



PNPI - NRCKI



Статус ЛНС

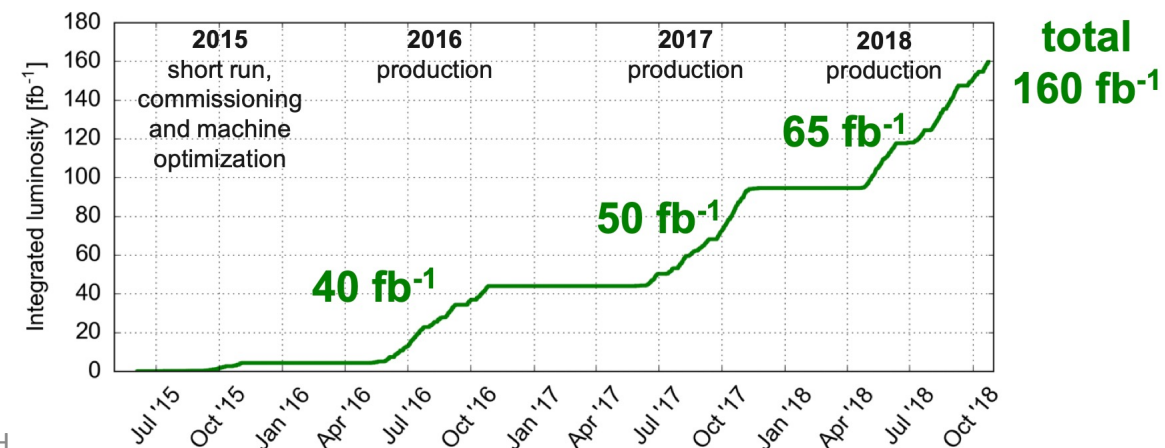
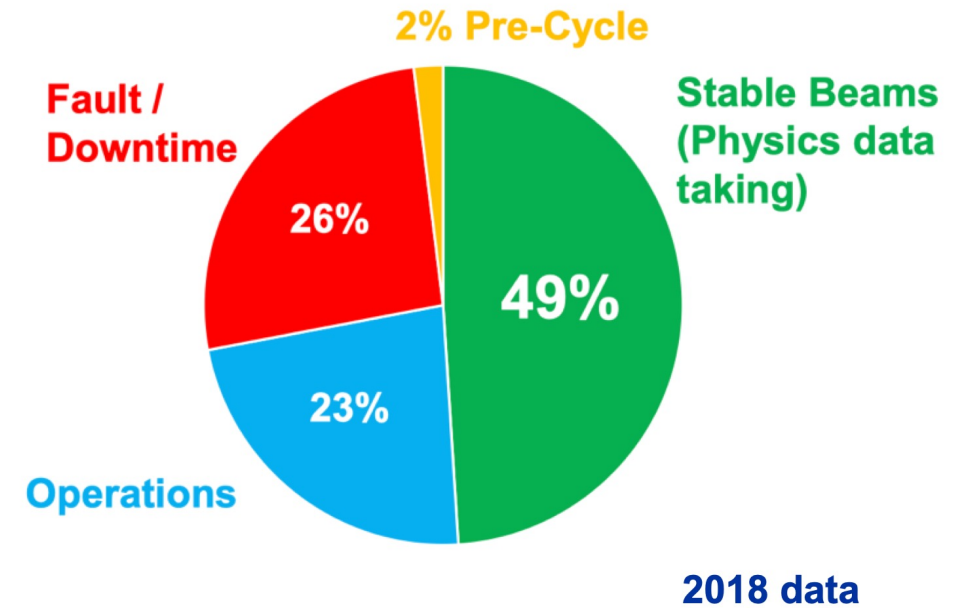
Денис Пуджа

21 Декабря 2022



Run 2: pp-operation

- Период набора данных: 2015-2018
- Энергия на пучок: 6.5 ТэВ
- Интервал между пучками: 25 нс
- Достигнута светимость **в два раза больше проектной** $L_{IP1/5} = 2 * 10^{34} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$
- 160 фб⁻¹ – набранная интегральная светимость



LS2: 2018 - 2022

1. Улучшили электрическую изоляцию диодов более 1200 магнитов
2. Заменены 22 сверхпроводящих магнита (19 дипольных + 3 квадрупольных)
3. Усовершенствование системы сброса пучка
4. Установка 16 новых коллиматоров
5. Новые поглотители пучков (+ 2 поглотителя нейтральных частиц –подготовка к HL-LHC)
6. Усовершенствование системы охлаждения

LHC UPGRADES DURING LS2

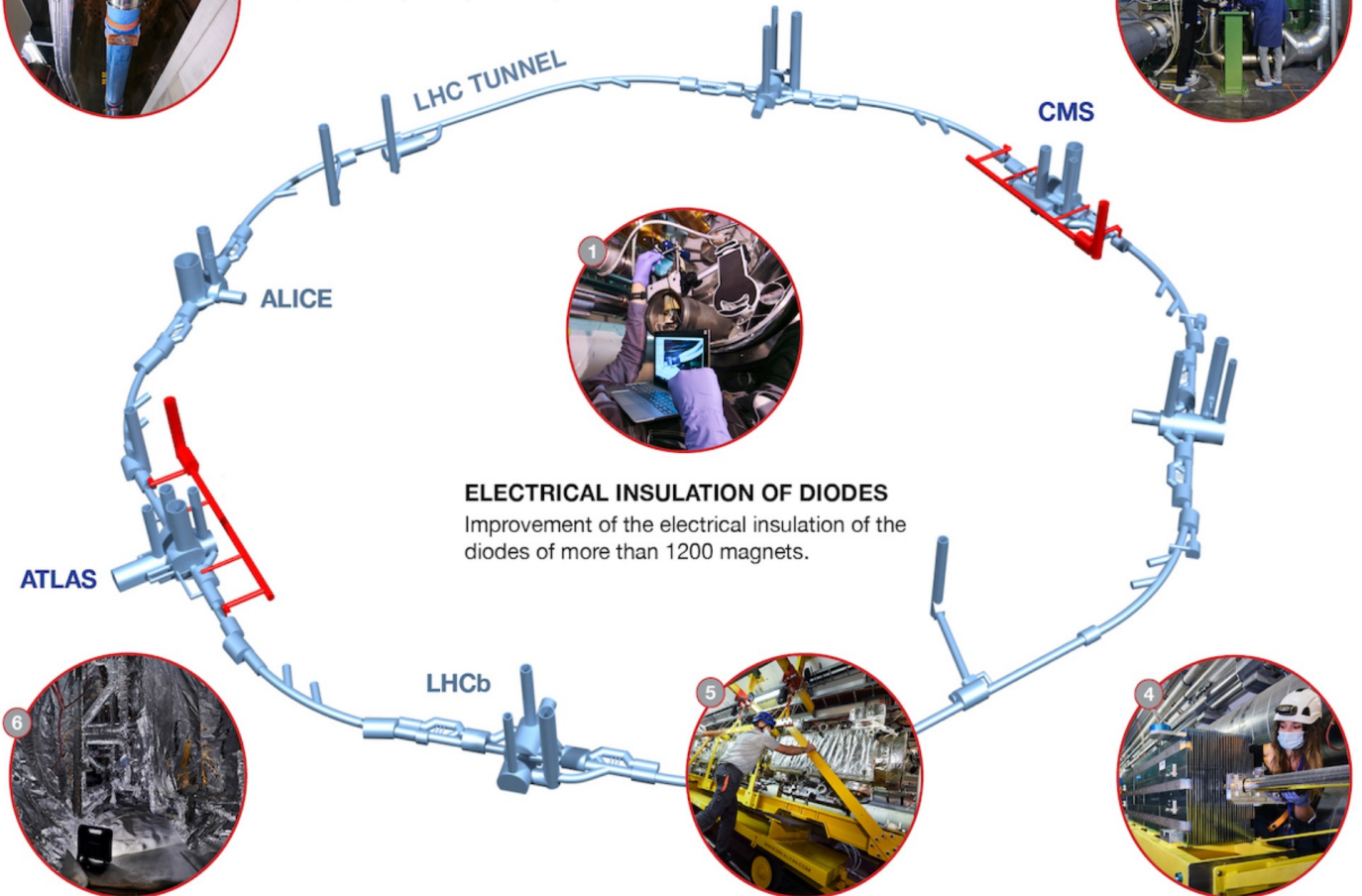


22 SUPERCONDUCTING MAGNETS

Replacement of 19 dipole magnets and three quadrupole magnets.

EXTERNAL BEAM DUMPS

Modification to the support system of the absorber.



ELECTRICAL INSULATION OF DIODES

Improvement of the electrical insulation of the diodes of more than 1200 magnets.



INCREASED CRYOGENIC POWER

Installation of high-performance cold boxes at Point 4.



BEAM ABSORBERS

Installation of a new internal beam absorber and two new neutral beam absorbers.



COLLIMATORS

Installation of 16 new collimators.

