



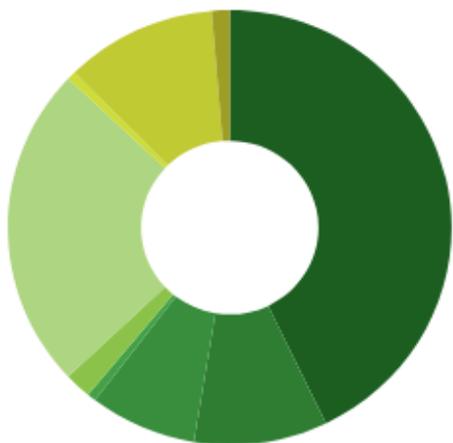
# Участие ОИЯИ в эксперименте АТЛАС

(некоторые результаты и планы работ)

А. Чеплаков

Большое спасибо коллегам - И.Елецких (все о физике), А.Гонгадзе, Е.Ладыгину и Ю.Давыдову за предоставленные для доклада слайды и материалы

# JINR team in the ATLAS Collaboration



- ▶ 66 Physicist
- ▶ 15 Physics PhD student
- ▶ 12 Physics masters/diploma student
- ▶ 1 Undergraduate/summer student
- ▶ 3 Engineer with PhD
- ▶ 37 Engineer without PhD
- ▶ 1 Engineering student
- ▶ 17 Technician or equivalent
- ▶ 2 Administrator/other

+13 Associated staff



- ▶ 48 on Authorlist (A) (incl. 13 associated)
- ▶ 1 Signing-Only (a)
- ▶ 37 counted for M&O (M)
- ▶ 0 qualifying members (q)
- ▶ 45.25 for Operation Tasks (O, o)

**DLNP:** Atanov N., Atanova O., Batusov V., Bednyakov V., Boyko I., Chizhov M., Davydov Yu., Dedovich D., Demichev M., Didenko A., Dolovova O., Dydyshko Y., Elkin V., Ershova A., *Filimonov S.*, Gerasimov V., Gladilin L., Glagolev V., Gongadze A., Gongadze I., Gongadze L., Gostkin M., Gritsai K., Ivanov Y., Kalinovskaja L., Karpov S., Karpova Z., Kharchenko D., Kostyukhina I., Kruchonak U., *Kuchinskaya O.*, Koulchitski Y., Lyabline M., Lyashko I., Lykasov G., Lyubushkin V., Lyubushkina T., Malyukov S., Minashvili I.(jr.), Nefedov Y., Plontikova E., Potrap I., Prokhorov A., *Ramakoti E.*, Romanov V., Rusakovich N., Sapronov A., Serochkin M., Shalyugin A., Shelkov G., Shiyakova M., *Shreyber I.*, *Soldatov E.*, Souslov I., Tropina A., Tsiareska P., Usubov Z., Vasyukov A., Yeletsikh I., Yermolchik V., Zhemchugov A.

**LIT:** Alexandrov E., Aleksandrov I., Gromova N., Iakovlev A., Kazymov A., Mineev M., Shigaev V., Zrellov P.

**VBLHEP:** Ahmadov F., *Amirkhanov A.*, *Anisenkov A.*, *Bobrovnikov V.*, *Buzykaev A.*, Cheplakov A., Fillipov Y., Kukhtin V. Ladygin E., Makarov A., Manashova M., *Maslennikov A.*, *Rezanova O.*, Soloshenko A., Shaykhatdenov B., *Snesarev A.*, *Tikhonov Yu.*, Turtuvshin T., Zimin N.

Основной персонал – 36,5 FTE, ассоциированный – 7 FTE

# Higgs physics

- F. Ahmadov, [A.Soloshenko](#), [T.Turtuchin](#) et al., Measurements of WH and ZH production with Higgs boson decays into bottom quarks and direct constraints on the charm Yukawa coupling in 13TeV pp collisions with the ATLAS detector, arXiv:2410.19611, accepted by JHEP
- F. [Ahmadov](#) et al., Measurements of WH and ZH production in the  $H \rightarrow b\bar{b}$  decay channel in pp collisions at 13 TeV with the ATLAS detector, Eur. Phys. J. C 81 (2021) 178
- [E.Ramakoti](#) et al., Measurements of Higgs boson production by gluon-gluon fusion and vector-boson fusion using  $H \rightarrow WW^* \rightarrow e\nu\mu\nu$  decays in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector, [Phys.Rev.D](#) 108 (2023) 032005
- Boiko I.R., Guseinov N.A., [Eletsikh](#) I.V., Didenko A.R., [Dolovova](#) O.A., [Tropina](#) A.D., Using Artificial Neural Networks to Search for the Production of the Higgs Boson Together with a Single Top Quark, PHYSICS OF ELEMENTARY PARTICLES AND ATOMIC NUCLEI. EXPERIMENT, Volume 21, pages 481–488, (2024)
- I.R. Boyko A.R. Didenko, O.A. [Dolovova](#), N.A. Huseynov, A.D. [Tropina](#), I.V. [Yeletsikh](#), A New Evolutionary Algorithm for Optimizing the Search of a Rare Higgs Boson Production Channel, PHYSICS OF ELEMENTARY PARTICLES AND ATOMIC NUCLEI. EXPERIMENT, Volume 21, pages 615–618, (2024)

Около 40 публикаций за последние 5 лет  
с определяющим вкладом группы ОИЯИ

# Direct searches for beyond SM phenomena

- E. Cherepanova et al, A search for the decays of stopped long-lived particles at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector, JHEP 07 (2021) 173
- [E.Khramov](#) et al., Search for high-mass  $W\gamma$  and  $Z\gamma$  resonances using hadronic W/Z boson decays from 139 fb<sup>-1</sup> of pp collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector, JHEP07(2023)125
- [S.Karpov](#), [Z.Karpova](#), Search for quantum black hole production in lepton+jet final states using proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector, Phys. Rev. D. 109 (2024) 032010

# B-physics and light states

- [I.Yeletsikh](#) et al., Observation of an excess of di-charmonium events in the four-muon final state with the ATLAS detector, Phys. Rev. Lett. 131 (2023) 151902
- [L.Gladilin](#), [T.Lyubushkina](#), [S.Turchikhin](#) et al., Study of  $B+c \rightarrow J/\psi D+s$  and  $B+c \rightarrow J/\psi D^*+s$  decays in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector, JHEP 08 (2022) 087

Ниже – несколько примеров

# Standard Model measurements, proton structure

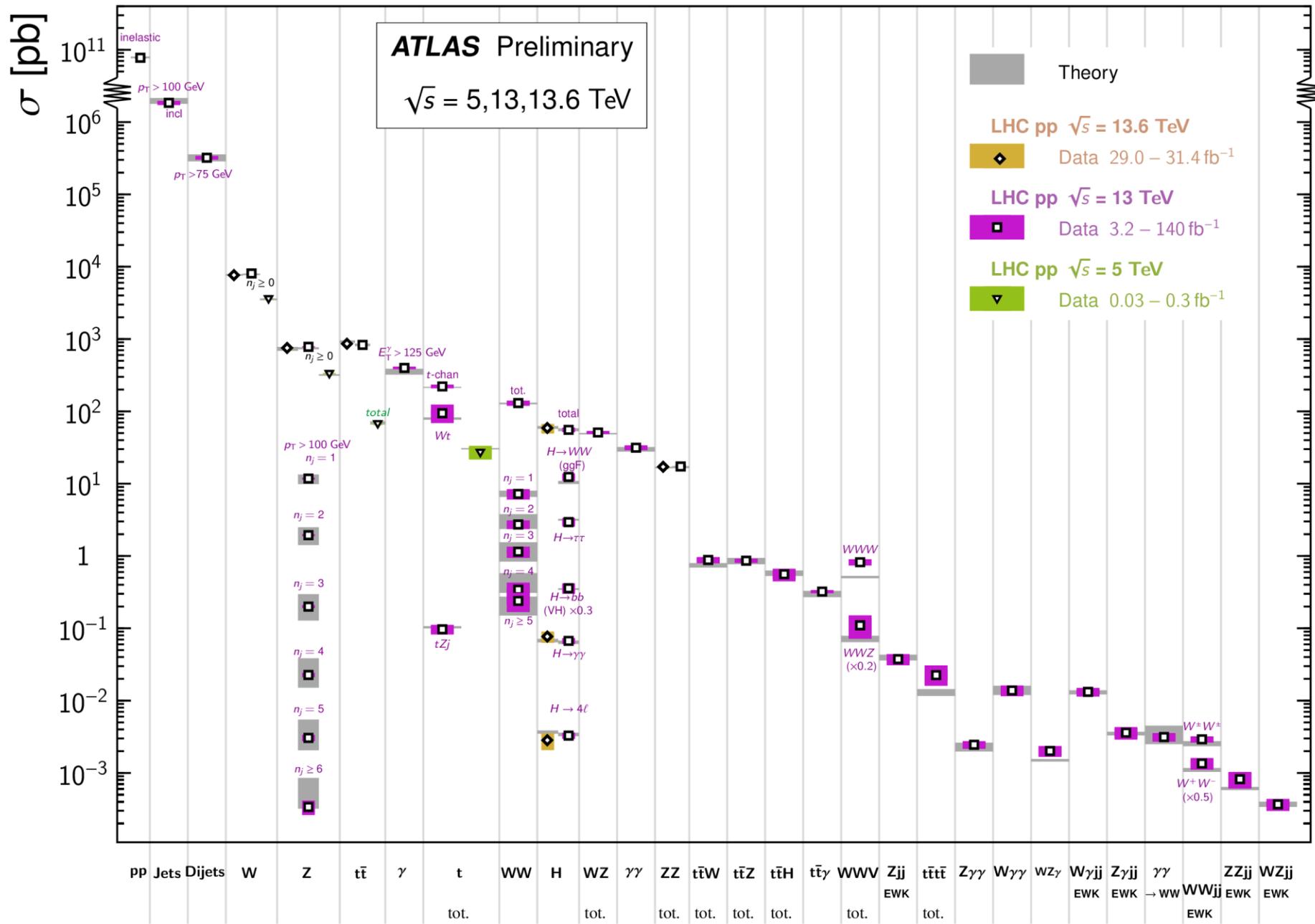
- [S.Turchikhin](#), [G.Lykasov](#) et al., Measurements of the production cross-section for a Z boson in association with b-jets in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS detector, JHEP07(2020)044
- Yu. [kultchitskiy](#), [Ptereshko](#), [E.Plotnikova](#) et al., Two-particle Bose-Einstein correlations in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV measured with the ATLAS detector at the LHC, Eur. Phys. J. C 82 (2022) 608
- [A.Lipatov](#), [G.Lykasov](#), [M.Malyshev](#), [S.Turchikhin](#), Probing the proton structure with associated vector boson and heavy flavor jet production at the LHC, [Phys.Rev.D](#) 106 (2022) 5, 054017
- [A.Lipatov](#), [G.Lykasov](#), [M.Malyshev](#), Towards the global fit of the TMD gluon density in the proton from the LHC data, [Phys.Rev.D](#) 107 (2023) 1, 014022, arXiv:2211.03727
- A.V. [Lipatov](#), G.I. [Lykasov](#), M.A. Malyshev, Refined TMD gluon density in a proton from the HERA and LHC data, [Phys.Lett.B](#) 848 (2024) 138390
- [G.I.Lykasov](#), [M.N.Sorokovikov](#), [S.J.Brodsky](#), Intrinsic charm and D+D- asymmetry produced in proton-proton collisions, arXiv:2501.02507
- [L.Maslennikov](#), [N.Hyseynov](#) et al., Measurement of the total and differential cross-sections of  $t\bar{t}W$  production in pp collisions at  $\sqrt{s}=13$  TeV with the ATLAS detector, JHEP05(2024)131

# Detector performance and simulation

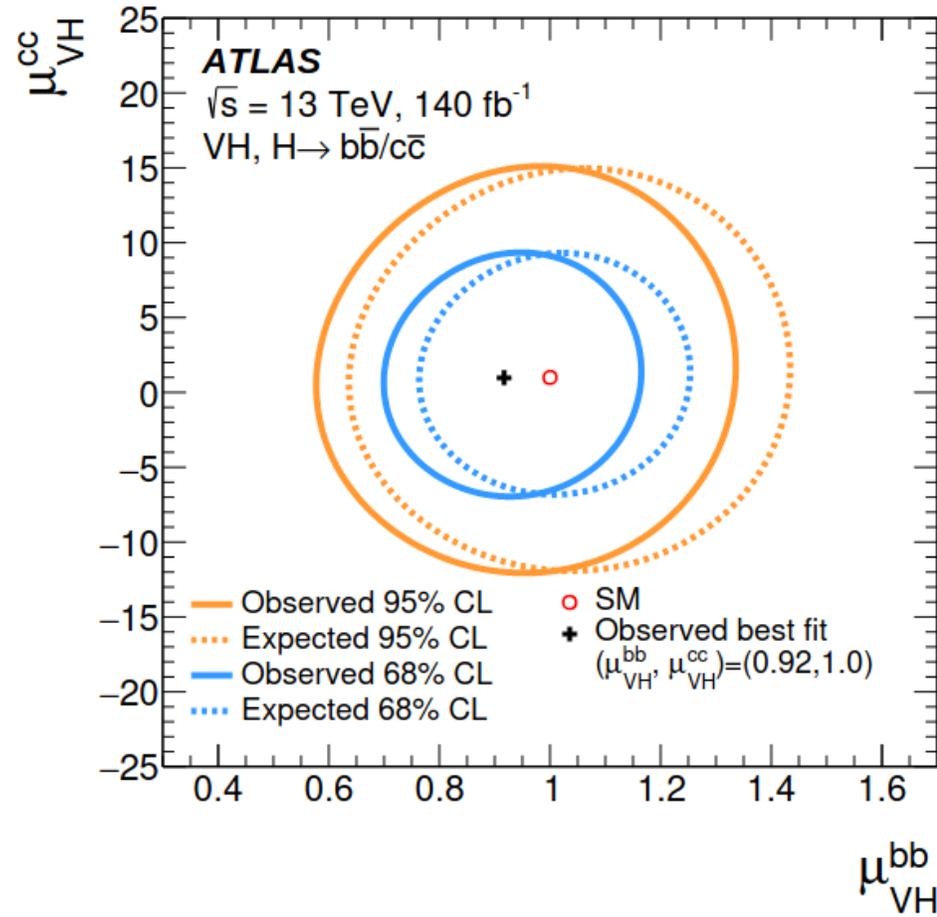
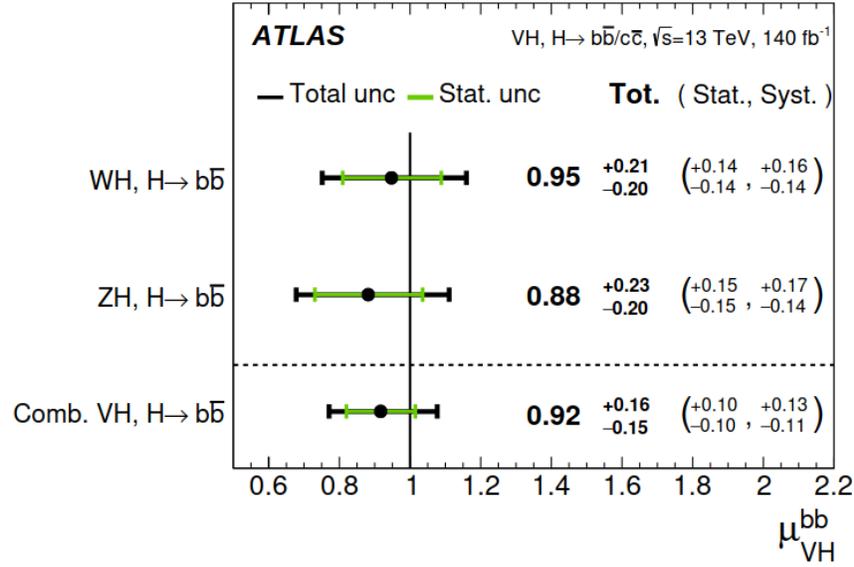
- I. Boyko, G. [Chelkov](#), E. Cherepanova, A. Gongadze, D. Kharchenko, U. [Kruchonak](#), A. Lapkin, D. [Rastorguev](#), V. Rozhkov, P. [Smolvanskiy](#) et al., Measurement of the radiation environment of the ATLAS cavern in 2017–2018 with ATLAS-GaAsPix detectors
- [S.Turchikhin](#) et al., ATLAS data quality operations and performance for 2015-2018 data-taking, JINST 15 (2020) P04003
- [I.Yeletsikh](#) et al., AtlFast3: the next generation of fast simulation in ATLAS, Computing and Software for Big Science, volume 6, Article number: 7 (2022)
- [V.Lyubushkin](#) et al., The ATLAS Trigger System for LHC Run 3 and Trigger performance in 2022, JINST 19 (2024) P06029
- [E.Soldatov](#) et al., Electron and photon efficiencies in LHC Run 2 with the ATLAS experiment, JHEP 05 (2024) 162
- S. Bondarenko, Y. [Dydyshka](#), L. Kalinovskaya, R. Sadykov, V. [Yermolchik](#), Hadron-hadron collision mode in ReneSANCe-v1.3.0, [Comput.Phys.Commun.](#) 285 (2023) 108646, arXiv:2207.04332
- S. Bondarenko, Ya. [Dydyshka](#), L. Kalinovskaya, A. Kampf, R. Sadykov, V. [Yermolchik](#), Polarized charged-current Drell-Yan process in ReneSANCe generator, arXiv:2411.11120
- [I.Alexandrov](#) et al., Deployment and Operation of the ATLAS [EventIndex](#) for LHC Run 3, EPJ Web of Conferences 295, 01018 (2024)
- [E.Alexandrov](#) et al., Towards a new conditions data infrastructure in ATLAS, EPJ Web of Conferences 295, 01013 (2024)
- E. Alexandrov, A. Formica, M. [Mineev](#), Evolution of the ATLAS CREST Conditions DB Project, Phys. Part. Nuclei, 55, 441-443

