the
Technical Design Report for FAIR:
PANDA Muon System

**Facility for Antiproton and Ion Research
in Europe GmbH**

Planckstr. 1
D-64291 Darmstadt
Germany

Web: www.fair-center.eu

**Prof. Dr. Günther Rosner
Research & Admin.
Managing Director
FAIR GmbH**

Telephone: +49 6159 71-1678

Fax: +49 6159 71-3916

Email: guenther.rosner@fair-center.eu

22 Sept 2014

Dear colleagues,

Approval of Technical Design Report

We are happy to inform you that FAIR approves the Technical Design Report of the PANDA Muon System, following the conditional recommendation by the Expert Committee Experiments (ECE) on 11 June 2014 and the subsequent final review by ECE's review panel. Please find attached comments by the ECE. We expect that you consider all of those seriously and take appropriate steps. In addition, please accept the offer of the ECE to continue working together to follow up the process.

Yours sincerely

Facility for Antiproton and Ion Research
in Europe GmbH

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'G. Rosner', is written over a light blue horizontal line.

G. Rosner
Research & Admin.
Managing Director

FAIR GmbH

Managing Directors:
Professor Dr. Boris Y. Sharkov
Professor Dr. Günther Rosner

Registered office: Darmstadt
Amtsgericht Darmstadt HRB 89372
VAT No.: DE275595927

Commerzbank Darmstadt
BLZ 508 400 05 · Konto 13 26 30500
IBAN DE03 5084 0005 0132 6305 00
BIC COBADEFF508



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

Дубна Московской области Россия 141980 Dubna Moscow Region Russia 141980
Fax: (7-495) 632-78-80 Tel.: (7-49621) 6-50-59 AT: 205493 WOLNA RU E-mail: post@jinr.ru http://www.jinr.ru

Professor Dr. Paolo Giubellino
Scientific Managing Director of GSI and FAIR

Date 08.06.2020
Ref. № 010-16/206

Dear Dr. Giubellino,

On behalf of JINR I am writing to you to express our readiness to share our long-term experience with GSI in constructing detectors for FAIR.

JINR is prepared to provide GSI with the Muon System of PANDA detector (presently, for the Barrel part) in the framework of the collaboration contract between FAIR and JINR (of the cost book value including an inflation correction coefficient).

This proposal has the following PSP Number: 1.4.1.13.1.1 (Target Spectrometer Barrel Muon Detector Chambers). The cost book value of this item amounts to 591,000.00 € in 2005 costs.

If you require any further information, please feel free to ask.

We look forward to your reply.

Yours sincerely,

Academician Victor Matveev
Director of JINR

The letter of JINR director, confirming the interest of JINR to participate in PANDA/FAIR project and conditions for the production of the starting part of the PANDA Muon System (detectors for the Barrel of the Target Spectrometer). The cost of this part at present (2020), including the inflation factor, equals to 830 K€. This amount is part of the full cost 3,480 M€ (see Appendix II below), and will be deducted from that cost at later stage in framework of the next contract.

МЕЖДУНАРОДНАЯ МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ
ОРГАНИЗАЦИЯ
INTERNATIONAL INTERGOVERNMENTAL
ORGANIZATION



СОЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

Дубна, Московская область, Россия 141980 Dubna Moscow Region Russia 141980
Fax: (7-495) 632-78-80 Tel.: (7-49621) 6-50-59 AT: 205493 WOLNA RU E-mail: post@jinr.ru
http://www.jinr.ru

To Research Director of FAIR
Prof. Dr. Günther Rosner

19.05.2014 010-27/171

Dear Prof. Rosner,

The Joint Institute for Nuclear Research (JINR, Dubna) is interested to implement its long term experience for the construction detectors of the Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR).

Our Institute is ready to provide the Muon System of PANDA detector in framework of Collaboration Contract between our Institute and FAIR GmbH (for the cost-book price including an inflation correction coefficient). This proposal comprises the following PSP Number of the cost-book: 1.4.1.13.