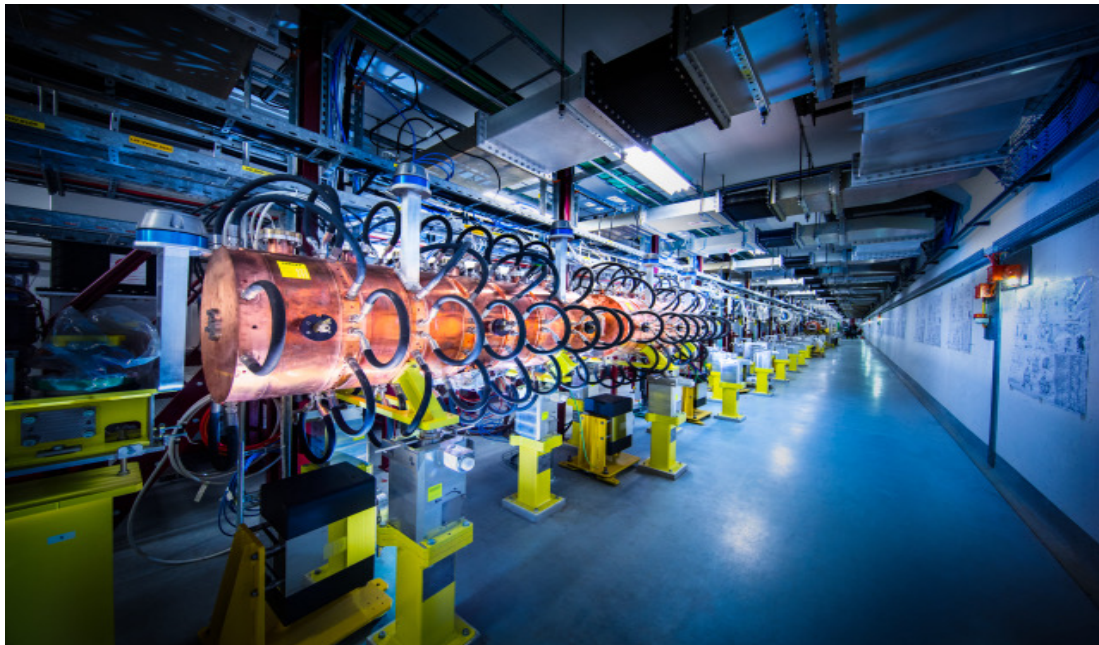
LS2: LHC Injector Upgrade (LIU)

Linac4 был спроектирован для:

- Более высоких энергий **160 МэВ**
- Ускорение ионов H^- (инжекция со сменой заряда $H^- \rightarrow p^+$ в PSB)
- Увеличение энергии инжекции в PS до 2 ГэВ

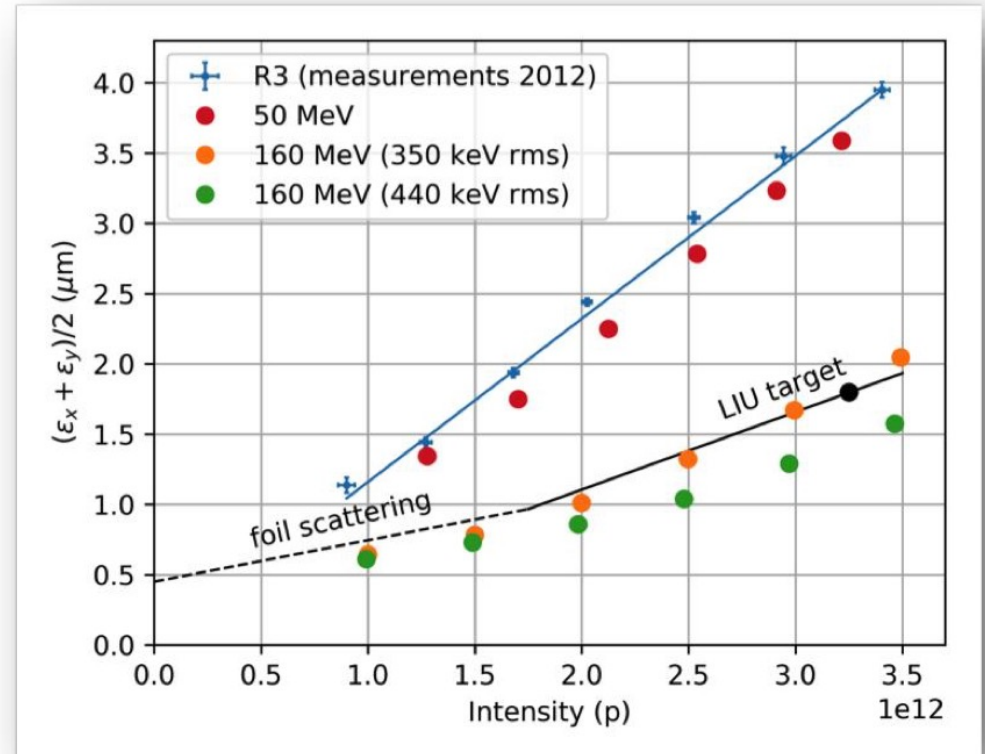
Сборка **завершена в 2017**

- Период тщательных тестирований: 2017-2018



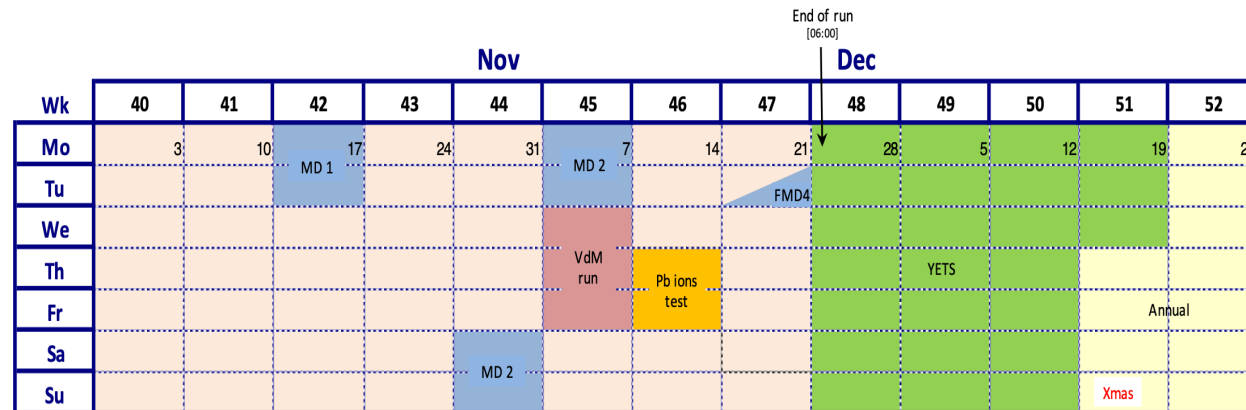
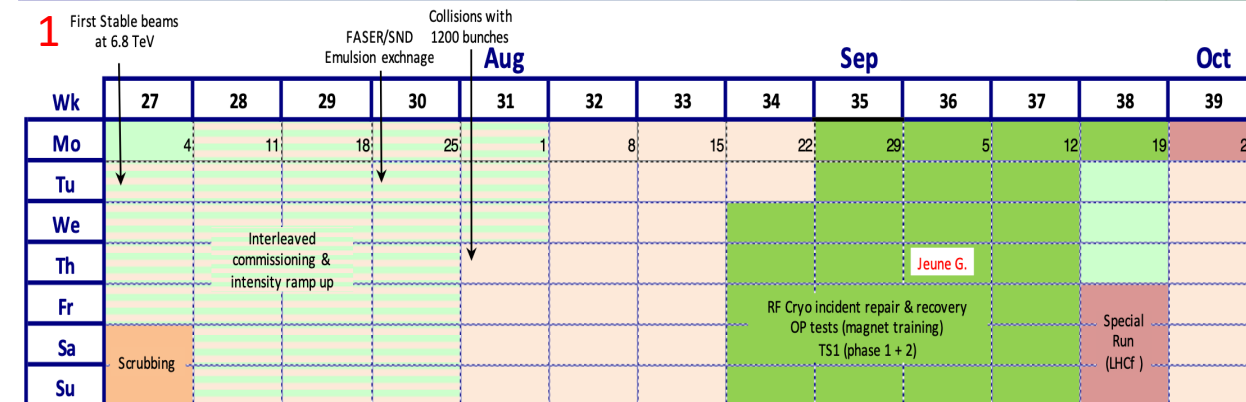
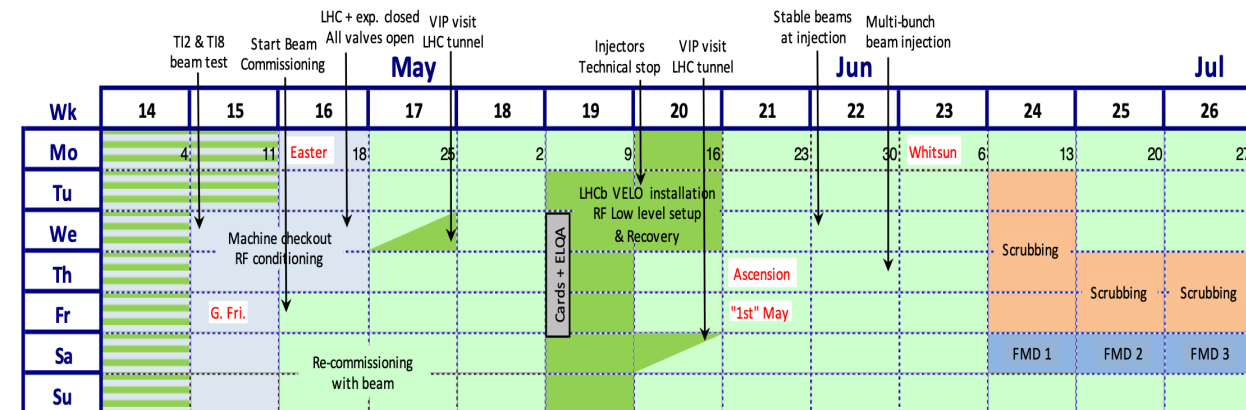
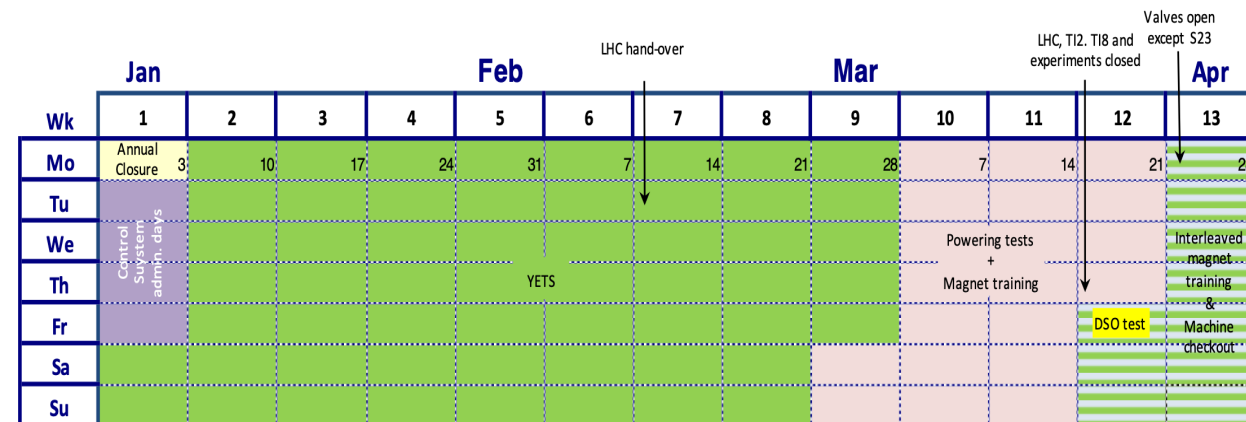
Денис Пуджа