# Standard Model Production Cross Section Measurements

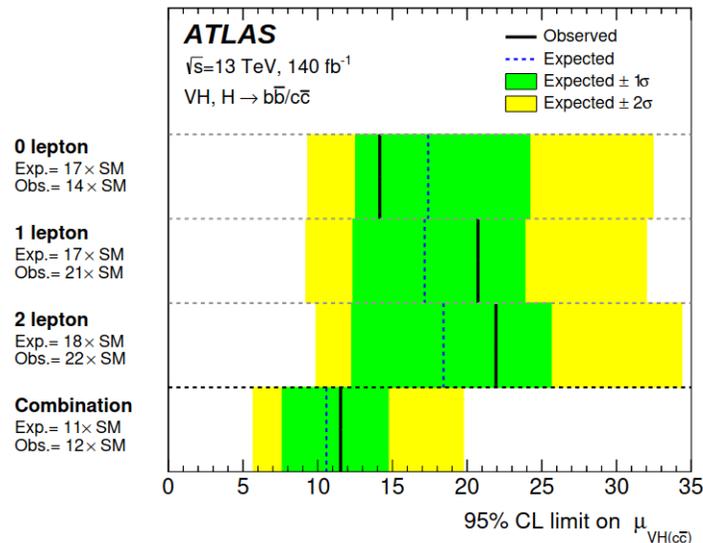
Status: June 2024



# Measurements of WH and ZH production with Higgs boson decays into bottom quarks and direct constraints on the charm Yukawa coupling



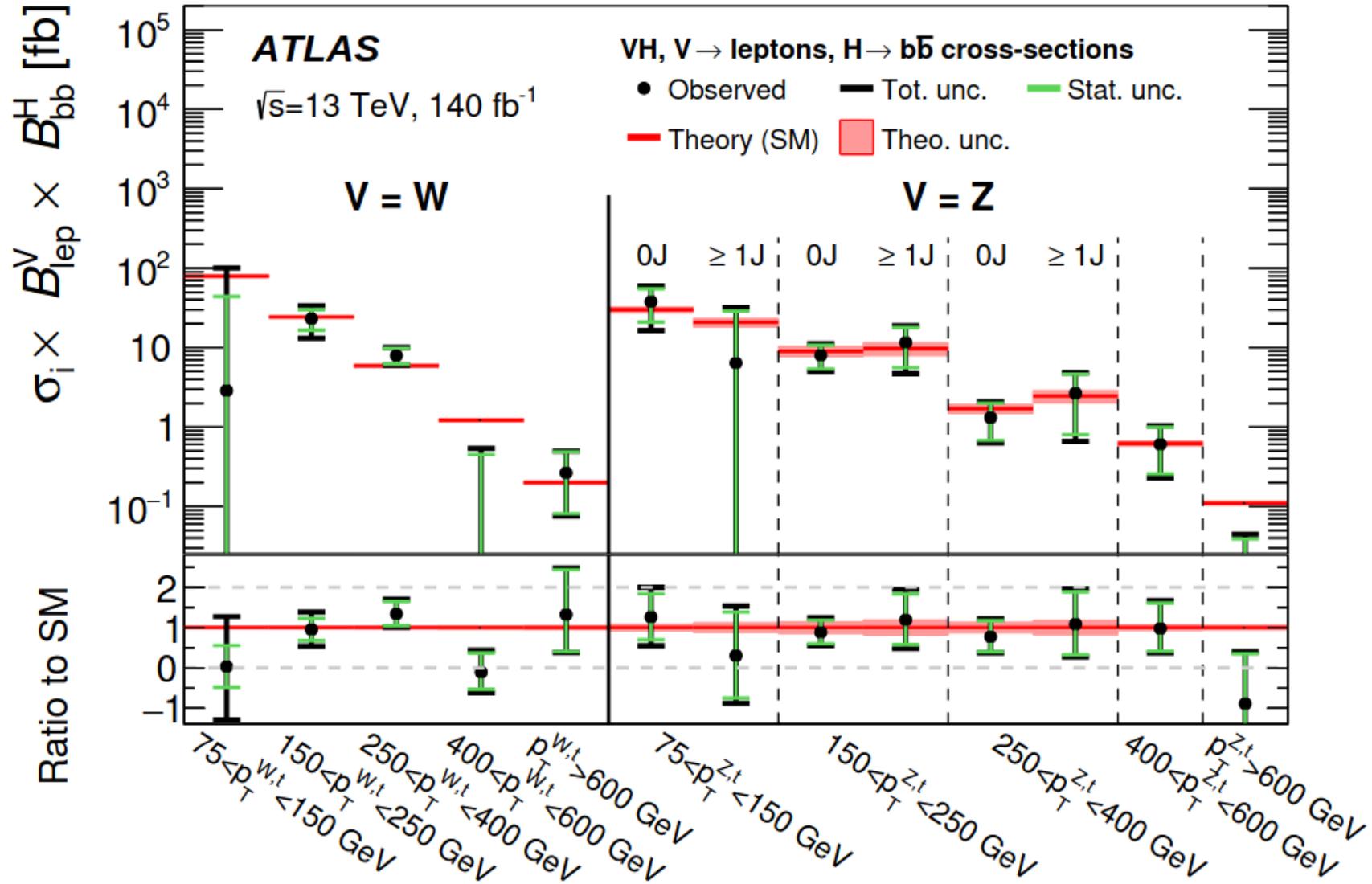
Limit is set on  $H \rightarrow cc$  signal strength relative to SM.

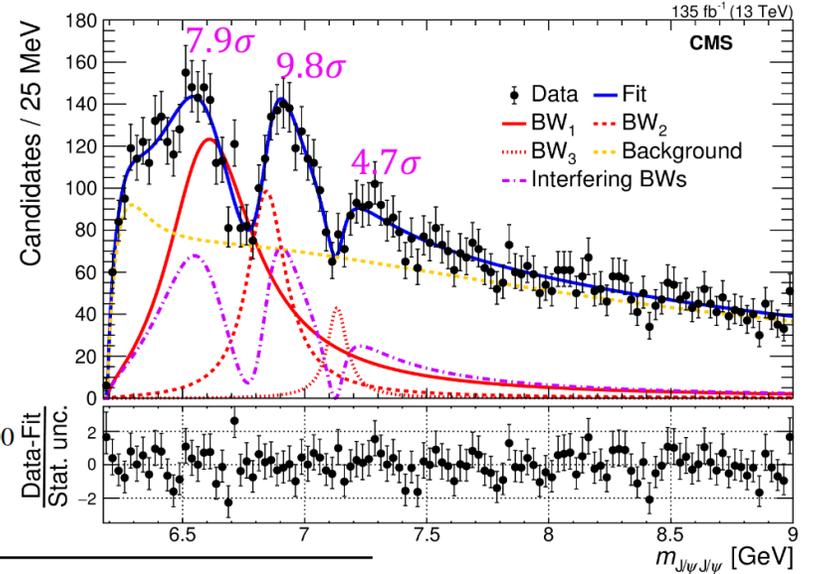
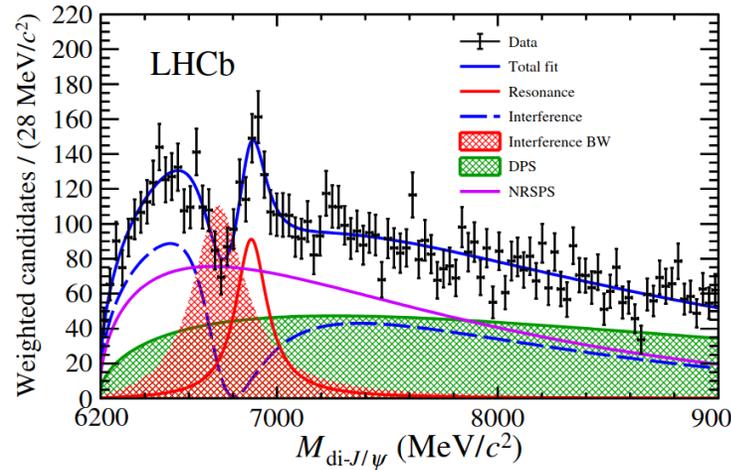
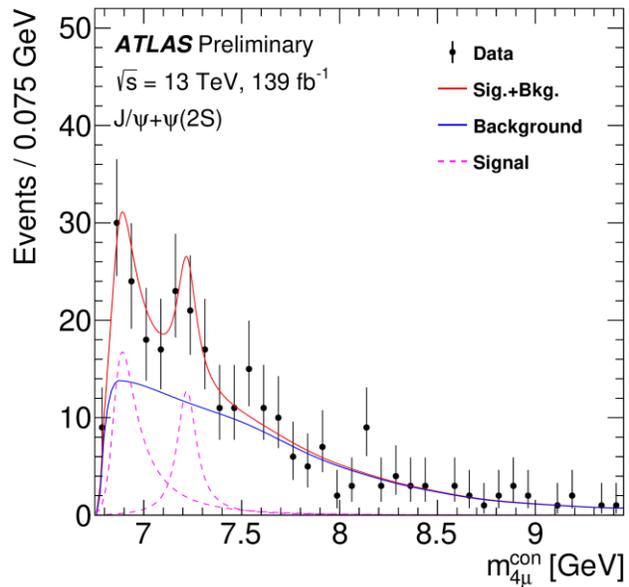
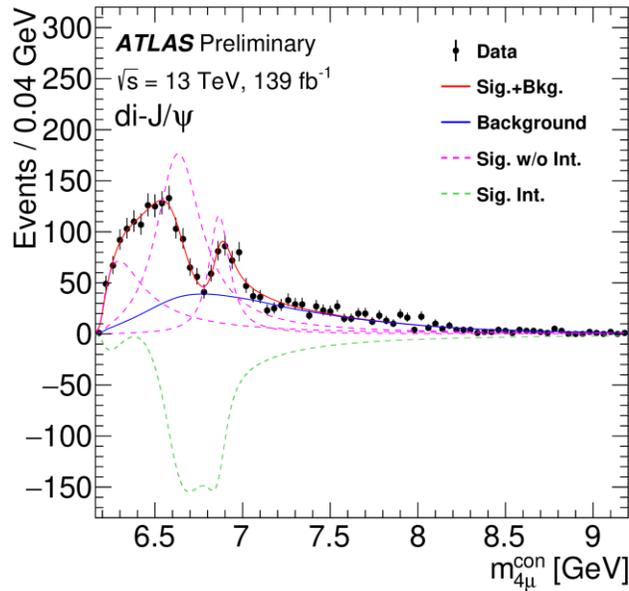


$$\mu_{VH}^{bb} = 0.92_{-0.15}^{+0.16} = 0.92 \pm 0.10 \text{ (stat.)}_{-0.11}^{+0.13} \text{ (syst.)},$$

$$\mu_{VH}^{cc} = 1.0_{-5.2}^{+5.4} = 1.0_{-3.9}^{+4.0} \text{ (stat.)}_{-3.5}^{+3.7} \text{ (syst.)}.$$

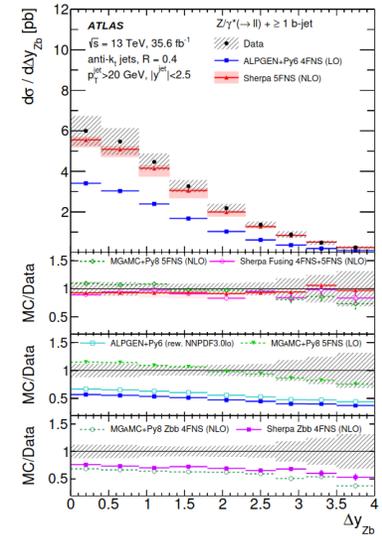
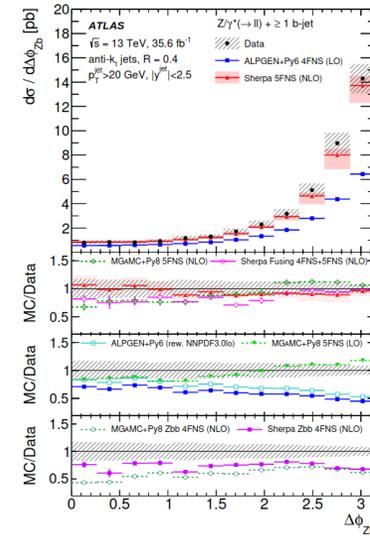
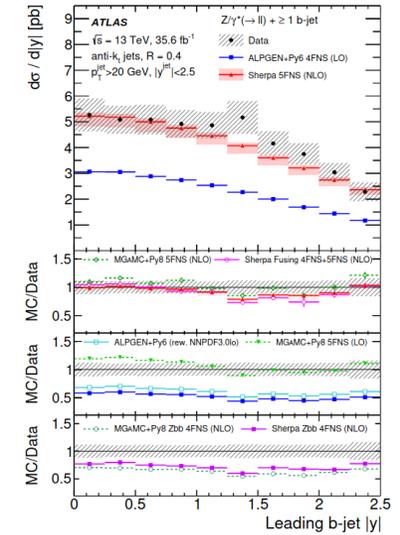
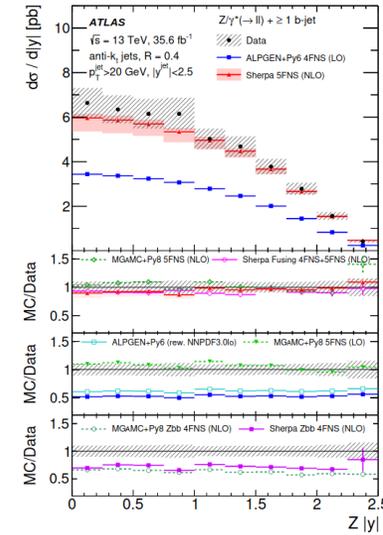
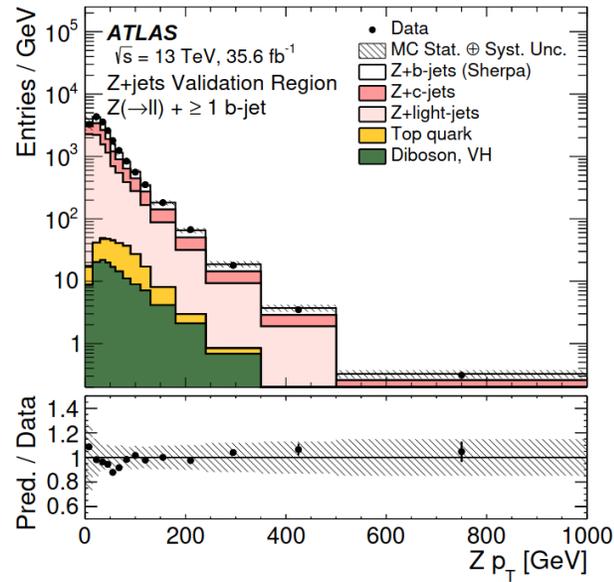
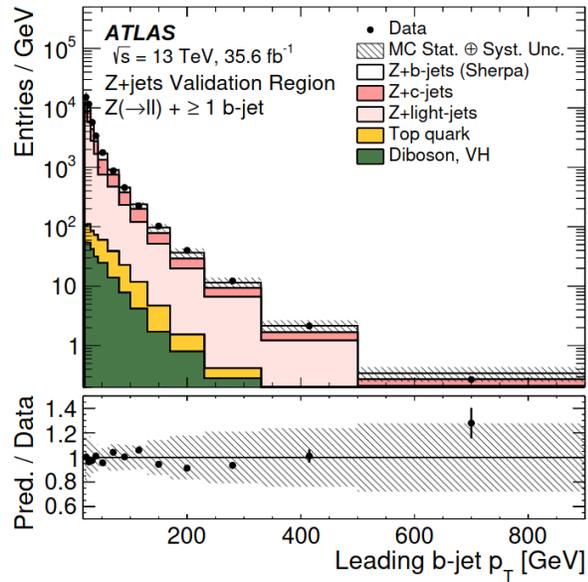
# Measurements of WH and ZH production with Higgs boson decays into bottom quarks and direct constraints on the charm Yukawa coupling