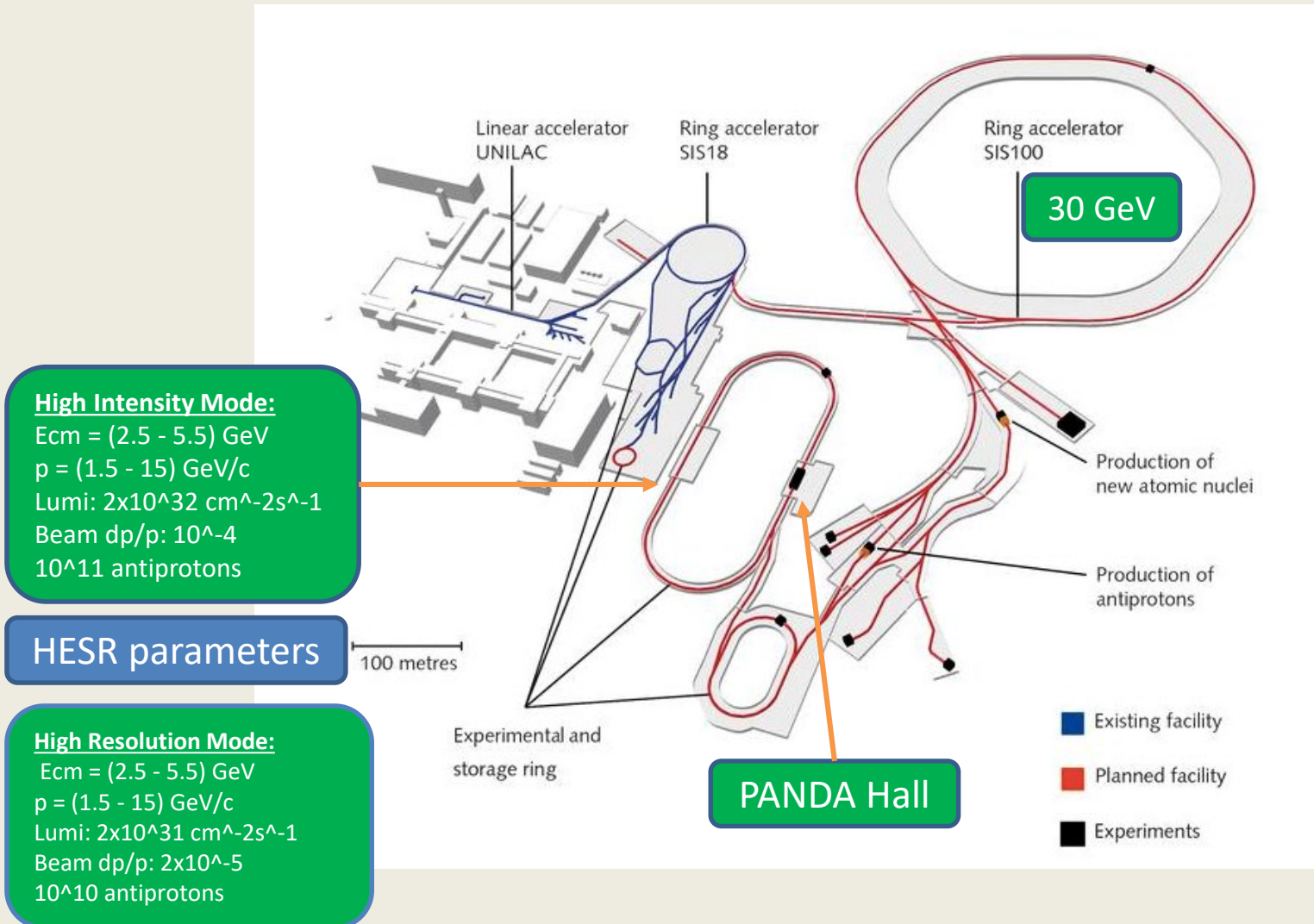
The cost-book value for this item amounts to 2,318,000.00 €.

Kind regards,


Academician V. A. Matveev
Director

The letter of JINR director, confirming the interest of JINR to participate in PANDA/FAIR project and conditions for the production of the full PANDA Muon System. The cost of the Muon System at present (2020), including the inflation factor, equals to 3,480 M€.

FAIR Accelerator Complex





Panda physics overview



Nucleon Structure

Transition Distribution

Amplitudes (TDA) (meson production)

Generalised Distribution

Amplitudes (GDA) (time-like Compton, hard exclusive processes)

Time-like Electromagnetic

Form Factors (Low and high E, e and μ pairs production)

Transverse Parton

Distributions (Drell Yan process)

Nuclear Physics

Hypernuclear physics:

Double Λ hypernuclei

γ -spectroscopy of hypernuclei

Hyperon interaction

Antihyperon in Nuclei

Hadrons in nuclei:

Charm and strangeness in the medium

Bound states and Dynamics of strong interactions

Hadron spectroscopy

Production of states of all quantum numbers

Resonance scanning with high resolution

Precision determination of mass, width & quantum numbers J^{PC} of resonances

Charm hadrons: charmonia, D-mesons, charm-baryons \rightarrow Understand new XYZ states, $D_s(2317)$ and others

Production of exotic QCD states:

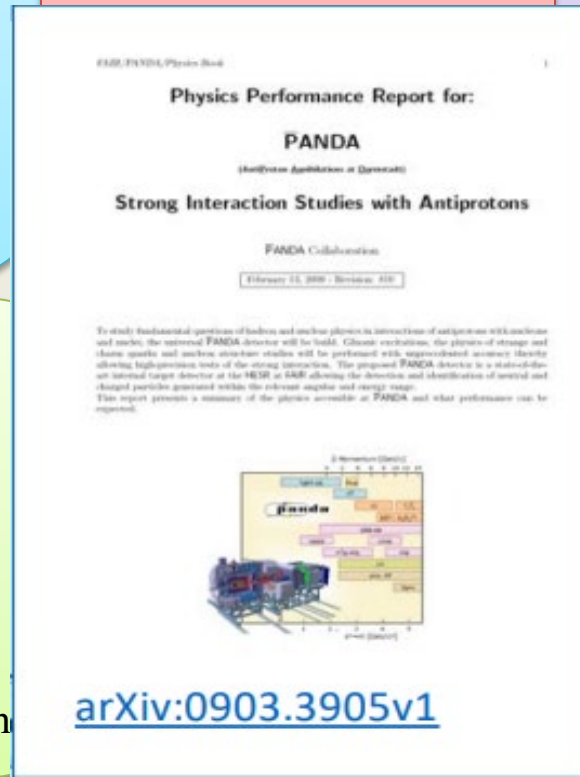
Glueballs, hybrids, multi-quarks

Strangeness

Strange baryons:

Spectroscopy

Polarisation



[arXiv:0903.3905v1](https://arxiv.org/abs/0903.3905v1)