“Beam Size”

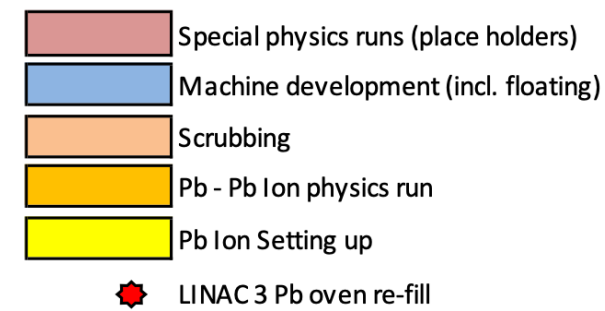
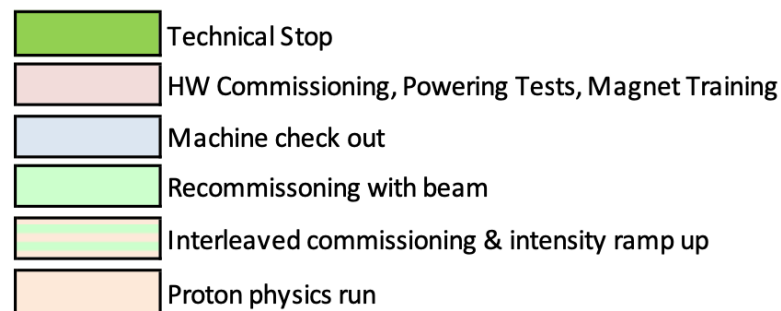


Protons per bunch

LHC Schedule 2022

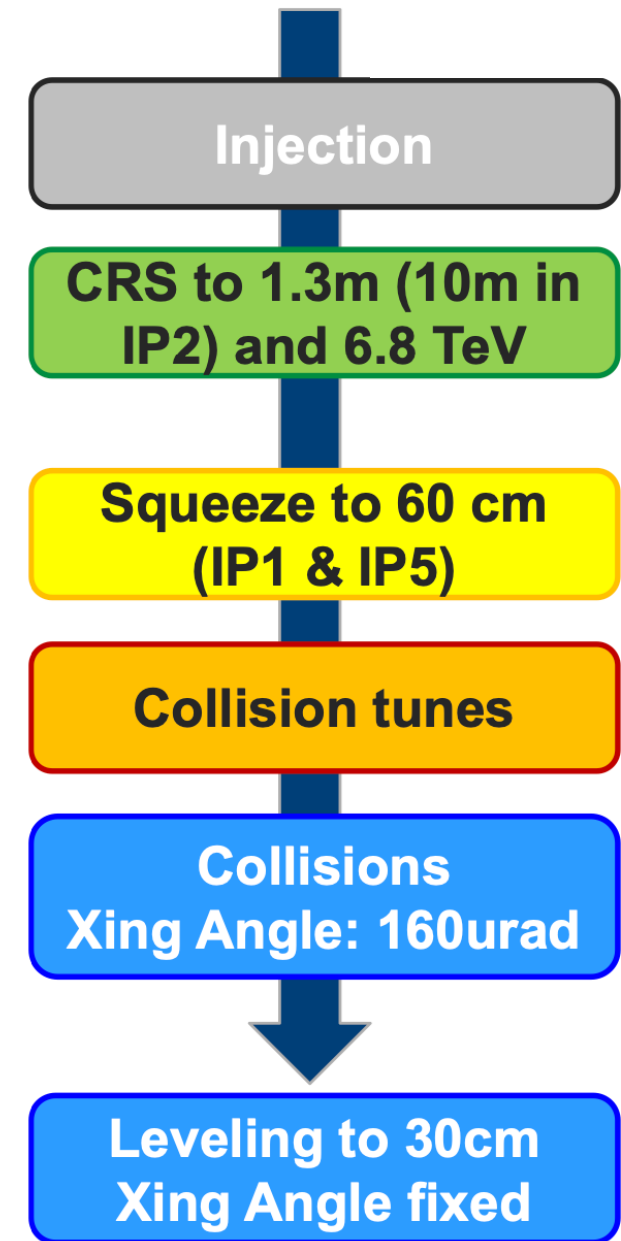


1. First stable beams at 6.8 TeV – July 5th
2. RF Cryo incident repair
3. ~10 weeks of pp-physics
4. Early stop due to electricity supply crisis



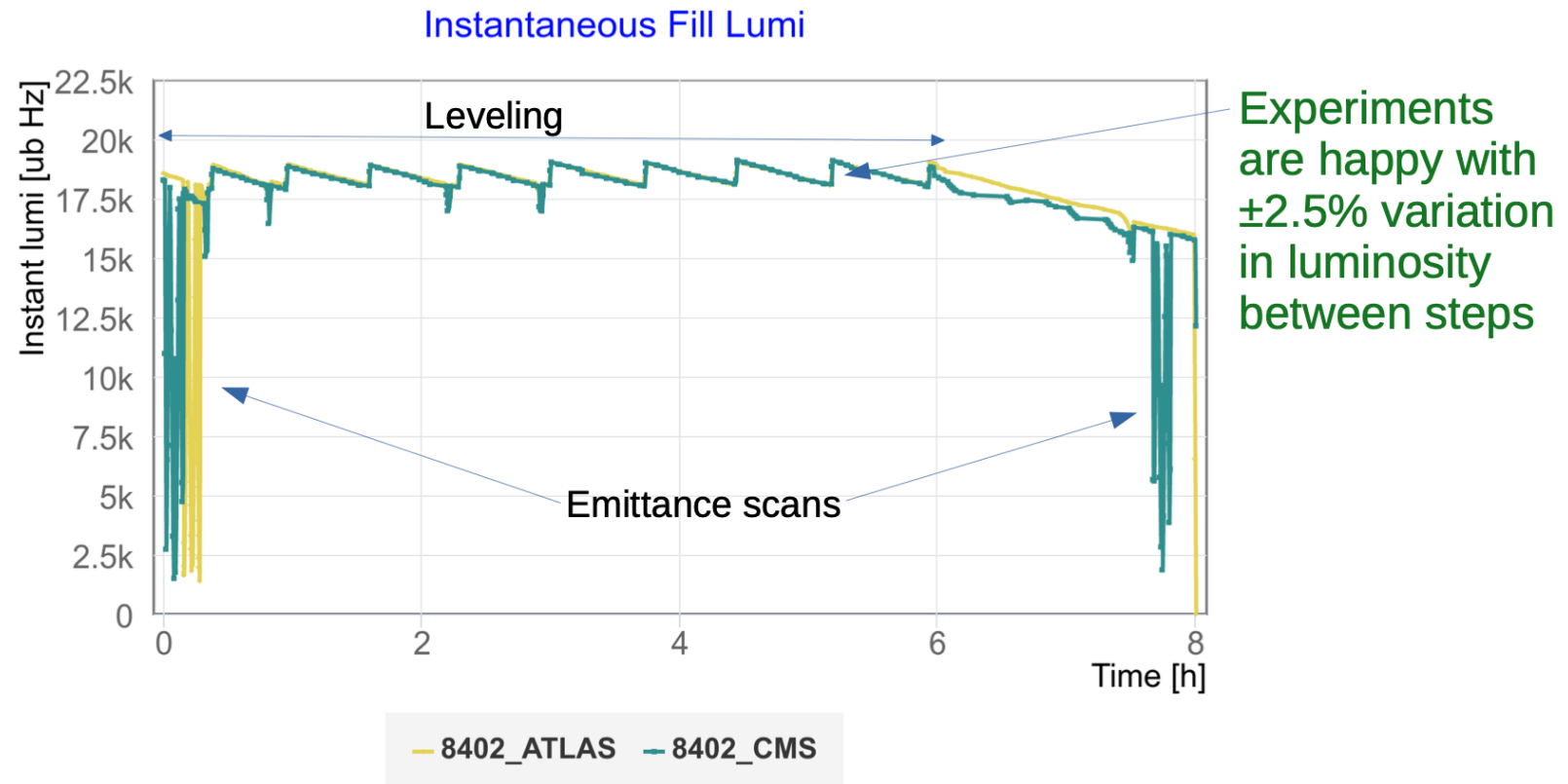
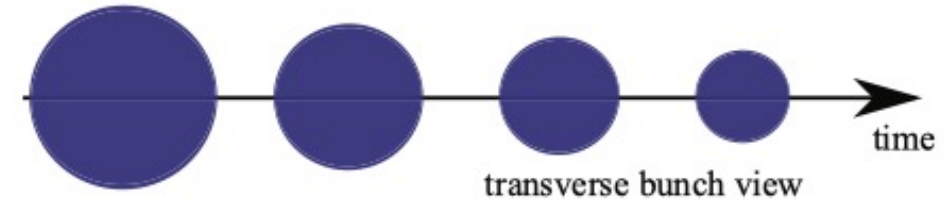
2022 – рабочий цикл