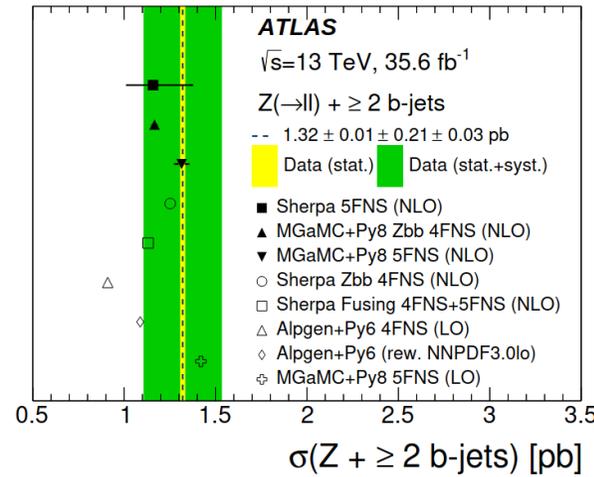
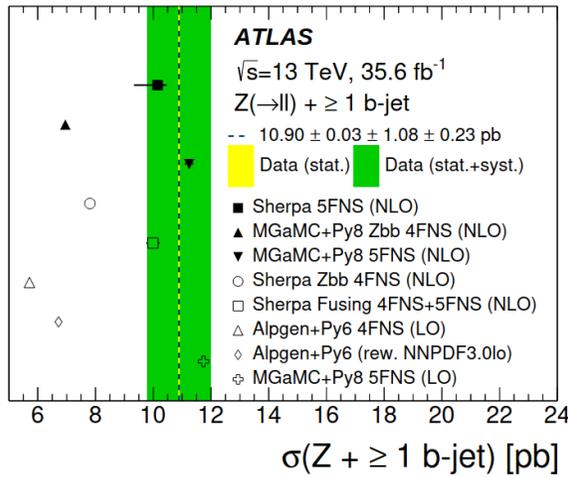


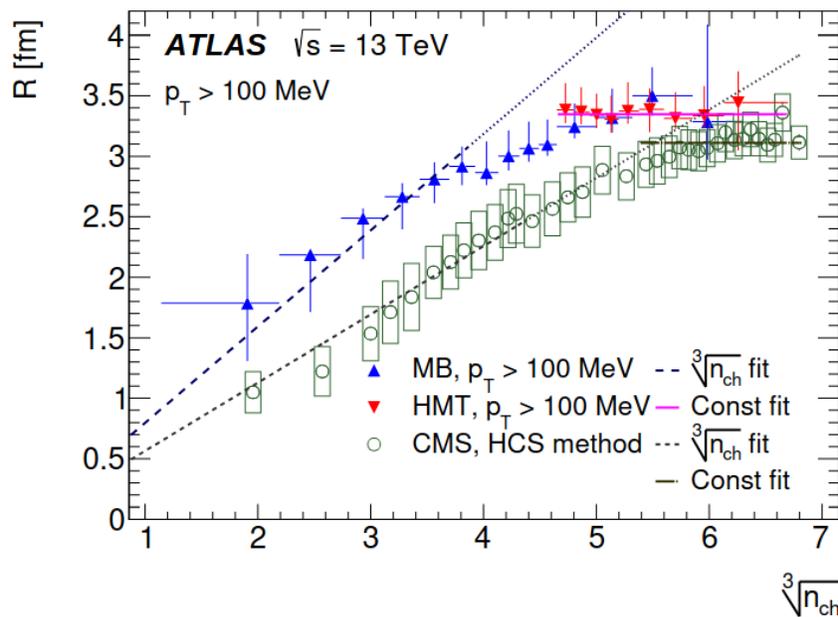
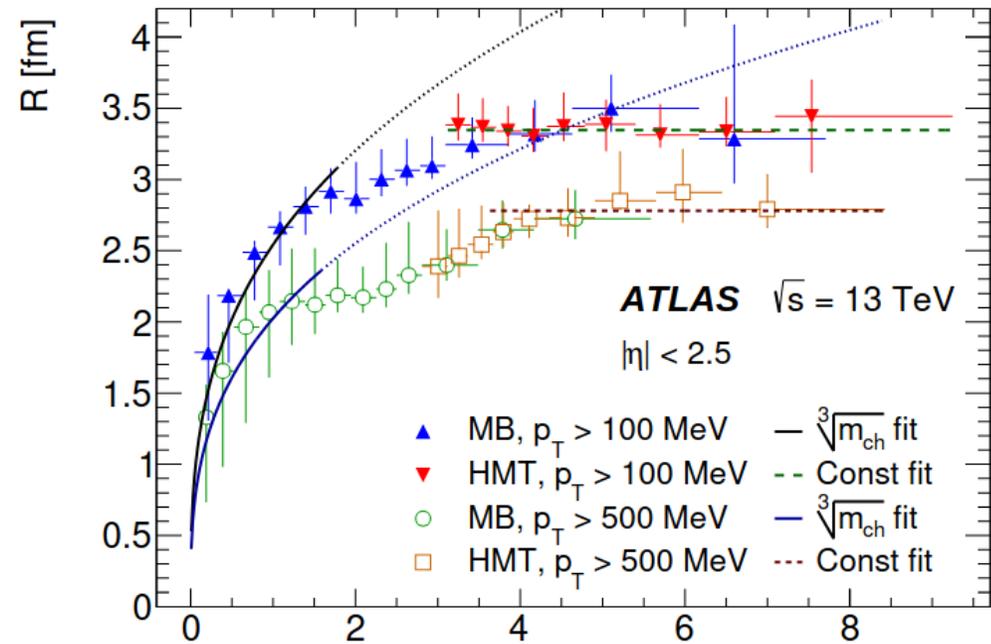
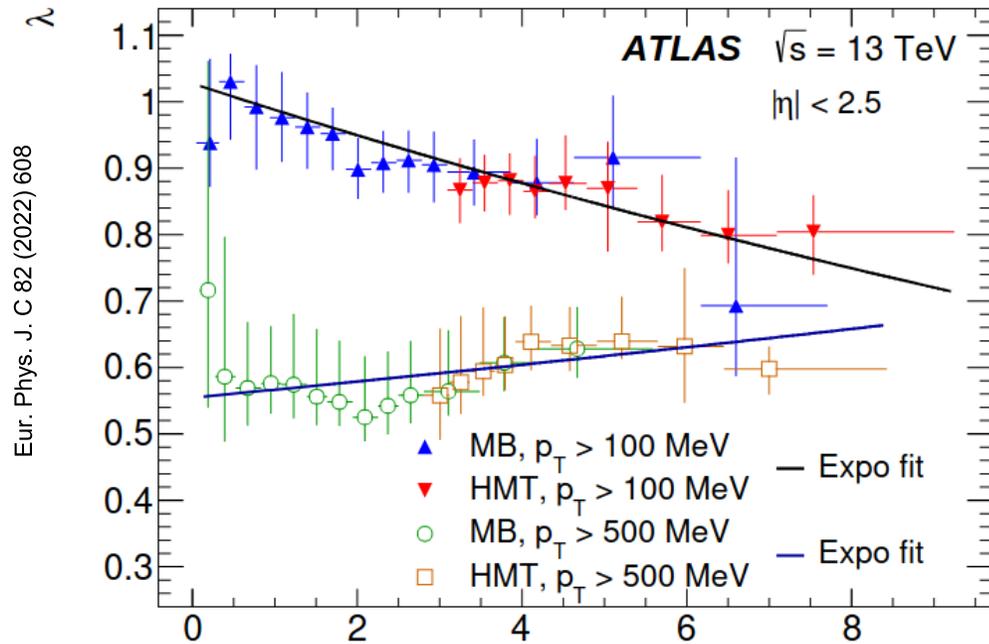
(GeV)	$m_0$	$\Gamma_0$	$m_1$	$\Gamma_1$
di- $J/\psi$	$6.22 \pm 0.05^{+0.04}_{-0.05}$	$0.31 \pm 0.12^{+0.07}_{-0.08}$	$6.62 \pm 0.03^{+0.02}_{-0.01}$	$0.31 \pm 0.09^{+0.06}_{-0.11}$
	$m_2$	$\Gamma_2$	—	—
	$6.87 \pm 0.03^{+0.06}_{-0.01}$	$0.12 \pm 0.04^{+0.03}_{-0.01}$		
(GeV)	$m_3$		$\Gamma_3$	
$J/\psi+\psi(2S)$	model A	$7.22 \pm 0.03^{+0.02}_{-0.03}$	$0.10^{+0.13+0.06}_{-0.07-0.05}$	—
	model B	$6.78 \pm 0.36^{+0.35}_{-0.54}$	$0.39 \pm 0.11^{+0.11}_{-0.07}$	—

- Наблюдение четких резонансных сигналов для X-6900 может быть объяснено вкладом очарованных тетракварков.
- Подтверждение X-7200 требует большей статистики.
- Спин-четность пока не изучены – требуется анализ угловых переменных
- Продолжается поиск других каналов распада



JHEP 07 (2020) 044





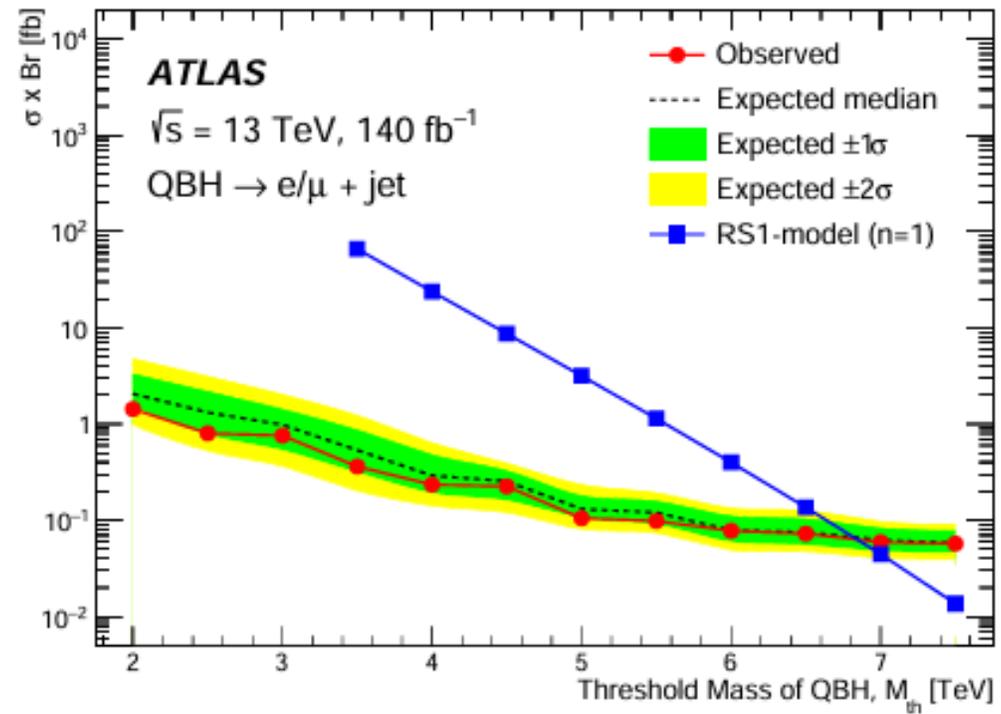
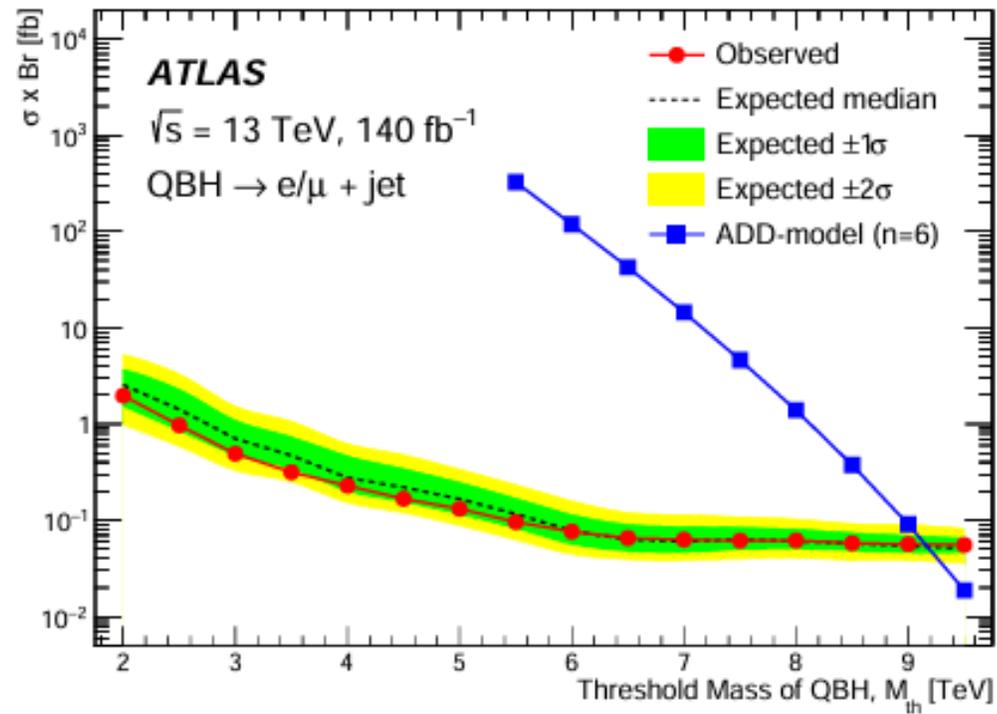
$m_{ch}$

Параметры Бозе-Эйнштейновских корреляций измерены для Min Bias и High Multiplicity триггеров.

Для событий с большой множественностью корреляционный радиус (размер источника) насыщается при величине:

$$R = 3.35^{+0.20}_{-0.09} \text{ (total) fm}$$

Аналогичный эффект виден и в данных CMS

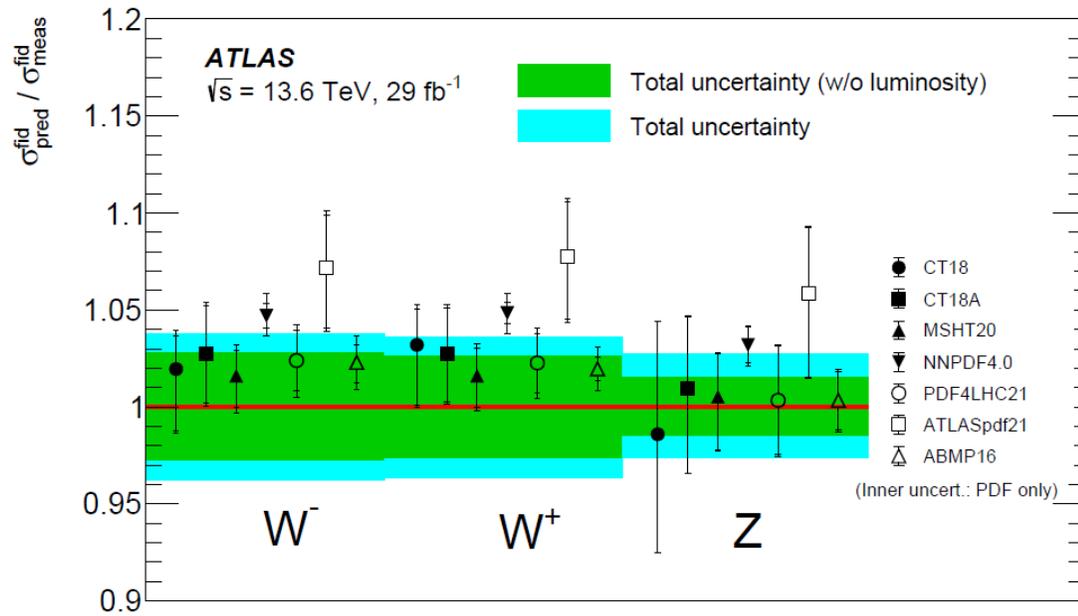


Phys. Rev. D. 109 (2024) 032010

Channel	ADD		RS1		Model-independent $\sigma(m_{inv} > 5 \text{ TeV}) \times Br$ [fb]
	$\sigma \times Br$ [fb]	$M_{th}$ [TeV]	$\sigma \times Br$ [fb]	$M_{th}$ [TeV]	
Electron+jet	0.091	9.0	0.099	6.6	0.095
Muon+jet	0.083	9.0	0.087	6.7	0.084
Combined	0.056	9.2	0.061	6.8	0.052

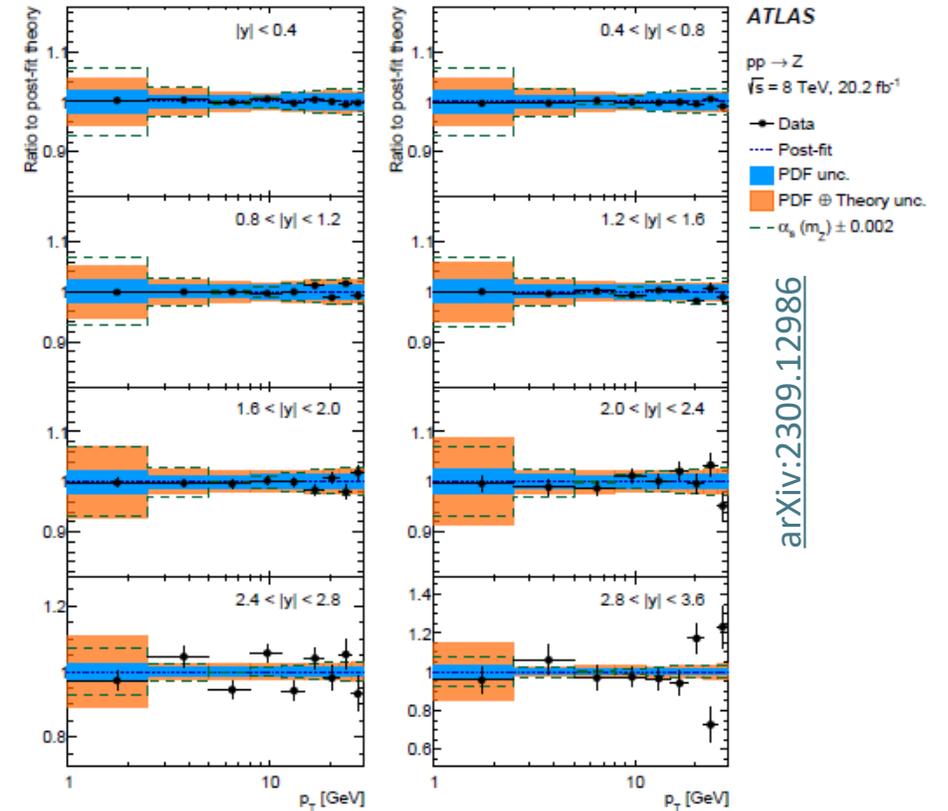
Новые пределы на массу/сечение QBH получены в модельно-зависимом и независимом подходах

- Созданы Монте-карло генераторы и библиотеки радиационных поправок: **DIZET, MCSANC, ReneSANCe**
- Они использовались для изучения SM процессов в эксперименте ATLAS и других экспериментах



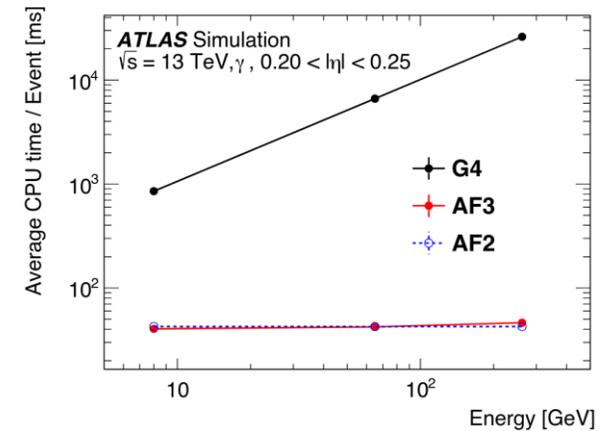
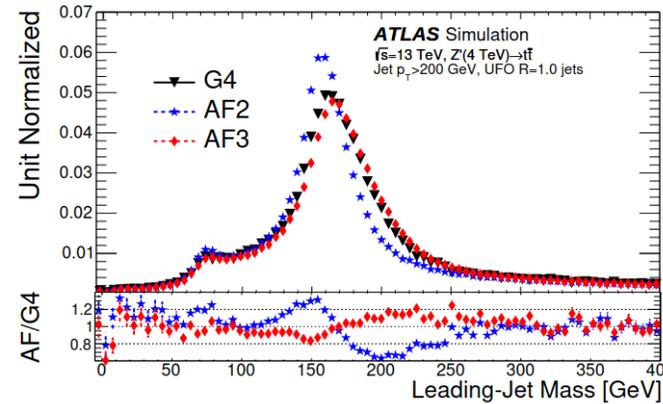
Physics Letters B 854:138725

Сечения рождения векторных бозонов получены с помощью генератора ReneSANCe

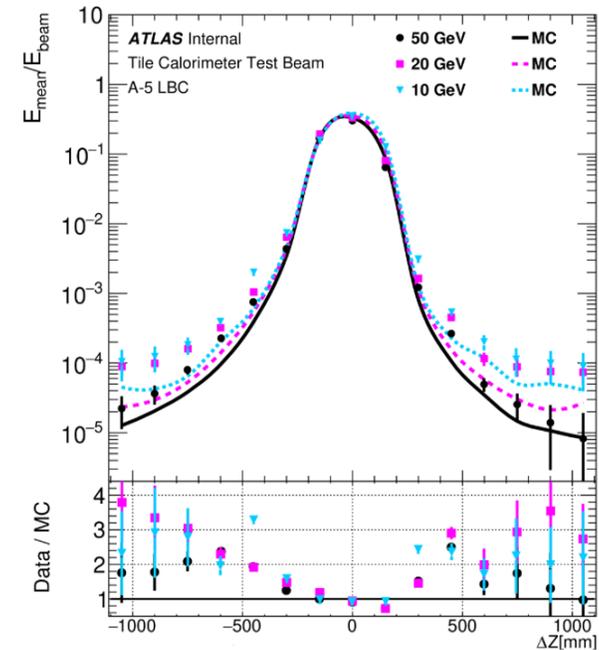
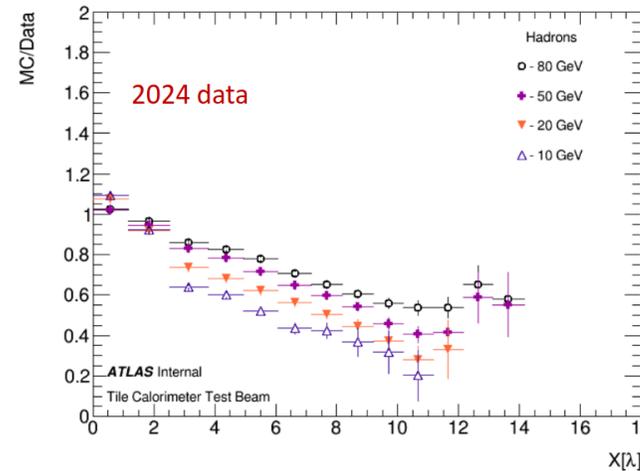


The determined value of the strong coupling at the reference scale corresponding to the Z-boson mass is  $\alpha_s(m_Z) = 0.1183 \pm 0.0009$ . This is the most precise experimental determination of  $\alpha_s(m_Z)$  achieved so far.

ОИЯИ внес вклад в развитие программы симуляции отклика калориметра в быстром монте-карло – Atlfast-3, более качественном по сравнению с AF2, при тех же затратах CPU



Измерения на тестовом пучке SPS продольного и поперечного профиля адронного ливня и получение корректировочных поправок и оптимизация отбора событий из сравнения с монте-карло симуляцией отклика.



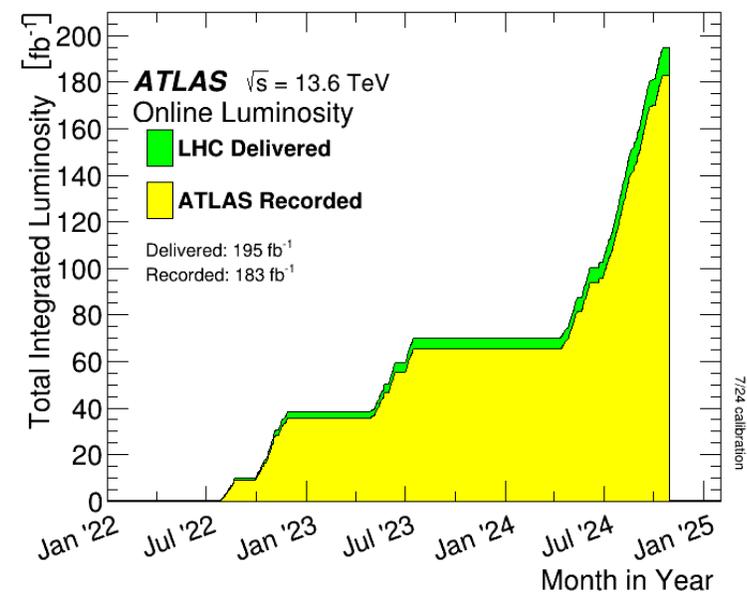
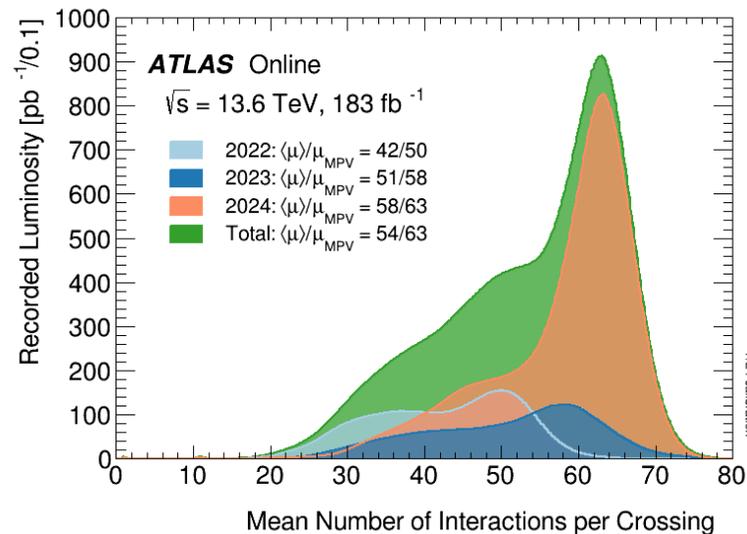
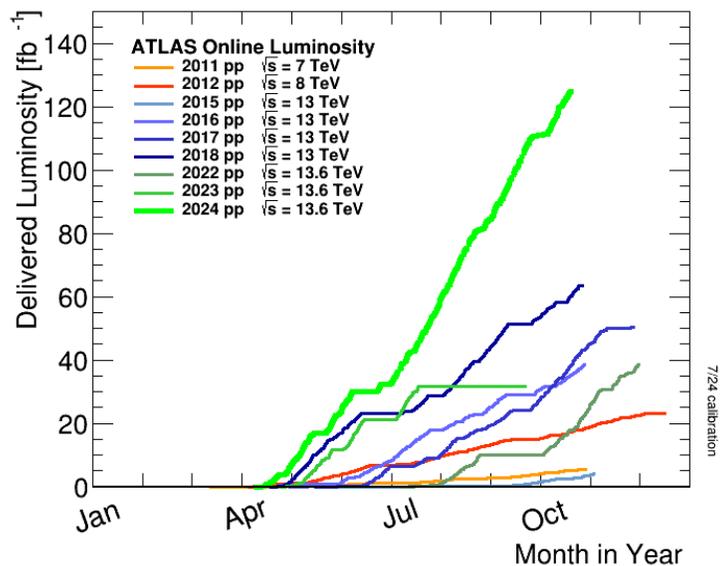
В 2025 мы получили грант «ATLAS software development grant» для создания программных продуктов по калибровке отклика детектора для электронов и идентификации электронов и фотонов.

# Conclusions

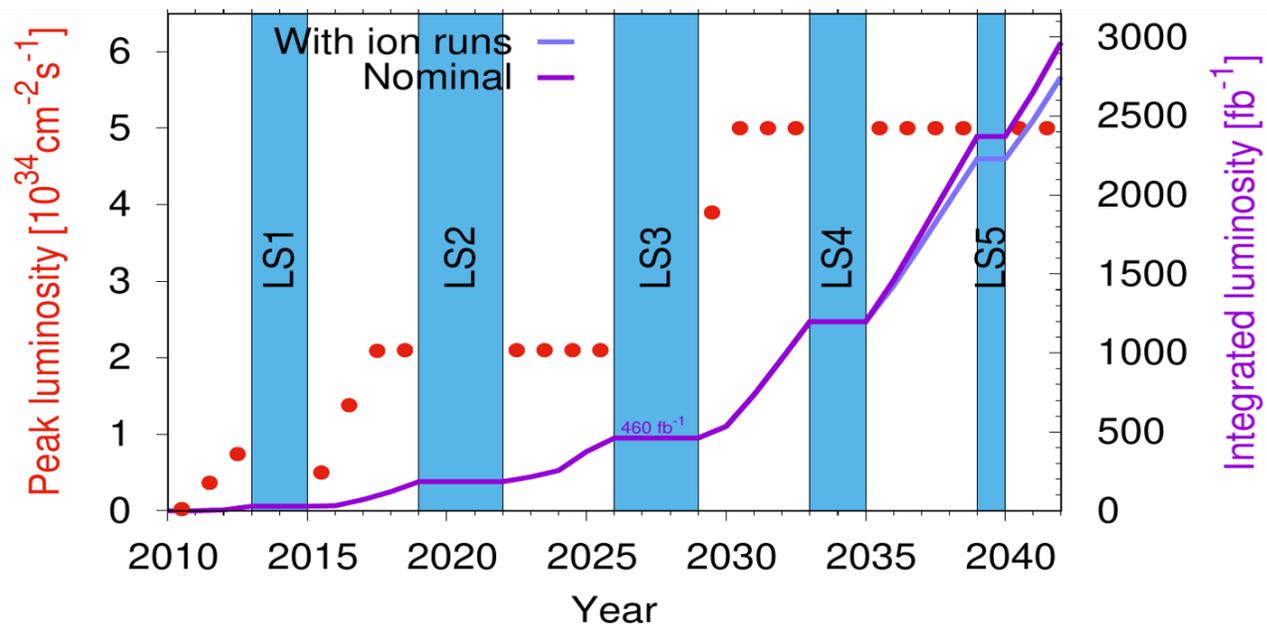
---

- В 2019–2025 годах мы продолжили участие в физической программе ATLAS: физика Хиггса, физика SM, B-физика, экзотика и т. д. С определяющим вкладом физиков ОИЯИ было получены несколько высококлассных результатов. Более детальные планы представлены в [дополнительных](#)-слайдах.
- В последние годы мы пытались расширить свое участие в разработке программного обеспечения.
- Новые данные Run3 позволят повысить точность многих измерений (для физики Хиггса, адронных спектров в SM процессах и др.)
- Еще больше ожиданий от статистики, полученной в RUN4 на высокой светимости LHC.
- Опыт анализа данных, разработки программного обеспечения и оборудования, полученный в ATLAS, используется в других проектах ОИЯИ (Baikal-GVD, MPD, SPD и т. д.).
- 12 новых членов из других институтов активно работают над физическим анализом.
- Преодоление трудностей с приемом новых пользователей в ЦЕРН является одной из первоочередных задач на будущее.

# LHC operation

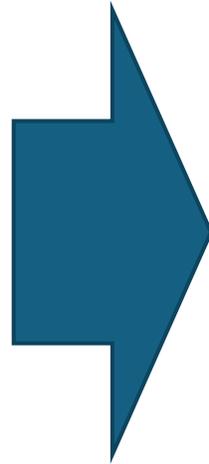
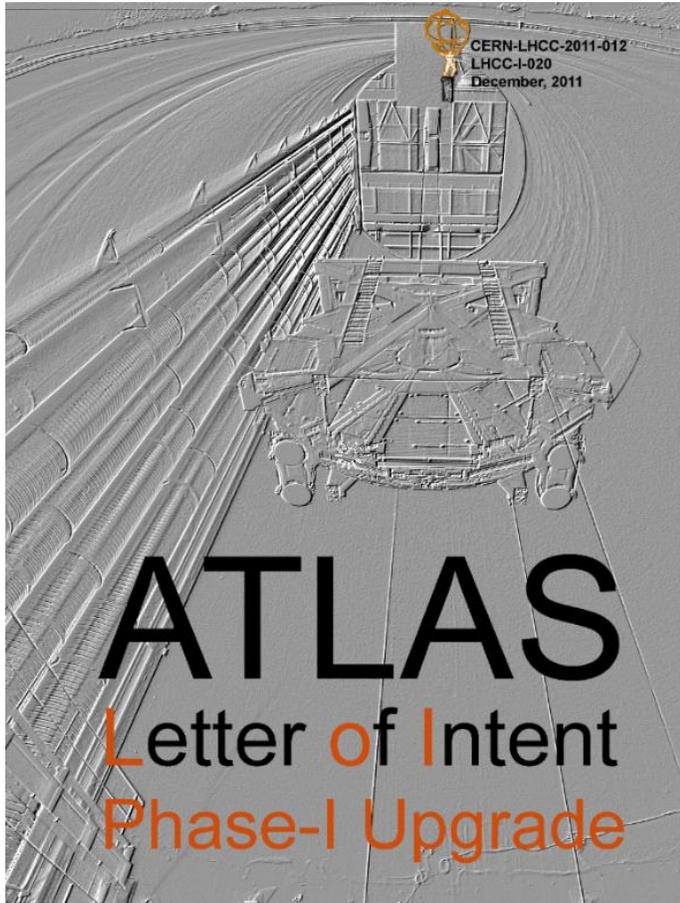