- Рабочий цикл похож на Run 2, для облегчения ввода систем в эксплуатацию после длительной остановки
- IP 1 / 5
 - угол пересечения пучков: 160 мкрад
 - β^* : 60 см \rightarrow 30 см
- IP 2 / 8:
 - угол пересечения пучков: 200 мкрад
 - separation leveling



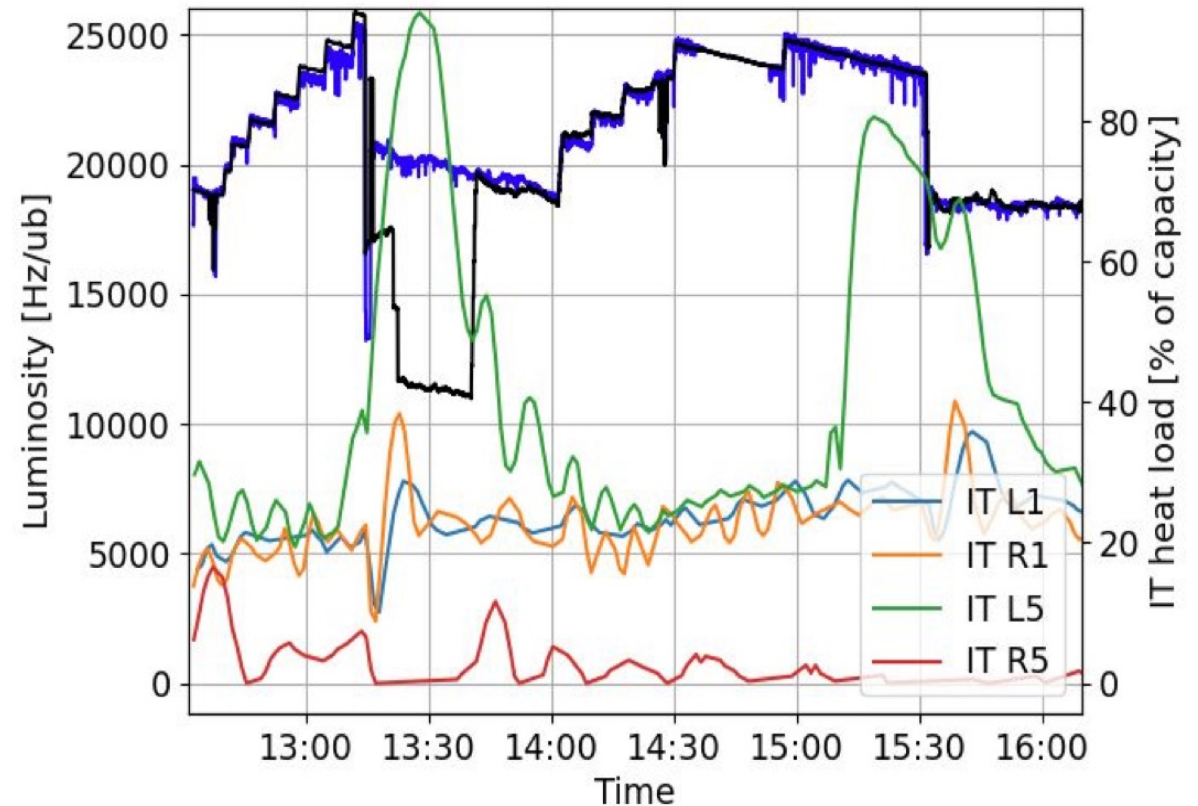
Beta* Leveling

- Процесс может происходить до 6 часов при pile-up ~ 54 в ATLAS/CMS
- Иногда приходится использовать separation leveling, так как при $\beta^* = 60$ см уже слишком большой pile-up



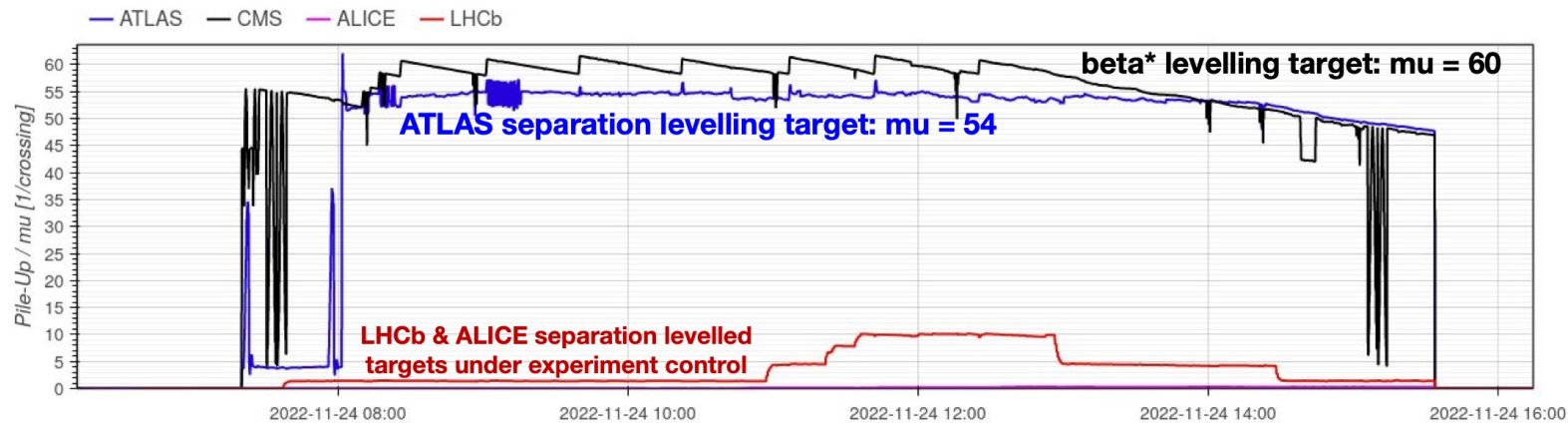
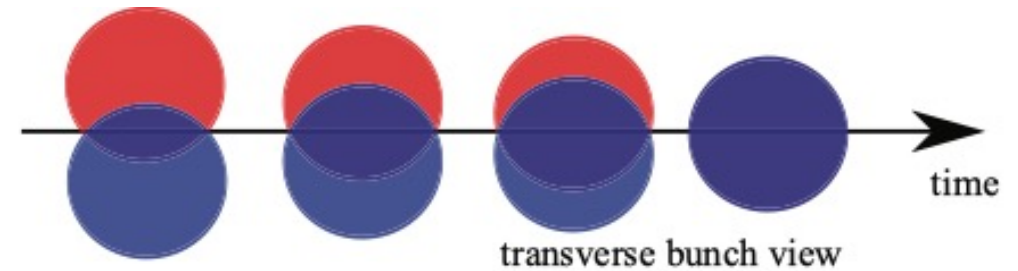
Beta* Leveling & triplet cooling limits

- Тест пределов системы охлаждения триплетов (Ноябрь 2022)
 - Достигнут предел при $\sim 2.5 * 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ на IT L5
 - Cooling capacity signal very non-linear
 - $< 40\%$ до $2.4 * 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
 - резкий скачок $> 80\%$ при $2.5 * 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
- Ограничивает светимость до $2.4 * 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
(~20% больше ожидаемого)