# HL-LHC operation

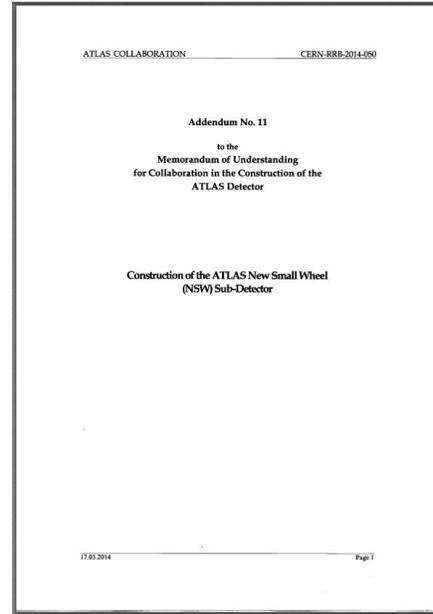


Run	Year	Reference PU	Reference (fb <sup>-1</sup> )	New Baseline PU	New Baseline (fb <sup>-1</sup> )
4	2030	100	32	100	32
	2031	132	206	132	206
	2032	132	237	132	237
	2033	132	234	132	234
5	2036	132	208	170	239
	2037	132	271	170	311
	2038	132	276	170	317
	2039	132	276	170	317
	2040	132	229	170	262
	2041	132	284	170	325
Sum Run 4 Run 5			2251		2480
Sum all runs (+520)			2771		3000

# Участие ОИЯИ в Фазе-1 программы модернизации ATLAS (2013-2022)



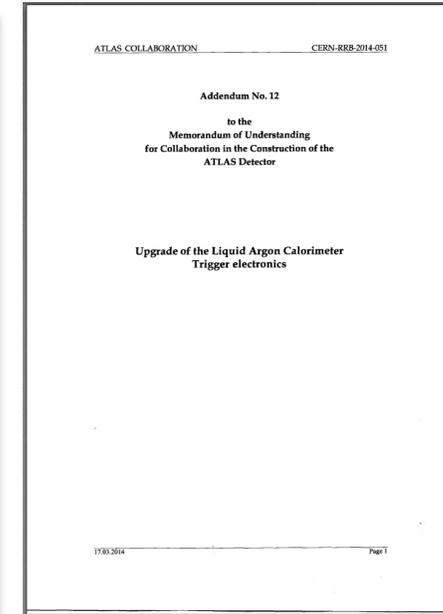
## MUON



### Muon Spectrometer – NSW project:

- Infrastructure development
- Production of large Micromegas quadruplets
- NSW assembly and commissioning

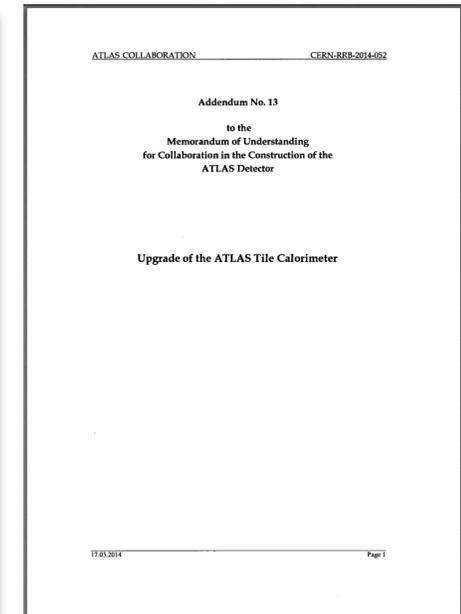
## LAr



### Liquid Argon Calorimetry:

- Design of baseplane and preshaper
- Radiation tests and
- Simulation of signal degradation

## TILE



### TILE scintillator calorimeter:

- Min.bias trigger modules
- Development of new electronics for the readout Demonstrator

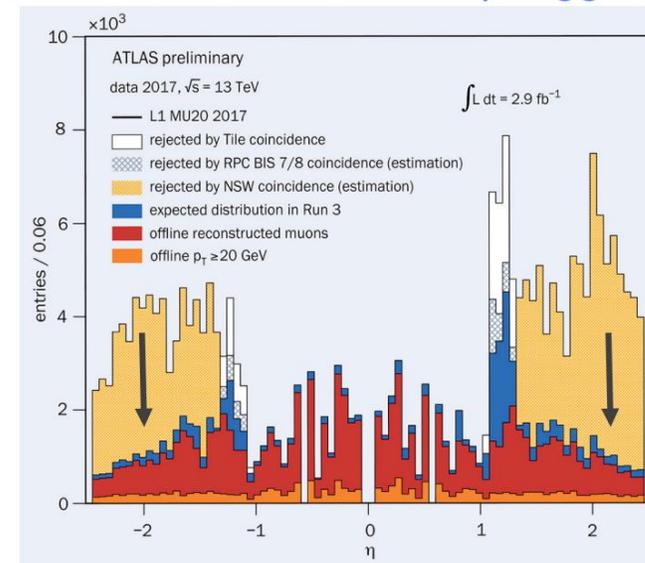


# Микромегас технология освоена в ОИЯИ. Результаты.

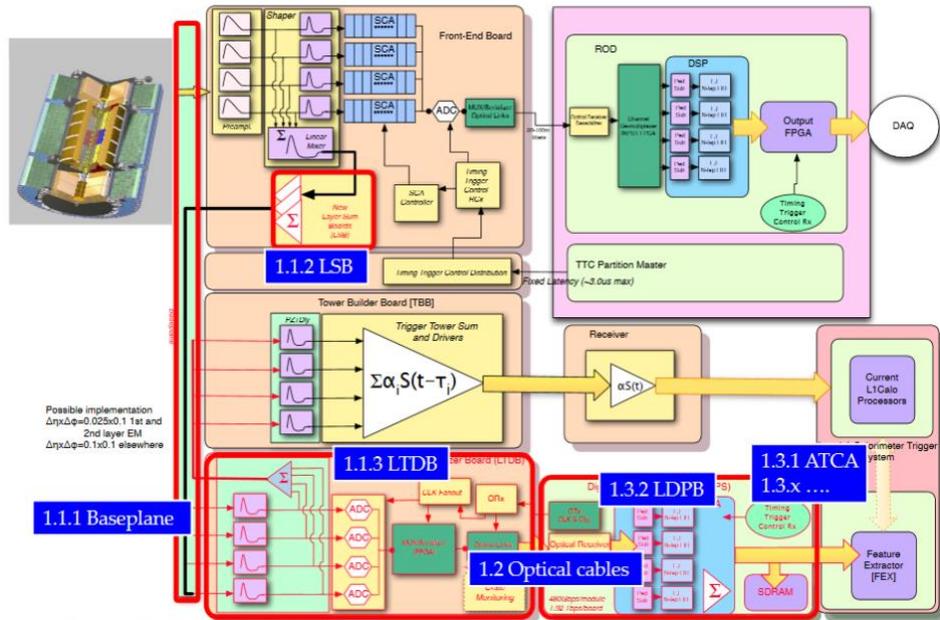


Эффективность > 95%  
Ложный триггер < 1%

## NSW: Reduction of fake $\mu$ triggers



# Фаза-1 модернизации жидкоаргоновых калориметров (LAr)

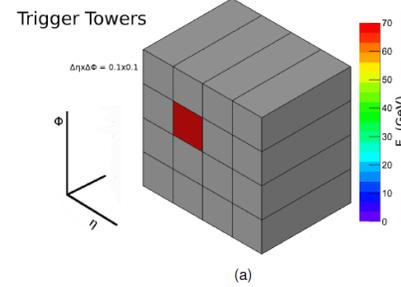


■ New elements are highlighted in RED

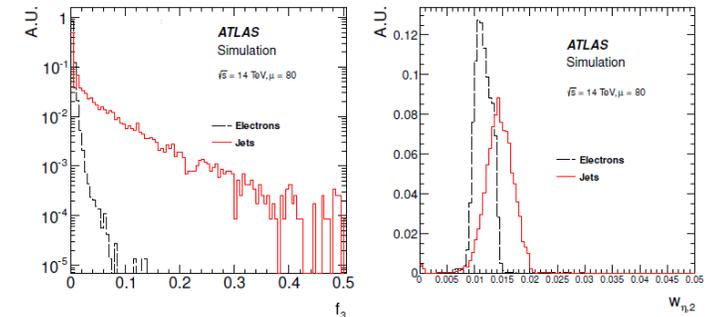
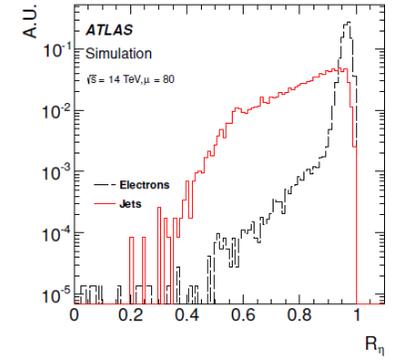
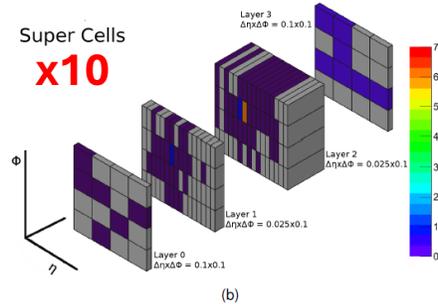
2019/05/23

H. Chen, L. Hervás - Liquid Argon Week

## Electron, $E_T = 70\text{GeV}$

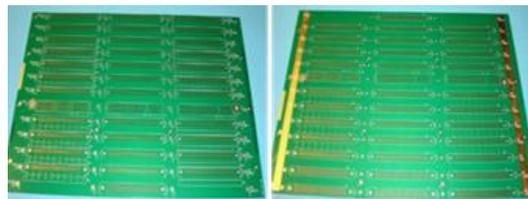


Super Cells  
**x10**

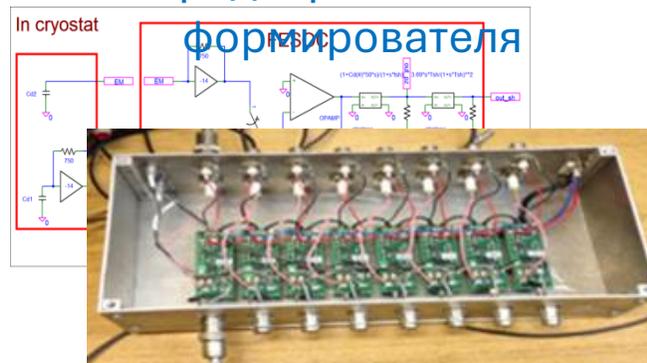


## Вклад ОИЯИ:

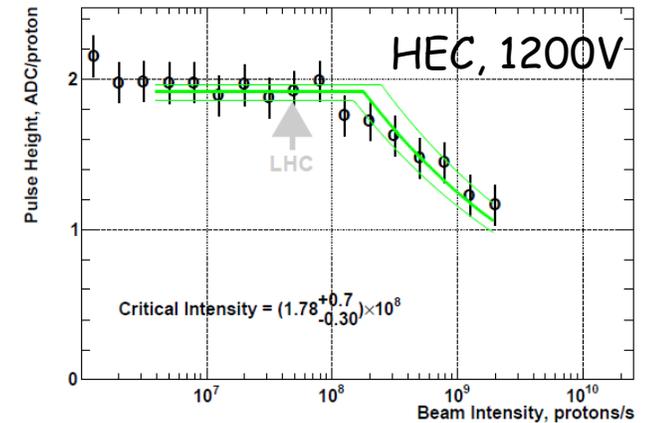
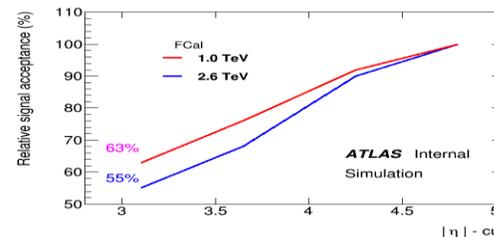
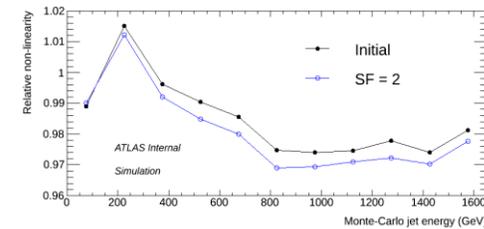
Разработка базовой платы



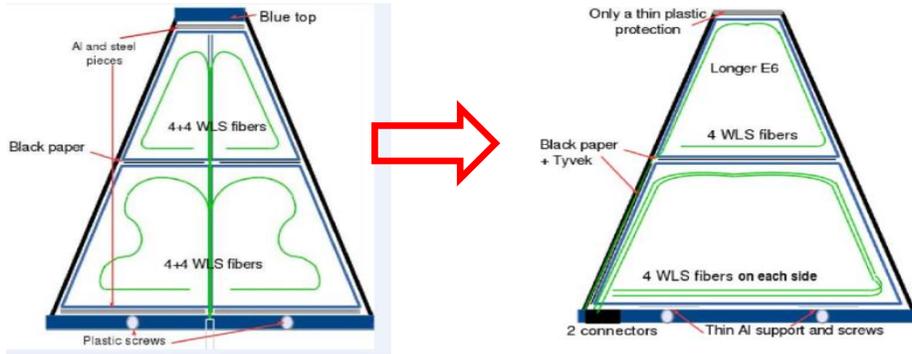
Разработка предварительного формирователя



## Монте-Карло и облучение мини-модулей

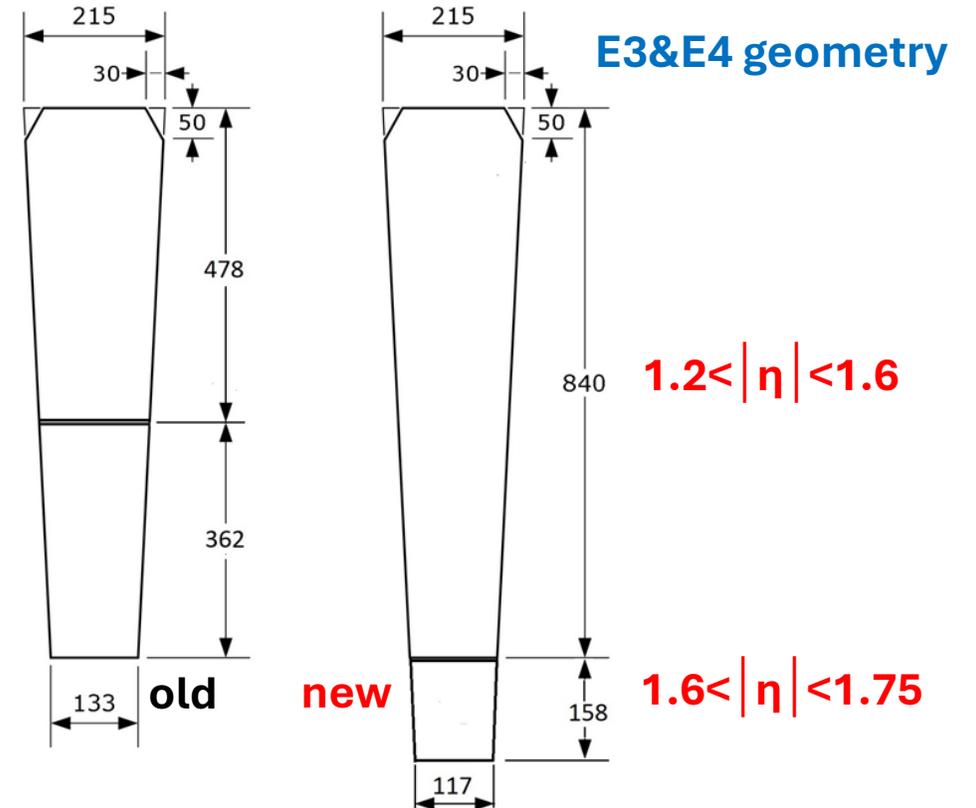
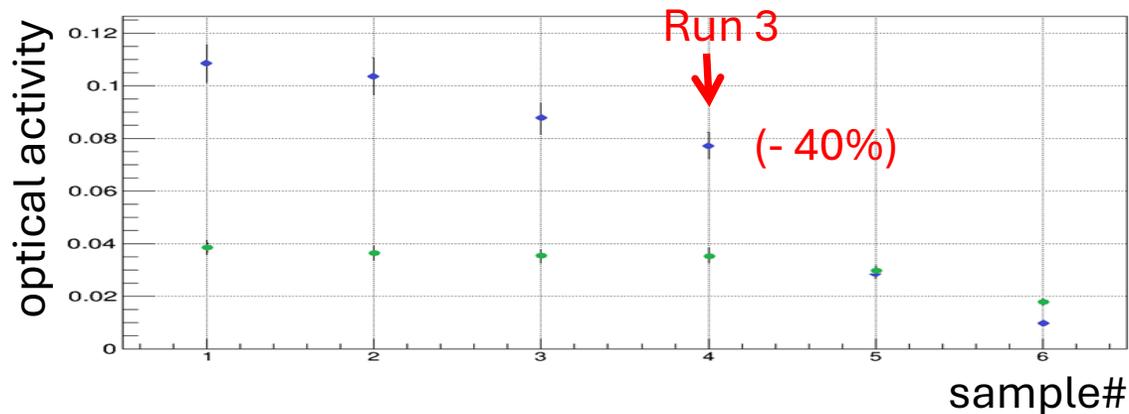