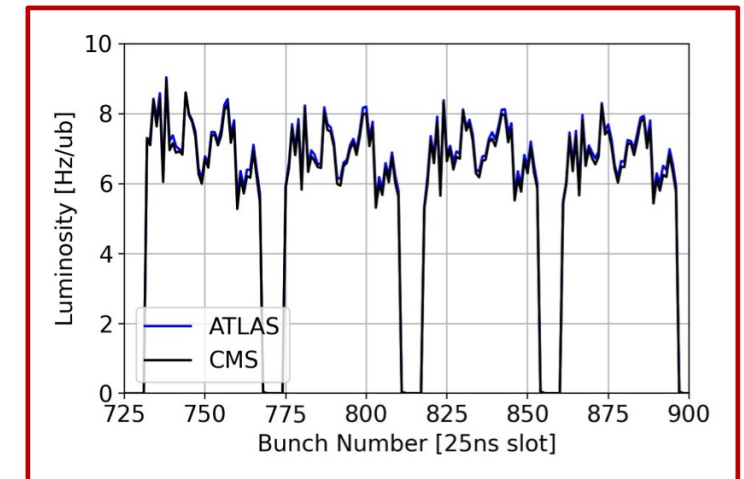
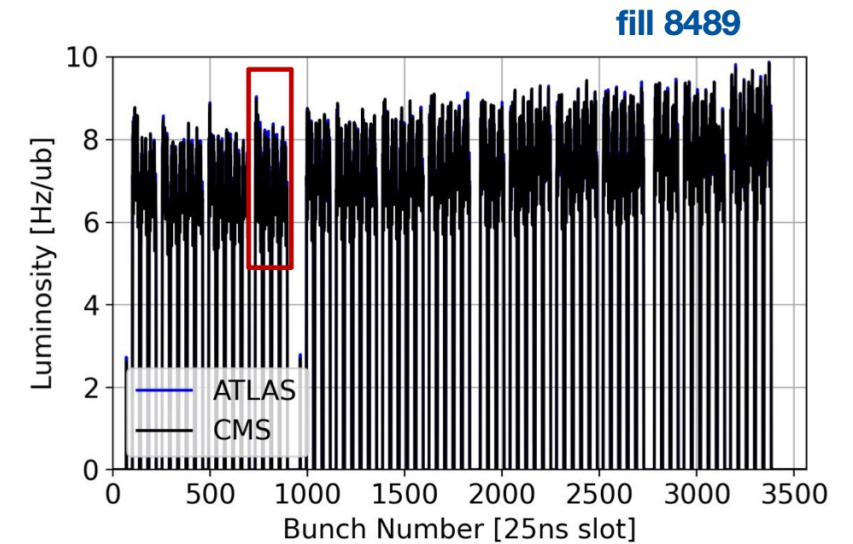
Separation leveling

- IP 1 / 5: может применяться separation leveling
 - если начальная светимость выше запланированной
 - разные требования у эксперимента ATLAS/CMS
- Может происходить параллельно beta* leveling
 - ~5 % между ступенями

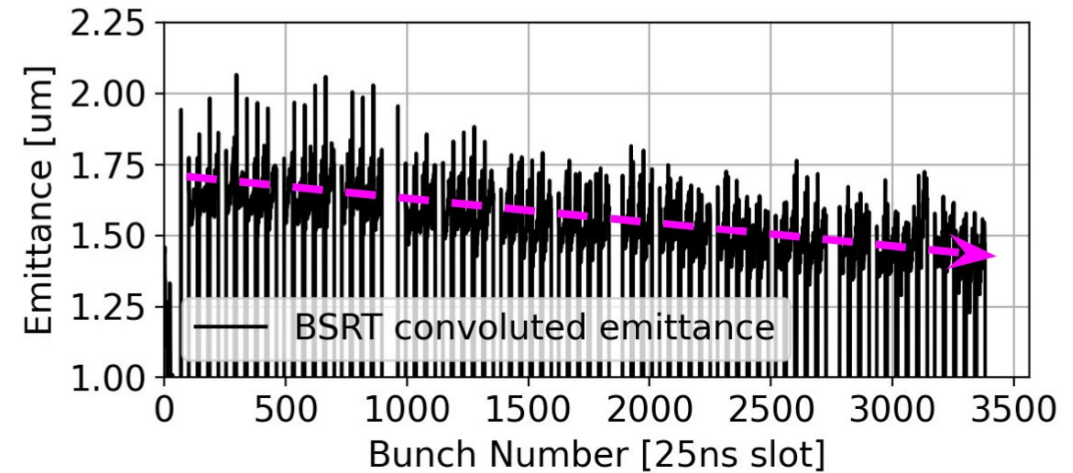
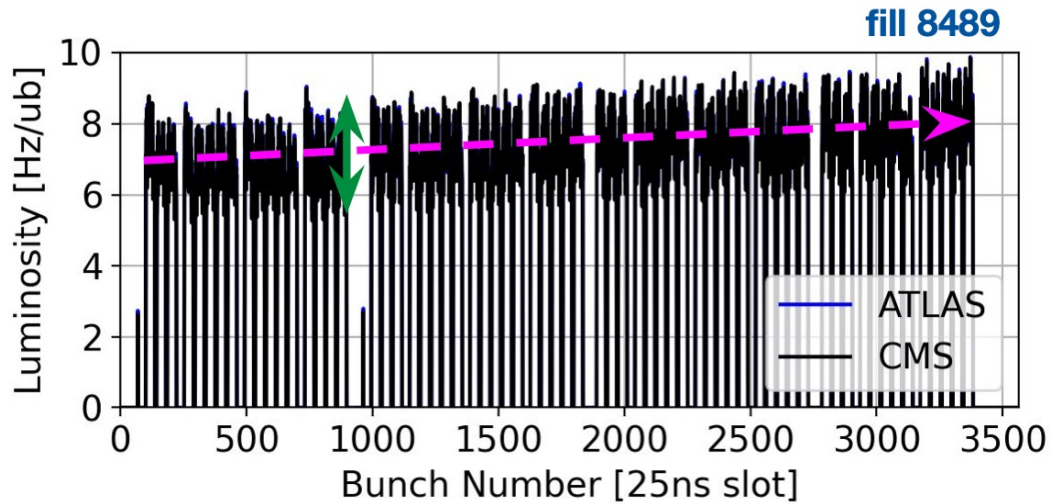


Светимость: разброс от пучка к пучку

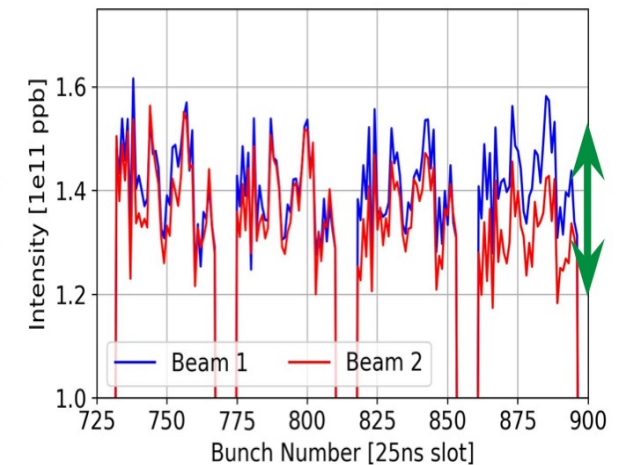
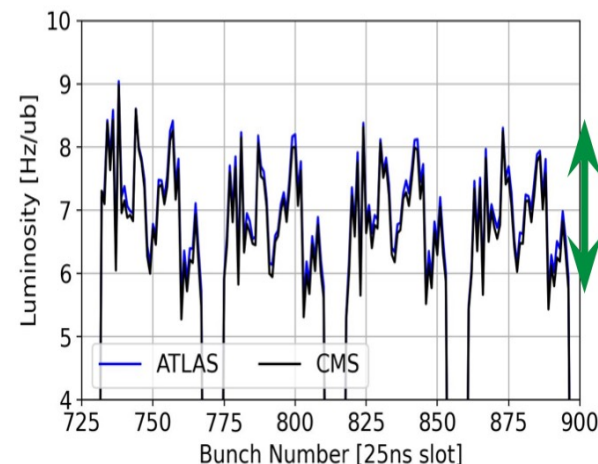
- Сильный разброс светимости от пучка к пучку
 - 10-15% RMS
 - До 50% peak-to peak!
- Разброс в светимости = разброс по pile-up
 - К примеру, для среднего $\mu = 54 \pm 2.5\%$ → $\mu = 20 - 70!$ (*r.m.s.* ~6)
- Не проблема для экспериментов
- Откуда такой разброс?
 - Интенсивность
 - Эмиттанс



Светимость: разброс от пучка к пучку



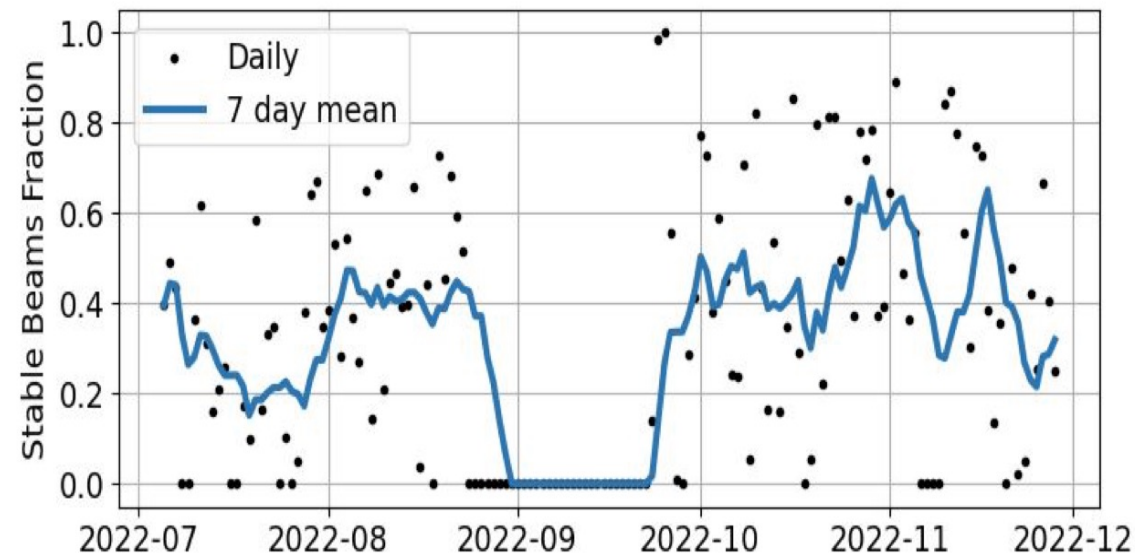
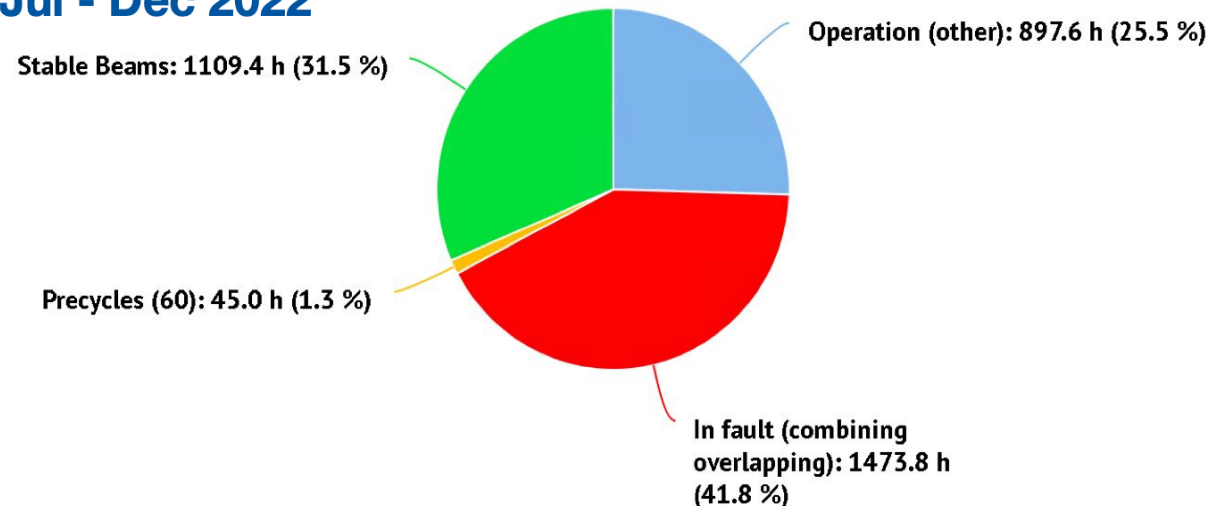
- Сильный разброс светимости от сгустка к сгустку: в основном интенсивность от инжекторов
- Эмиттанс растет на станции инжекции (IBS, LHC)



Run 3

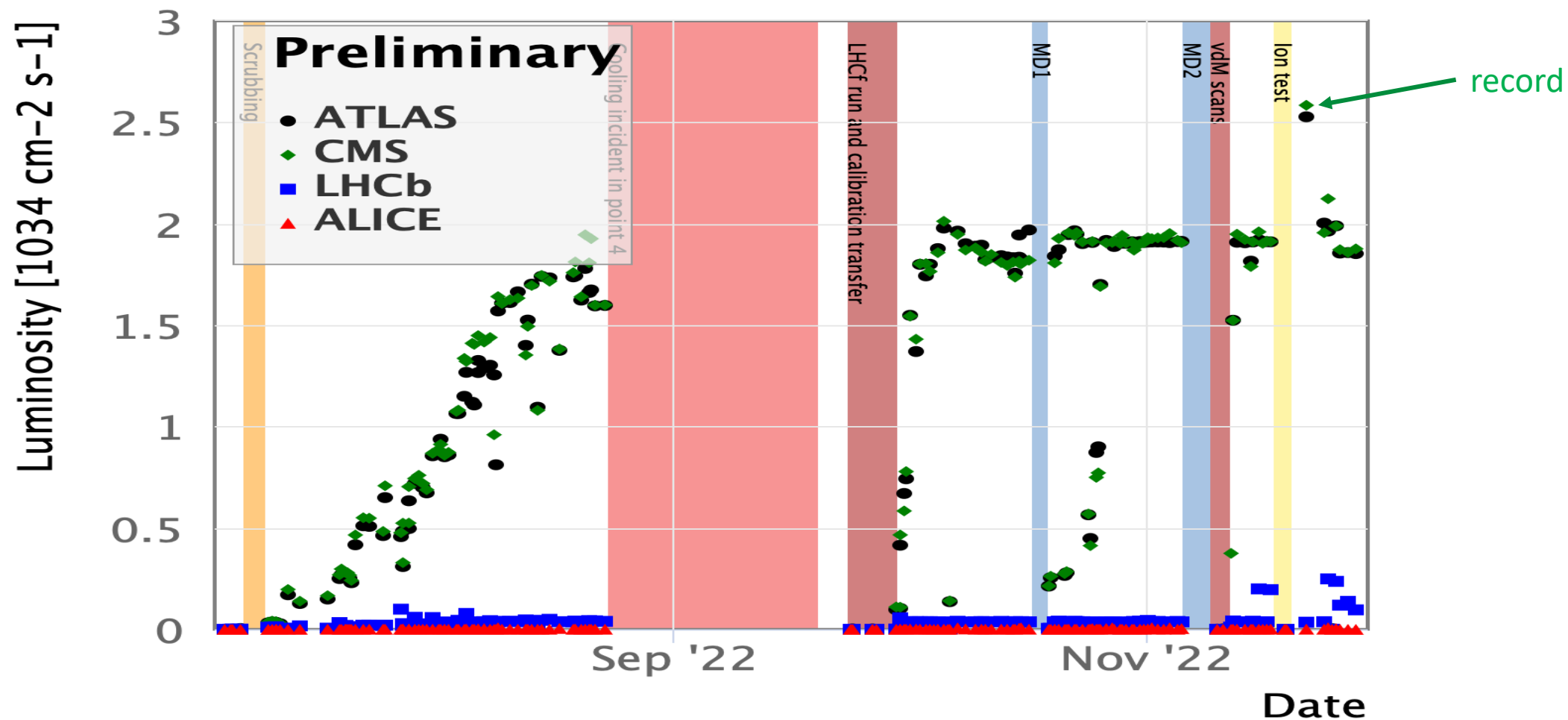
- 2022 год – ввод всех систем в эксплуатацию после LS2
- Энергия на пучок: 6.8 ТэВ
- 32% - стабильные пучки
- Длительный период устранения поломок (Сентябрь 2022 – cooling tower in P4 failed!)
- В конце года >60% часов в неделю с SB →сравнимо с 2018 г.

Jul - Dec 2022

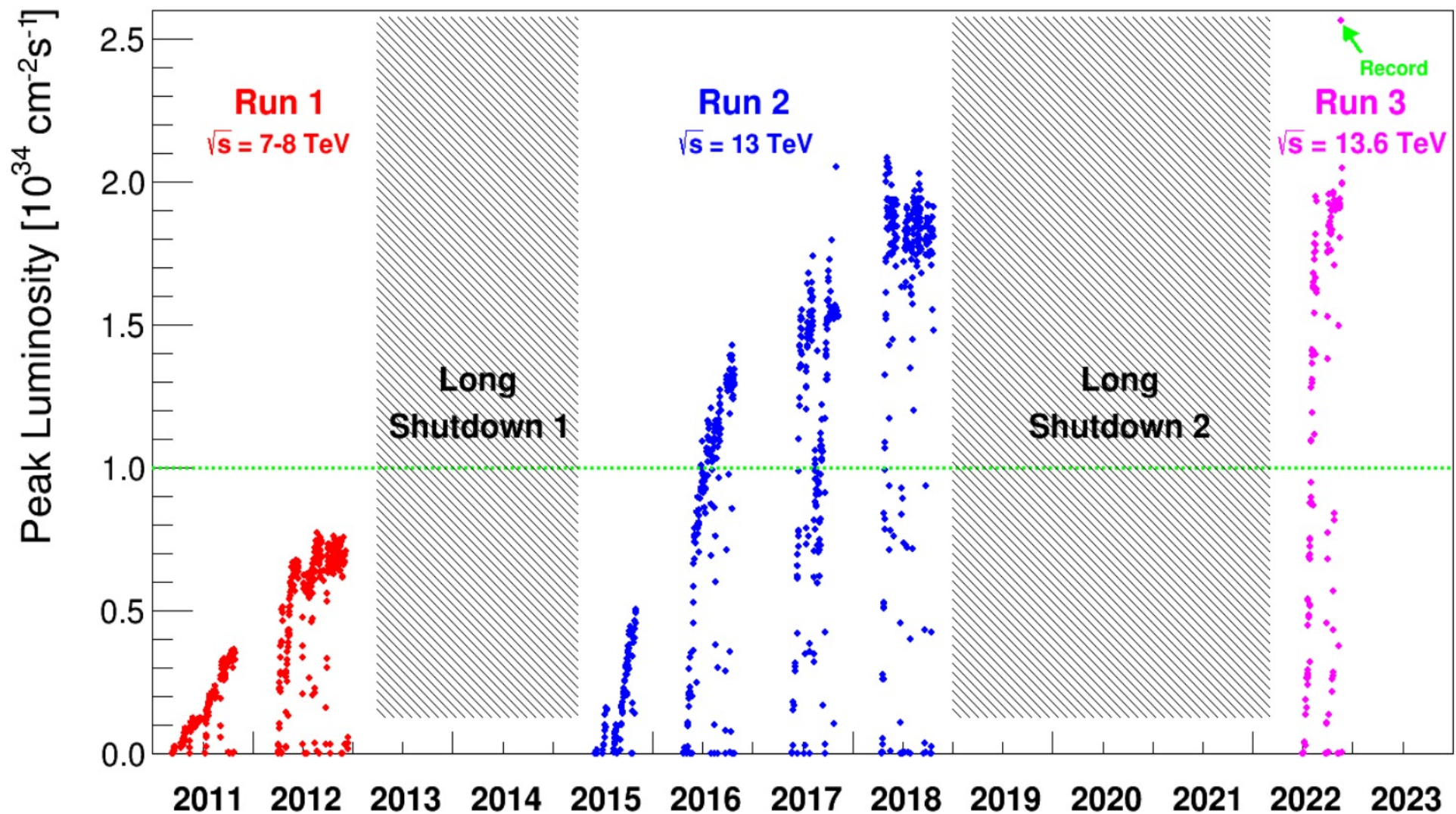


Run 3: Пиковая светимость

Peak Luminosity in 'Stable Beams'