# Фаза-1 модернизации сцинтиляционного калориметра (Tile)

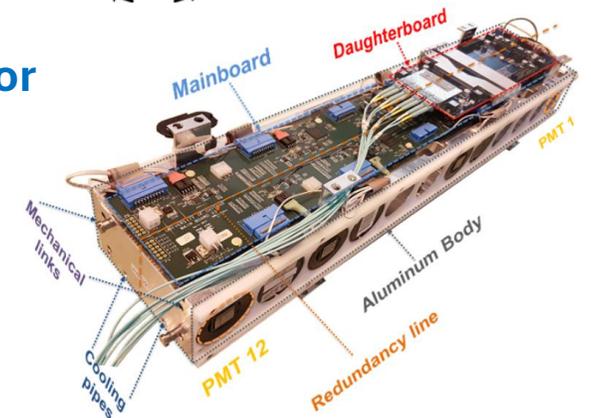


New rad.hard. scintillators (Kharkov, Ukraine):  
 UPS-923A (425nm) and "Green" (530nm) at IBR-2M

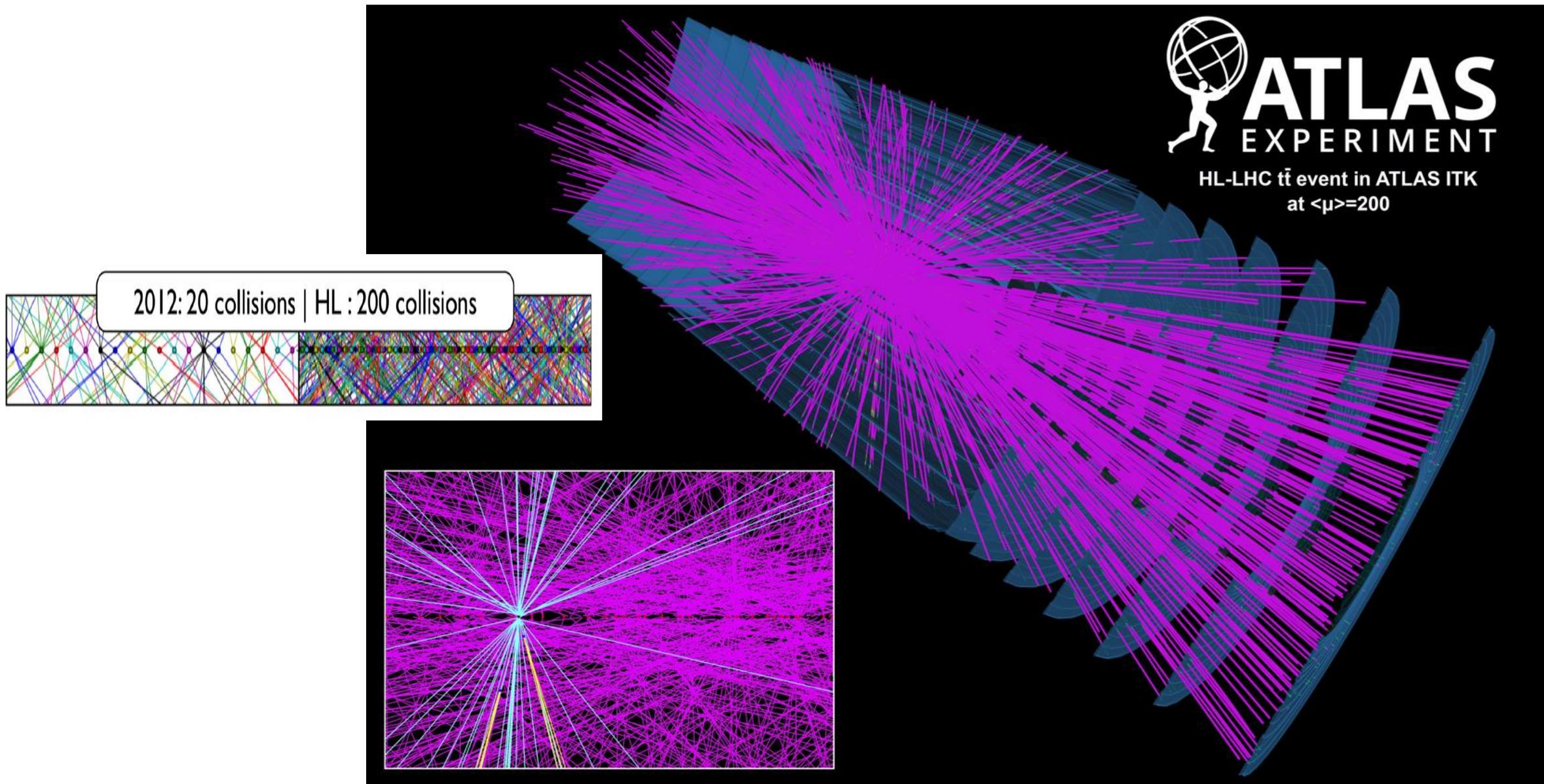
Sample#	1	2	3	4	5	6
n-fluence, n/cm <sup>2</sup>	0	2.1x10 <sup>12</sup>	3x10 <sup>13</sup>	2.8x10 <sup>14</sup>	2.6x10 <sup>15</sup>	1.7x10 <sup>16</sup>



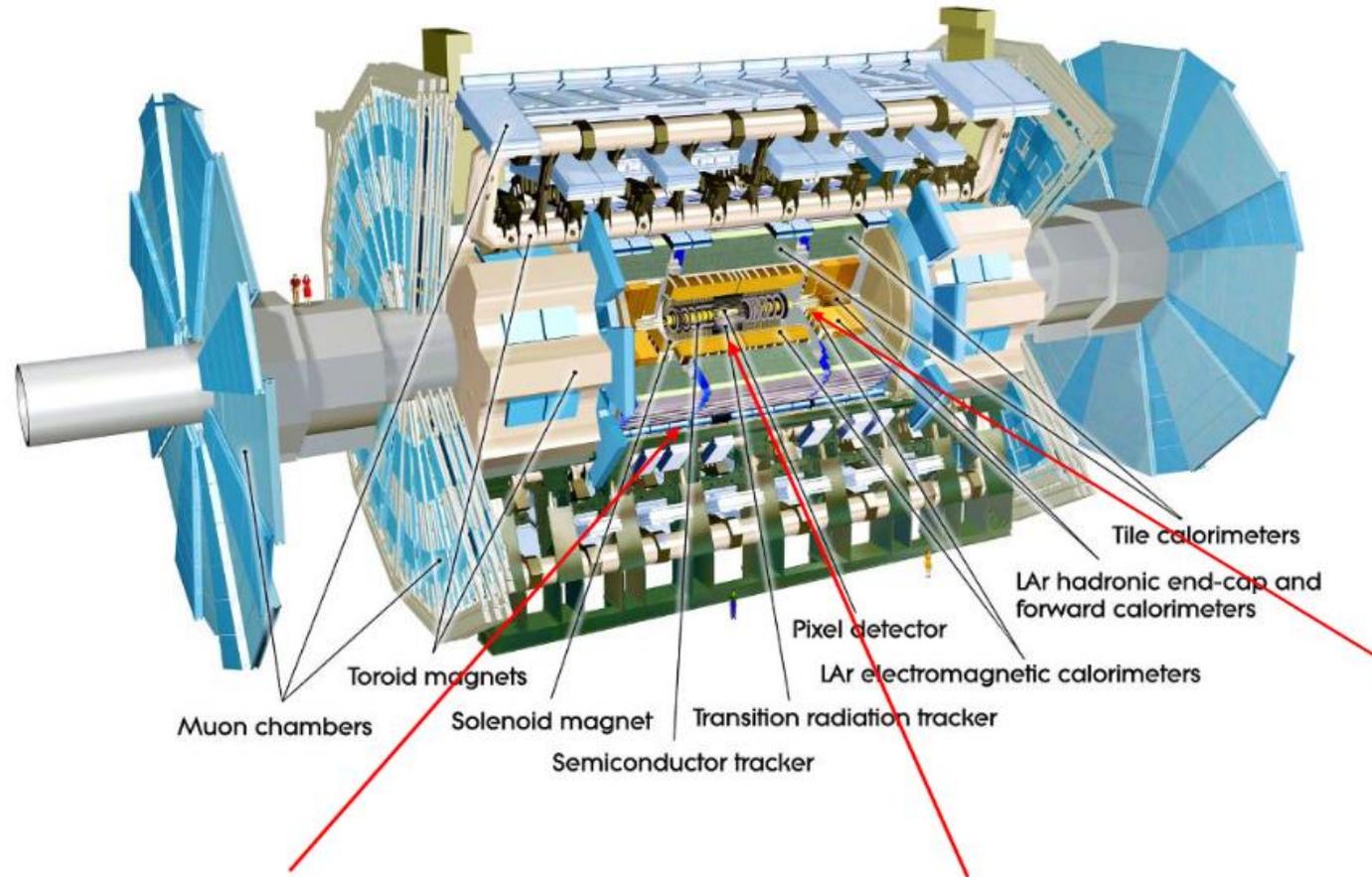
TILE Demonstrator (Фаза-2)



$t\bar{t}$  - событие в центральном треkere в условиях HL-LHC ( $\langle\mu\rangle = 200$ )



# Схема основных обновлений детектора ATLAS для HL-LHC



## Upgraded Trigger and Data Acquisition system

Level-0 Trigger at 1 MHz  
Improved High-Level Trigger  
(150 kHz full-scan tracking)

## Electronics Upgrades

LAr Calorimeter  
Tile Calorimeter  
Muon system

## High Granularity Timing Detector (HGTD)

Forward region ( $2.4 < |\eta| < 4.0$ )  
Low-Gain Avalanche Detectors (LGAD)  
with 30 ps track resolution

## New Muon Chambers

Inner barrel region with new  
RPC and sMDT detectors

## New Inner Tracking Detector (ITk)

All silicon, up to  $|\eta| = 4$

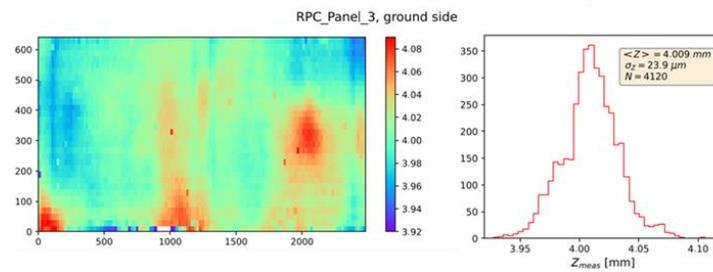
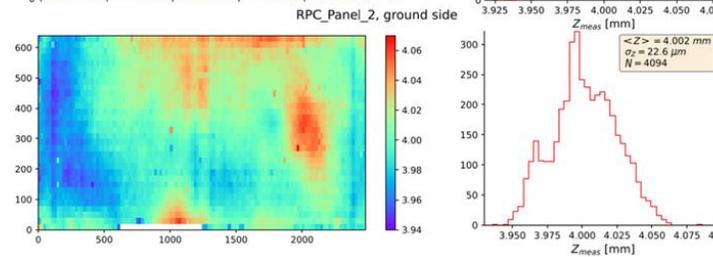
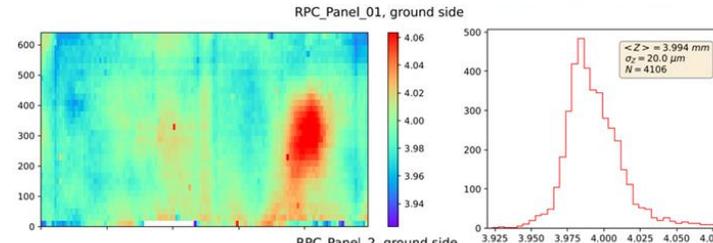
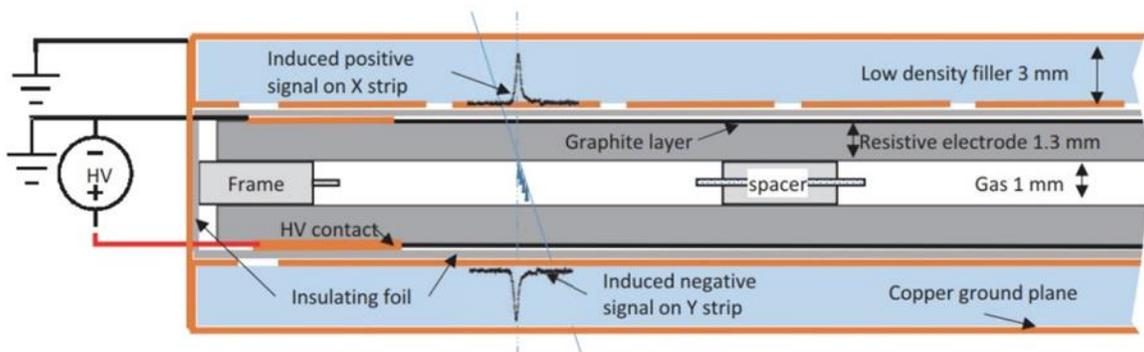
## Additional small upgrades

Luminosity detectors (1% precision goal)  
HL-ZDC

# Фаза-2 модернизации мюонного спектрометра (RPC)

Разработка и производство новых резистивных плоских камер (RPC) для мюонного спектрометра ATLAS. Это включает в себя, в частности:

- Сборку и тестирование RPC синглетов;
- Производство и тестирование стриповых панелей;
- Проектирование, производство, монтаж газовой системы;
- Проектирование, производство и монтаж распределения электропитания;
- Ввод детекторов в эксплуатацию на поверхности, монтаж в шахте и окончательный ввод в эксплуатацию.



MEAN 3.994 mm  
RMS 20 μm  
Max/Min ±75 μm

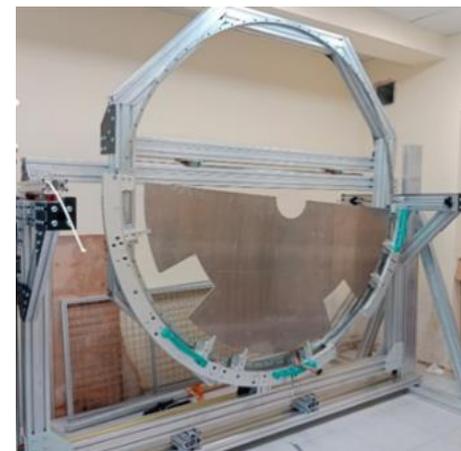
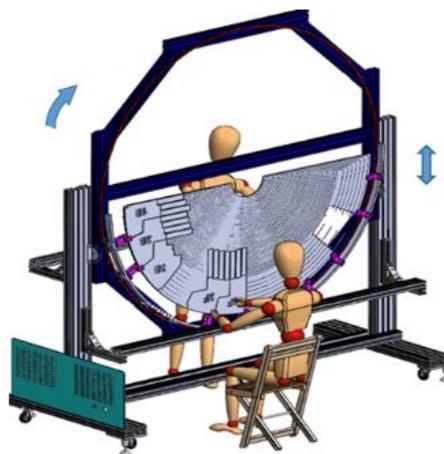
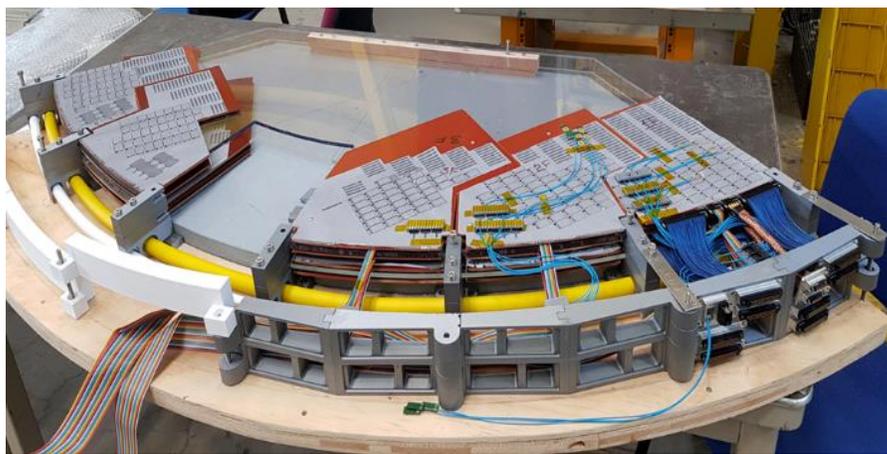
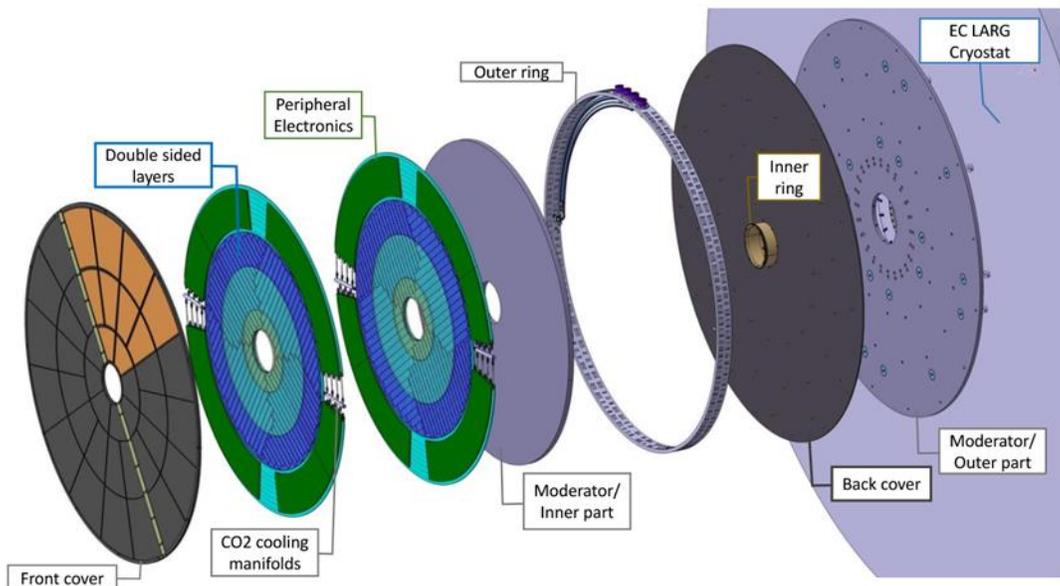
MEAN 4.002 mm  
RMS 23 μm  
Max/Min ±75 μm

MEAN 4.009 mm  
RMS 24 μm  
Max/Min ±95 μm

# Фаза-2 - Высокогранулярный временной детектор (HGTD)

Обязательства ОИЯИ:

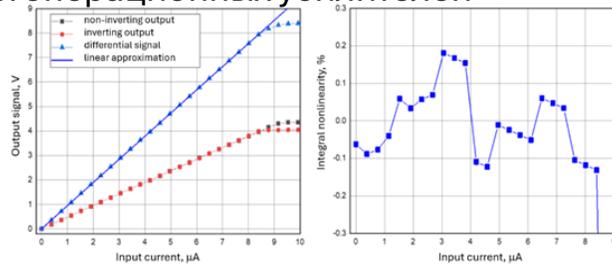
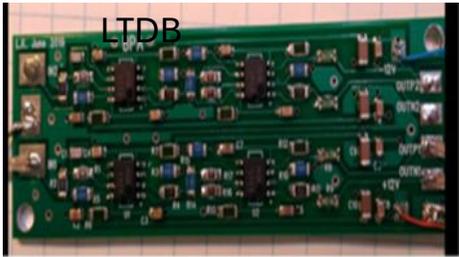
- Разработка и производство системы DCS;
- Проектирование, разработка, производство и тестирование инструментального стенда для полудиска;
- Проектирование, разработка, производство и тестирование приспособления для установки полудиска;
- Участие в сеансах на испытательном пучке, сборке компонентов, монтажных и интеграционных работах.



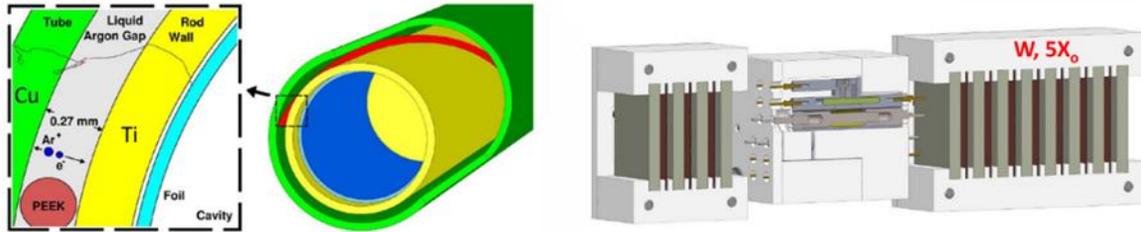
Детали сервисов HGTD: 3D-макет и прототип инструментального стенда полудиска HGTD

# Фаза-2 модернизации жидкоаргоновых калориметров (LAr)

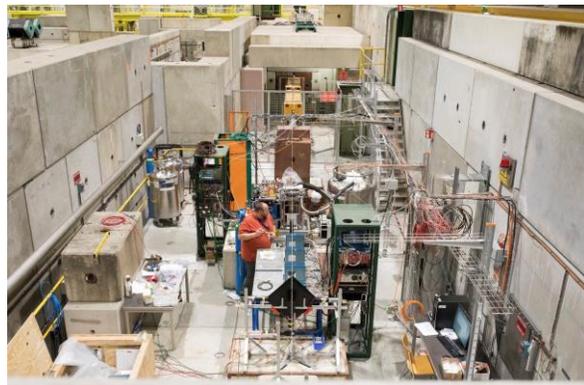
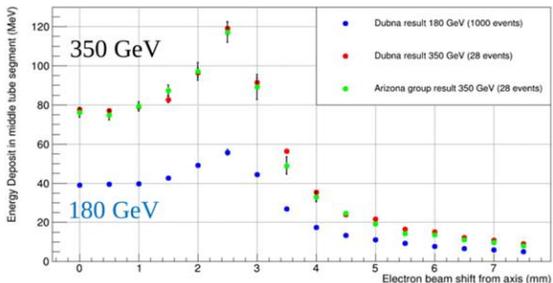
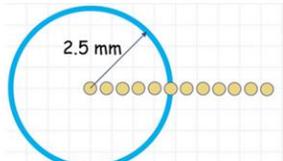
## Тесты высокочастотных операционных усилителей



## Влияние пространственного заряда (тесты на SPS)

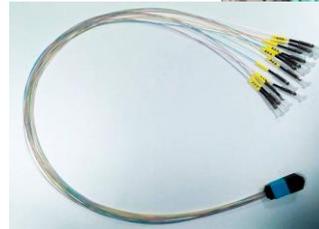


LAr ionization chamber with  $^{90}\text{Sr}$   $\beta$ -source (100mCi of Sr and Y - OBNINSK)

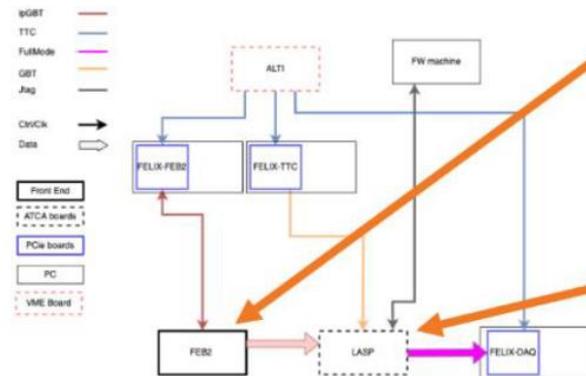
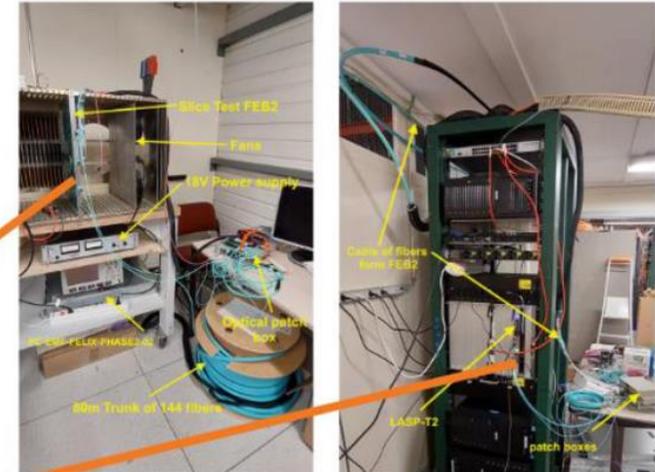


## Обязательства ОИЯИ:

- Разработка и тестирование специализированных микросхем предусилителя-формирователя и предварительного формирователя для НЕС;
- Производство и тестирование оптических патч-кордов;
- Разработка и тестирование аналоговой схемы.



## Integration and test stand at EMF



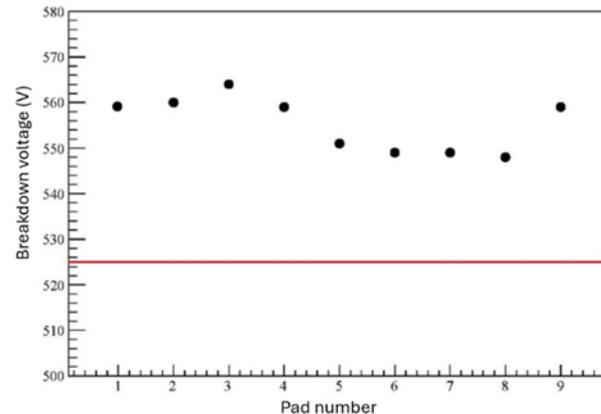
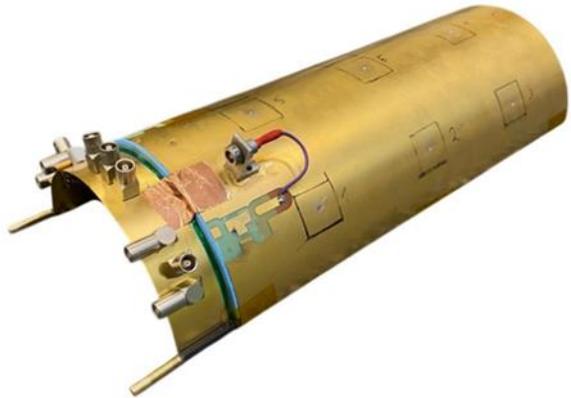
# Участие в проекте NICA

## TPC MPD

- исследована устойчивость нового резистивного покрытия (DLC) к разрядам:  $10^4$  событий разряда при газовом усилении  $4 \times 10^4$  без какого-либо видимого влияния на работу детектора

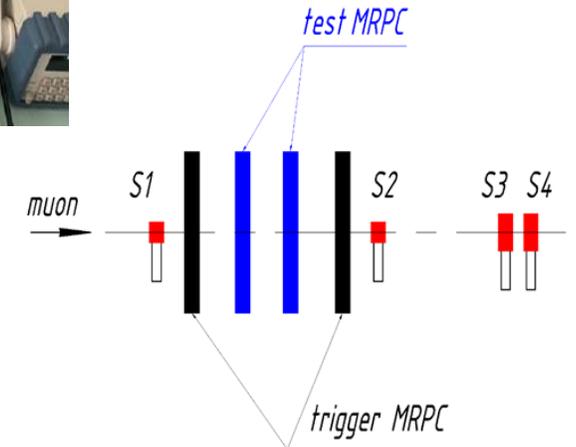
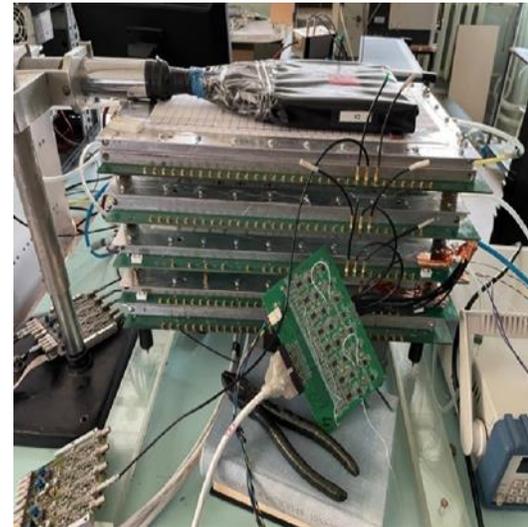
## MCT SPD (на базе Micromegas)

- проведено моделирование и оптимизация газовой смеси,
- протестировано сопротивление разряда защитного слоя DLC, усовершенствована технология
- построен первый цилиндрический прототип
- испытано несколько прототипов различной конфигурации и определены основные параметры будущего детектора.



## TOF SPD

- изготовлено четыре камеры MRPC
- разработана аналоговая электроника
- проведены испытания на космике и на мюонном пучке У-70 (ИФВЭ Протвино)
- получено временное разрешение  $\sim 40$  пикосекунд



## Запрашиваемые ресурсы на период 2026 – 2030 гг.

Вычислительные ресурсы	Распределение по годам				
	1 год	2 год	3 год	4 год	5 год
Хранение данных (ТБ) - EOS - Ленты	200	200	200	200	200
Tier 1 (ядро-час)					
Tier 2 (ядро-час)	200	200	200	200	200
СК «Говорун» (ядро-час) - CPU - GPU					
Облака (CPU ядер)					

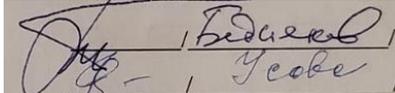
№№ п/п	Категория работника	Основной персонал Сумма FTE	Ассоциированный персонал Сумма FTE
1.	научные работники	29.9	3.7
2.	инженеры	5.3	1
3.	специалисты	0.3	
4.	служащие		
5.	рабочие	1	
<b>Итого:</b>		<b>36.5</b>	<b>4.7</b>

## Предлагаемый план-график и необходимые ресурсы для осуществления проекта

Наименования затрат, ресурсов, источников финансирования		Стоимость (тыс. долл.) потребности в ресурсах	Стоимость (тыс.долл.), распределение по годам					
			1 год	2 год	3 год	4 год	5 год	
	Международное сотрудничество (МНТС)	3810	770	770	770	750	750	
	Материалы	900	480	270	90	30	30	
	Оборудование и услуги сторонних организаций (пуско-наладочные работы)							
	Пуско-наладочные работы							
	Услуги научно-исследовательских организаций	270	60	60	50	50	50	
	Приобретение программного обеспечения	50	10	10	10	10	10	
	Проектирование/строительство	10	5	5				
	Сервисные расходы (планируются в случае прямой принадлежности к проекту)							
Необходимые ресурсы	Нормо-час							
		- сумма FTE	182.5	36.5	36.5	36.5	36.5	
		- ускорителя/установки, - реактора,.....	200	200				
Источники финансирования	Бюджетные средства	Бюджет ОИЯИ (статьи бюджета)	5040	1325	1115	920	840	840
	Внебюджет (лоп. смета)	Вклады соисполнителей Средства по договорам с заказчиками Другие источники финансирования						

Руководитель проекта

Экономист Лаборатории



# SWOT анализ

## *Сильные стороны*

- Участие в крупном и сложном международном проекте в конкурентной и высокотехнологичной, ориентированной на международный уровень исследовательской сфере.
- Отличные научные публикации и показатели цитирования.
- Сотрудничество с группами в ведущем международном ускорительном центре (ЦЕРН) и других физических лабораториях.
- Большой интерес со стороны общественности и СМИ.

## *Слабые стороны*

- Старение штатных ученых и инженеров.
- Трудности с регистрацией новых людей в ЦЕРН.

## *Возможности*

- LHC демонстрирует огромный потенциал для открытий, что привлекает ученых всех уровней (магистрантов, аспирантов, постдоков и штатных физиков).
- Эксперименты ОИЯИ часто требуют совершенно новых и сложных технологий, а ATLAS предлагает нашим техническим отделам возможности и контакты с новыми исследовательскими сообществами. Новая технология Microegas уже внедрена в ОИЯИ.
- Опыт, полученный в эксперименте ATLAS, мы передаем коллегам из проекта NICA и другим проектам с участием ОИЯИ.
- BiG Grid — проект электронной научной сети JINR-LCG2 — предоставляет исследователям ОИЯИ самые современные вычислительные сервисы и возможность устанавливать контакты и/или сотрудничать со многими другими исследовательскими дисциплинами.

## *Угрозы*

- Дорогая и сложная логистика, крайне затруднительные банковские транзакции.