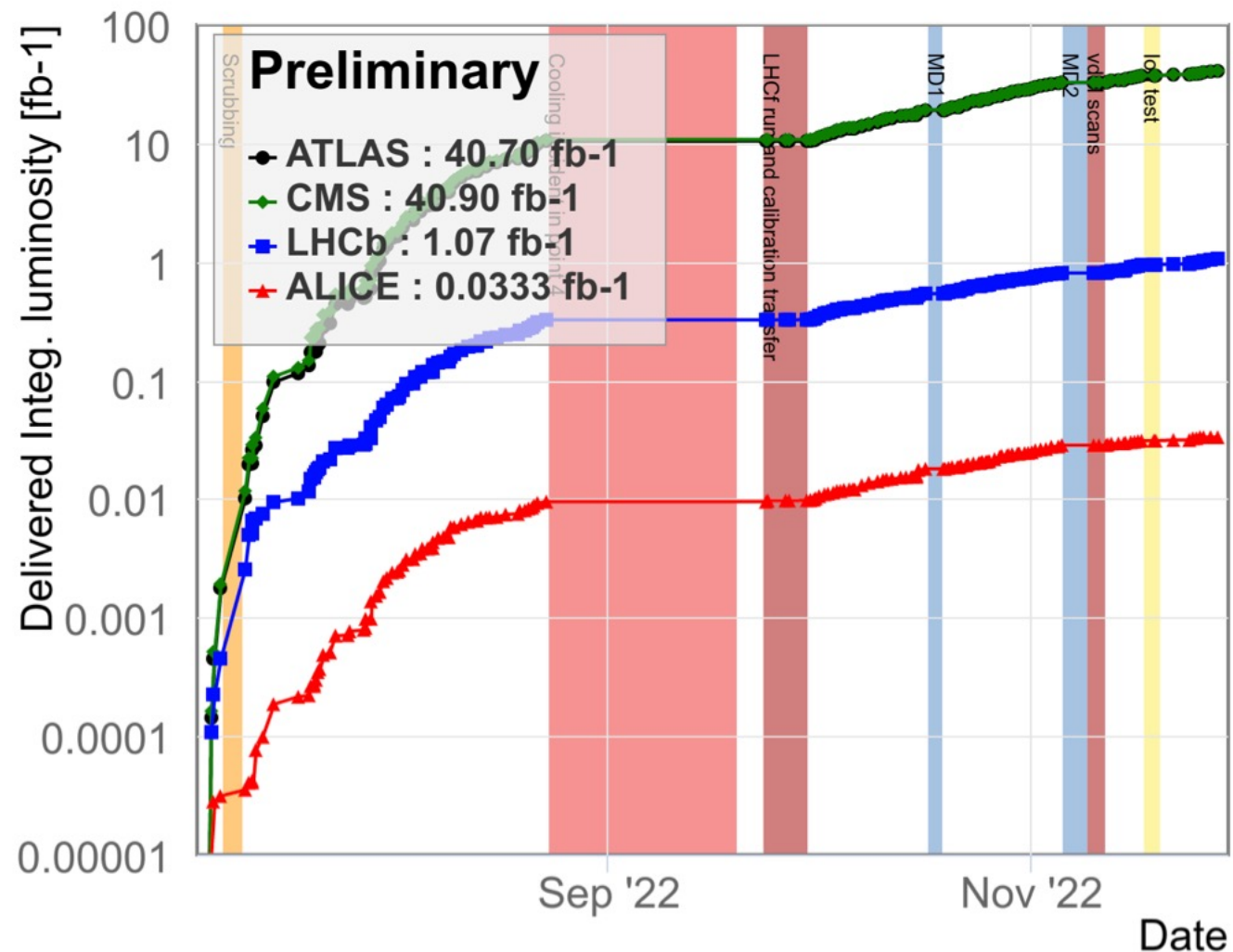
Пиковая светимость: Run 1-3



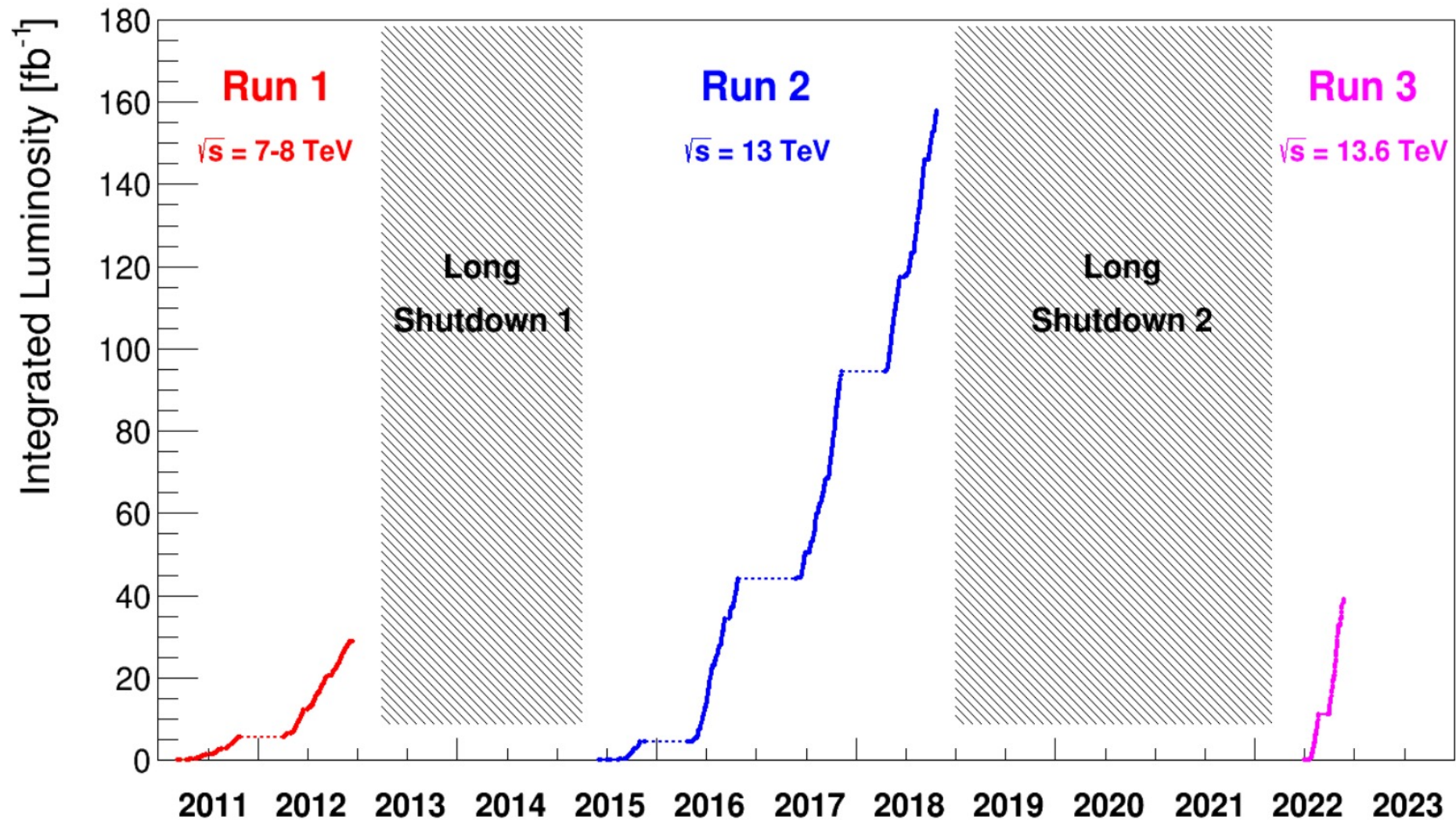
Run 3: Интегральная светимость

- Несмотря на сложности, набрана хорошая статистика!
- ATLAS/CMS – такая же интегральная светимость, как и в 2016
- ALICE – самая большая набранная светимость p-p столкновений.
□ В этом году не было Pb-Pb столкновений
- LHCb – сосредоточены на детекторных работах