# Спасибо за внимание!

Далее - дополнительные слайды (физ.программа)

# ATLAS Phase-II MoU for JINR

ATLAS COLLABORATION

CERN-MoU-2019-035

**The European Organization for Nuclear Research (CERN)**

and

**Joint Institute for Nuclear Research (JINR)  
Russia**

declare that they agree on the Present Addendum to the Memorandum of Understanding for Collaboration in the Construction of the ATLAS Detector

Done in Geneva on

*30.4.2019*

for CERN



*Eckhard Elsen*

Eckhard Elsen  
Director for Research  
and Computing

Done in Dubna on

*15.05.2019*

for JINR



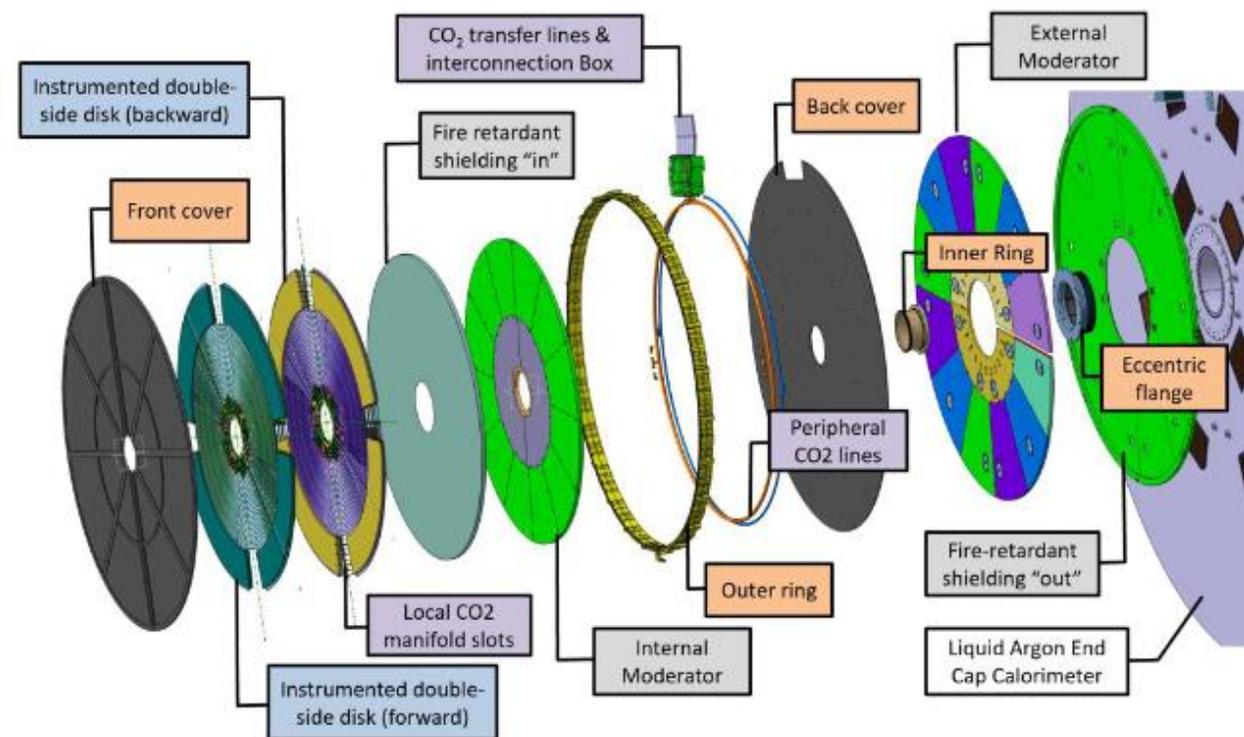
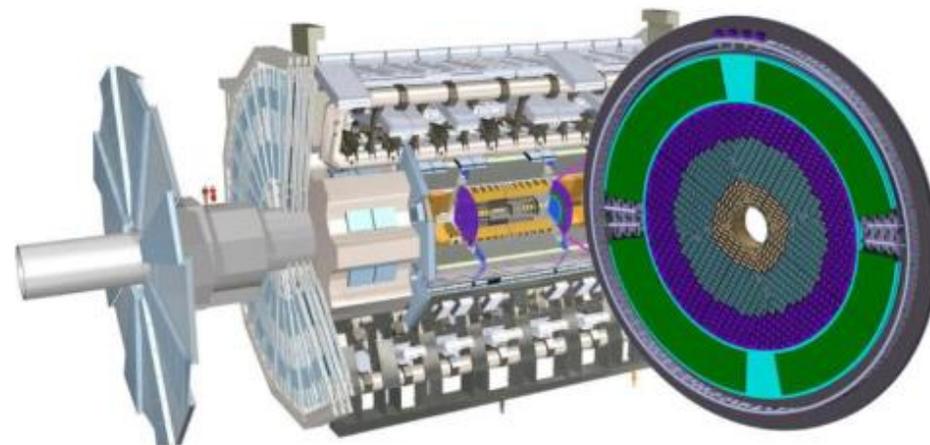
*Victor Matveev*

Victor Matveev  
Director

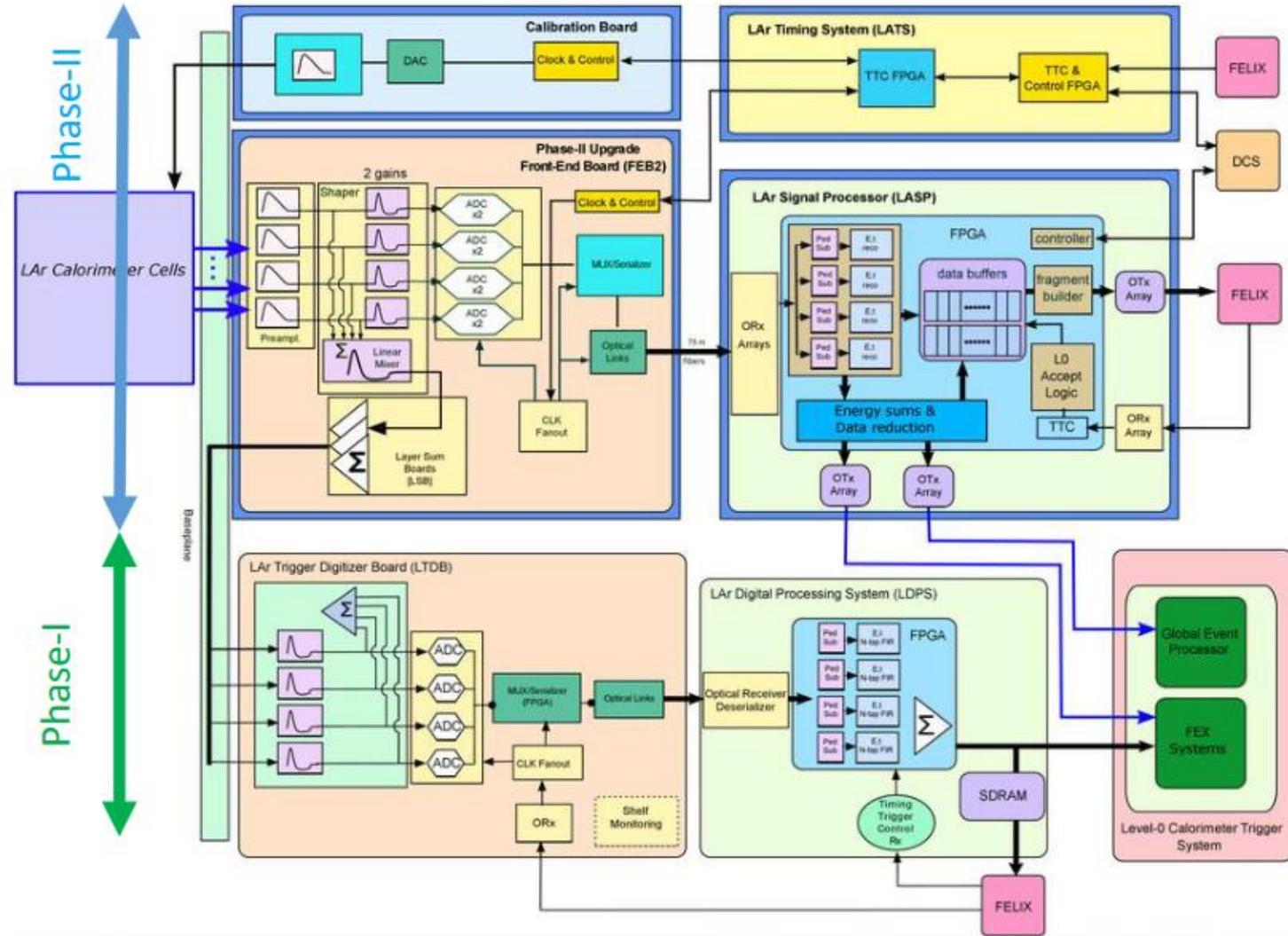
*Handwritten signature*

# Introduction to HGTD(High Granularity Timing Detector)

- Pixel detector with coarse spatial resolution but precise timing
  - $\sim 3.6$  million  $1.3 \times 1.3$  mm<sup>2</sup> pixels(channels)
    - 6.4 m<sup>2</sup> active area
  - Time resolution target
    - 30-50 ps/track
    - 35-70 ps/hit up to 4000 fb<sup>-1</sup>
  - Luminosity measurement
    - Count number of hits at 40 MHz (bunch by bunch)
    - Goal for HL-LHC: 1% luminosity uncertainty
- Two end-caps
  - $z \approx \pm 3.5$  m from the nominal interaction point
  - Total radius:  $11 \text{ cm} < r < 100 \text{ cm}$
  - Active detector region:  $2.4 < |\eta| < 4.0$
- Each end-cap
  - Two instrumented disks, rotated by  $15^\circ$



# LAr Phase-II Upgrade overview



- Redesigned Main Readout will be installed during LS-3 (2026-2028)
- New electronics will digitize continuously and readout full calorimeter (182500 channels) at 40 MHz (two gains, 14 bits/gain, to cover 16 bits analog dynamic range → opens up possibility of elaborate time/energy reconstruction algorithms (neural nets)
- Fully digital trigger system using cell information with maximal granularity
- New On-detector components :
  - Front-End Board 2 (FEB2)
  - Calibration Board (CABANE)
- New Off-Detector components :
  - LAr Timing System (LATS)
  - LAr Signal Processor (LASP)

# Plans for the period of the project: physics

1. Поиск сигнала рождения бозона Хиггса в ассоциации с топ-кварком (Н.Гусейнов, И.Бойко, А.Диденко, О.Доловова, А.Тропина и др.) в канале распада бозона Хиггса на пару  $b$ -струй. В этом исследовании планируется получить и проанализировать данные, напрямую чувствительные к модулю и фазе константы связи бозона Хиггса и топ-кварка. Предсказываемая Стандартной моделью разность фаз между константами связи  $WH$  и  $tH$  обуславливает деструктивную интерференцию для различных вкладов в процесс рождения бозона Хиггса в ассоциации с топ кварком и приводит к подавлению сечения этого процесса. Возможные поправки к этой разности фаз от эффектов за рамками Стандартной модели могут привести к росту наблюдаемого сечения в несколько раз.
2. Планируется участие сотрудников ОИЯИ в изучении рождения бозона Хиггса в процессе слияния глюонов и векторных бозонов (Е.Рамакоти). Как и в случае других измерений свойств бозона Хиггса, это измерение является важным тестом Стандартной модели и чувствительно к потенциальным отклонениям от её предсказаний.
3. Продолжение исследований в рамках измерения сечений рождения бозона Хиггса в каналах рождения с калибровочными бозонами (Ф.Ахмадов). Ожидается, что новые данные позволят существенно уточнить проведенные ранее измерения, в частности, с лучшей точностью измерить величины констант связи бозона Хиггса с прелестными и очарованными кварками.
4. Продолжение поисков физических проявлений ряда моделей за рамками Стандартной модели, в частности, поиск рождения квантовых черных дыр (QВН, Quantum Black Holes) в канале с лептоном и струей (С.Карпов, З.Карпова). Анализ новых данных АТЛАСа в этом канале позволит получить новые ограничения на параметры моделей, предсказывающих существование QВН, а также представляет из себя важный тест как применимости Стандартной модели в области энергий в несколько ТэВ, так и качества существующих методов моделирования;
5. Планируемое исследование свойств и спектров возбужденных  $B_c$ -мезонов (Любушкина) представляет значительный интерес с точки зрения понимания физики взаимодействия тяжелых кварков и их связанных состояний.
6. Участие в измерение CP-нарушающей фазы в распадах  $B_s$ -мезонов (Любушкин). Источником нарушения CP-инвариантности в распадах  $B_s \rightarrow J\psi, \rho^0$  являются эффекты интерференции прямого распада и распада, в котором происходят осцилляции между  $B_s$  и  $\text{anti-}B_s$  мезонами. Стандартная модель предсказывает малую величину этой фазы ( $\phi_s \sim -0.04$ ), определяемую углами смешивания Каббико-Кобаяши-Маскавы. Новые физические явления за рамками Стандартной модели могут вносить существенный вклад в наблюдаемую величину фазы  $\phi_s$ . Дополнительный интерес к этим исследованиям связан с тем, что на текущий момент измерения фазы  $\phi_s$ , проведенные разными экспериментами, плохо согласуются между собой и требуют дальнейшего уточнения.

# Plans for the period of the project: physics

7. Продолжение работ по изучению свойств тетракварковых и пентакварковых состояний в распадах  $B$ -мезонов (Васюков, Гладилин, Елецких). В последнее время активно ведутся экспериментальные исследования тетракварковых ( $Z_c$ ,  $Z_{cs}$ ) и пентакварковых ( $P_c$ ,  $P_{cs}$ ) состояний со скрытым очарованием. Вклад пентакварковых состояний в цепочки распада  $\Lambda_b$ -бариона впервые обнаружен в 2015 г. в эксперименте LHCb и подтвержден в данных установки ATLAS. Исследованиями состояний  $Z_c$ ,  $Z_{cs}$  занимались несколько экспериментальных коллабораций, начиная с 2014 г. На текущий момент задача экспериментальных исследований этих состояний заключается в более точном измерении их параметров, достоверном определении их спинов и четностей, обнаружении новых каналов распада и новых состояний в спектрах, что может пролить свет на внутреннюю структуру пентакварков и тетракварков и особенности взаимодействий, ответственных за формирование их спектров.
8. Продолжение исследований совместного рождения пар чармониев, изучение свойств полностью очарованных тетракварковых состояний (Елецких, Диденко). В 2021-2022 гг. в трех основных экспериментах LHC был открыт спектр резонансов, лежащих вблизи порога рождения пар  $J/\psi$ -мезонов и системы  $J/\psi$ - $\Psi(2S)$ -мезонов. Существование этого спектра согласуется с гипотезой существования полностью очарованных тетракварков. Совершенствование методов моделирования изучаемых спектров, привлечение угловых распределений к анализу наблюдаемых сигналов и измерение их спина-четности являются актуальными экспериментальными задачами на ближайшее будущее. Поскольку точность этих измерений напрямую связана со статистикой отобранных пар чармониев, анализ новых данных установки ATLAS позволит существенно увеличить чувствительность измерений.
9. Планируется измерение дифференциальных сечений рождения  $B^+$ -мезонов (Л.Гладилин). Это важная задача для понимания механизмов рождения и адронизации тяжелых мезонов.
10. Продолжение исследований структуры протона при энергиях LHC (Г.Лыкасов, А.Липатов), в частности, исследования вклада внутреннего очарования в функции распределения партонов, а также исследования вклада поляризованных глюонов. Измерения дифференциальных спектров рождения векторных электрослабых бозонов в ассоциации с тяжелыми струями, измерения угловых распределений в процесса рождения тяжелых прелестных и очарованных адронов, а также тяжелых струй позволят извлечь параметры теоретических моделей для структуры протона, предложенных в ОИЯИ.
11. Поиск распада  $W$ -бозона в канале  $J/\psi, \rho$  (Л.Гладилин);
12. Новые измерения дифференциальных сечений одиночного и парного рождения  $Z$ -бозонов (Е.Солдатов)
13. Продолжение участия в работах по контролю качества данных, контроль качества реконструкции различных типов объектов в детекторе (Е. Солдатов)
14. Продолжение работ по измерениям полных и дифференциальных сечений ассоциированного рождения  $W$ -бозонов и пар топ-кварков (Л.Масленников)

# Plans for the period of the project: software

1. Продолжение разработки Монте-Карло генератора ReneSANCe, в рамках которой планируется расчет поправок и уточнение моделирования ряда физических процессов, исследуемых на LHC.
2. Продолжение теоретических исследований структуры протона при энергиях LHC, в частности, вклада внутреннего очарования и вклада поперечно-поляризованных глюонов в протоне в различные наблюдаемые экспериментально процессы; расчеты асимметрии в угловых распределениях в процессах рождения пар D-мезонов;
3. Продолжение работ по разработке и поддержке баз данных экспериментальных событий (Event Index, Event Picking). Эта база данных активно используется в ряде физических исследований, где требуется применение нестандартных алгоритмов реконструкции событий, например, в анализе возбужденных состояний  $V_s$ -мезонов, проводимого с определяющим вкладом сотрудников ОИЯИ; в рамках этих работ также решаются задачи контроля за целостностью и возможными повреждениями данных, дублированием событий, зарегистрированных разными триггерами и т.д.
4. Продолжение работ и открытие новых направлений по поддержке программного обеспечения системы калориметров АТЛАС, в частности, моделирования отклика калориметров, калибровки калориметров, участие в разработке и поддержке ПО баз данных состояния детектора;
5. Продолжение поддержки ПО системы триггеров АТЛАС;
6. Разработка ряда утилит для статистического анализа данных, в частности, создание генератора псевдоданных, учитывающего особенности многомерного анализа наблюдаемых кинематических спектров;
7. Создание и тестирование программного обеспечения для мультивариантивного анализа данных, в частности, создание собственных математических моделей, алгоритмов обучения и контроля нейронных сетей, учитывающих особенности анализа экспериментальных данных физики высоких энергий.
8. Участие в системном администрировании системы триггирования событий и набора данных установки АТЛАС.

# Plans for the period of the project: detector exploitation

1. Планируется продолжить участие в управлении работой адронного сцинтилляционного калориметра (И.Минашвили).
2. Планируется продолжить участие группы ОИЯИ в эксплуатационных работах жидко-аргонного калориметра. Обязательства ОИЯИ включают ремонт и введение в строй блоков электроники, мониторинг качества каналов считывания, участие в сменах дежурных экспертов и т.д.
3. В ближайшие годы сотрудники ОИЯИ будут продолжать работы по поддержке распределенных вычислений для эксперимента АТЛАС.
4. ОИЯИ планирует продолжить участие в работах по обеспечению безопасности на установке. Сотрудники ОИЯИ (В.Батусов, И.Костюхина, М.Шиякова) будут выполнять работы в качестве реководителей смен по обеспечению безопасности (SLIMOS, Shift Leader in Matter of Safety). Также они будут осуществлять работы по радиационной безопасности и контролю над соответствующим пропускным режимом в шахте установки АТЛАС.