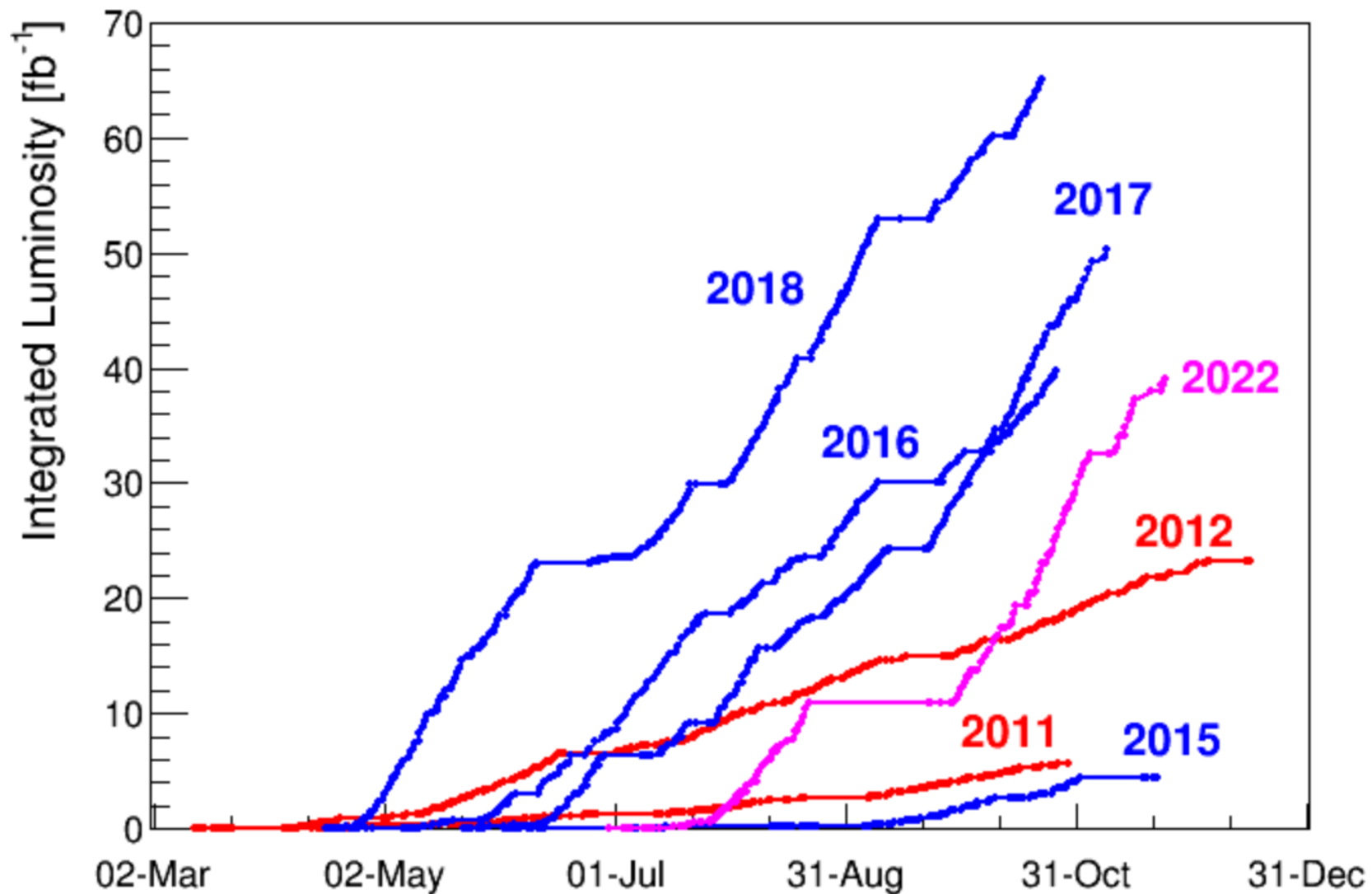
Delivered Luminosity 2022



Интегральная светимость: Run 1-3



Интегральная светимость: по годам



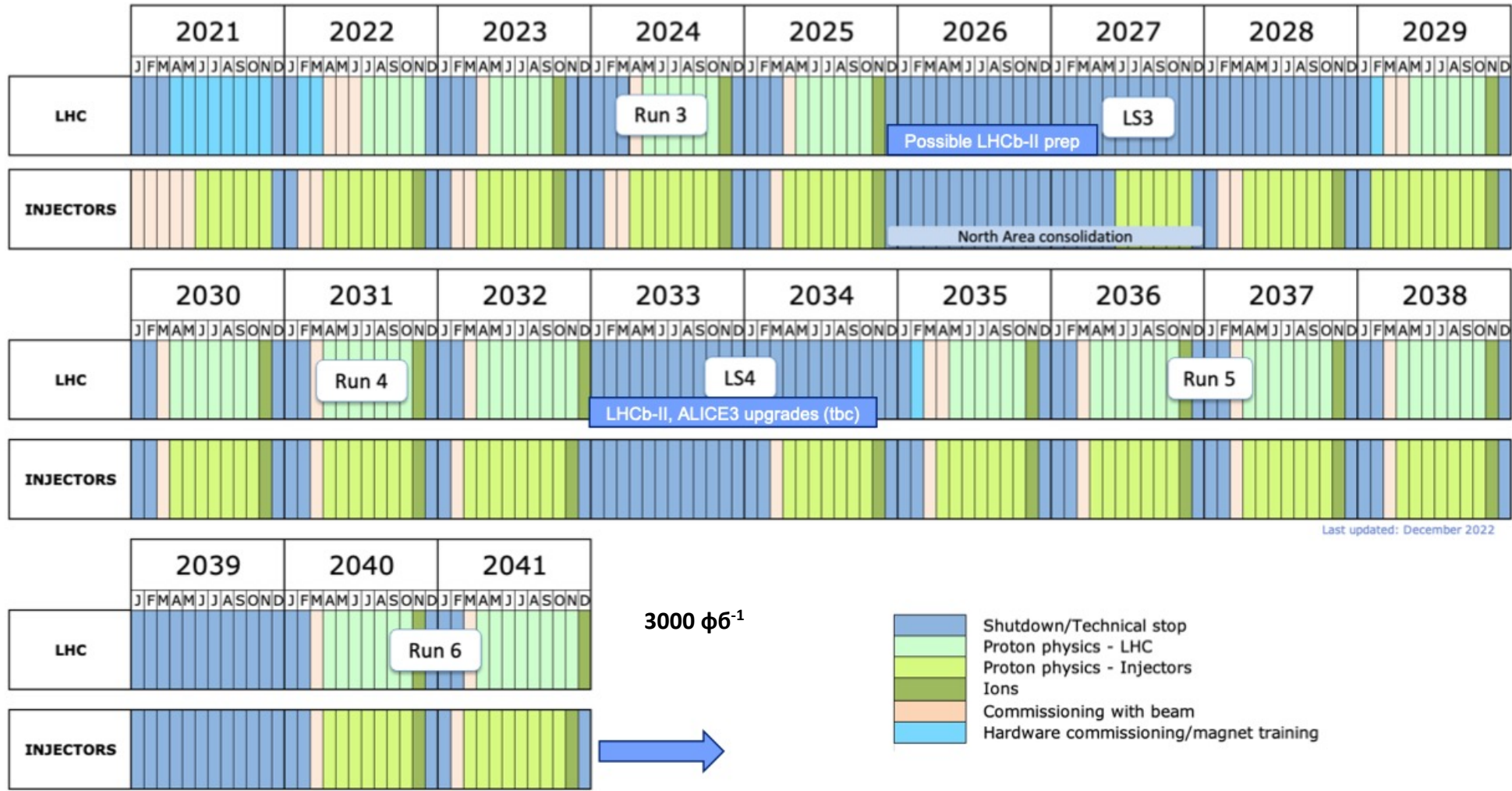
Ion Run: 2023

- Пришлось отменить в 2022 году
- Планируется более длительный Run в следующем году (4 недели Pb-Pb)
- План: 2.5-3.5 нб⁻¹ ALICE/ATLAS/CMS, ~0.4 нб⁻¹ для LHCb

Oct			Nov					
37	38	39	Wk	40	41	42	43	44
11	18	25	Mo	2	9	16	23	30
	TS2	p-p ref run	Tu			MD 4		
			We					
	p-p ref setup	Ion setting up	Th		LHC Pb- Pb Ion run			
MD 3			Fr					
	p-p ref run		Sa					
			Su					

План работы ускорителя LHC

ATLAS/CMS: + 250 $\phi 6^{-1}$, LHCb + 25 $\phi 6^{-1}$



Заключение

- 2022 – короткий, но очень продуктивный год для LHC
- Рабочий цикл Run 2 взят за основу
- Новое: beta* leveling 60 см → 30 см
 - Ограничено значением pile-up в экспериментах
 - Охлаждение триплетов не является лимитирующим фактором, протестировано до рекордных $\sim 2.5 * 10^{34} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$
 - Может применяться параллельно separation leveling
 - Полностью автоматизировано, используется в каждом наборе данных
- Набрана запланированная светимость:
 - $> 40 \text{ фб}^{-1}$ в ATLAS/CMS
 - $> 1 \text{ фб}^{-1}$ в LHCb

SHUTDOWN: NO BEAM

Спасибо за внимание!

Comments (06-Dec-2022 11:57:23)

No Beam for the next few months!
End of 2022 RUN
40 fb⁻¹
DELIVERED TO ATLAS & CMS in 2022!

BIS status and SMP flags

	B1	B2
Link Status of Beam Permits	false	false
Global Beam Permit	false	false
Setup Beam	false	false
Beam Presence	false	false
Moveable Devices Allowed In	false	false
Stable Beams	false	false

AFS: 25ns_2390b_2378_1967_2106_180bpi_18inj_2INDIV PM Status B1 **ENABLED** PM Status B2 **ENABLED**