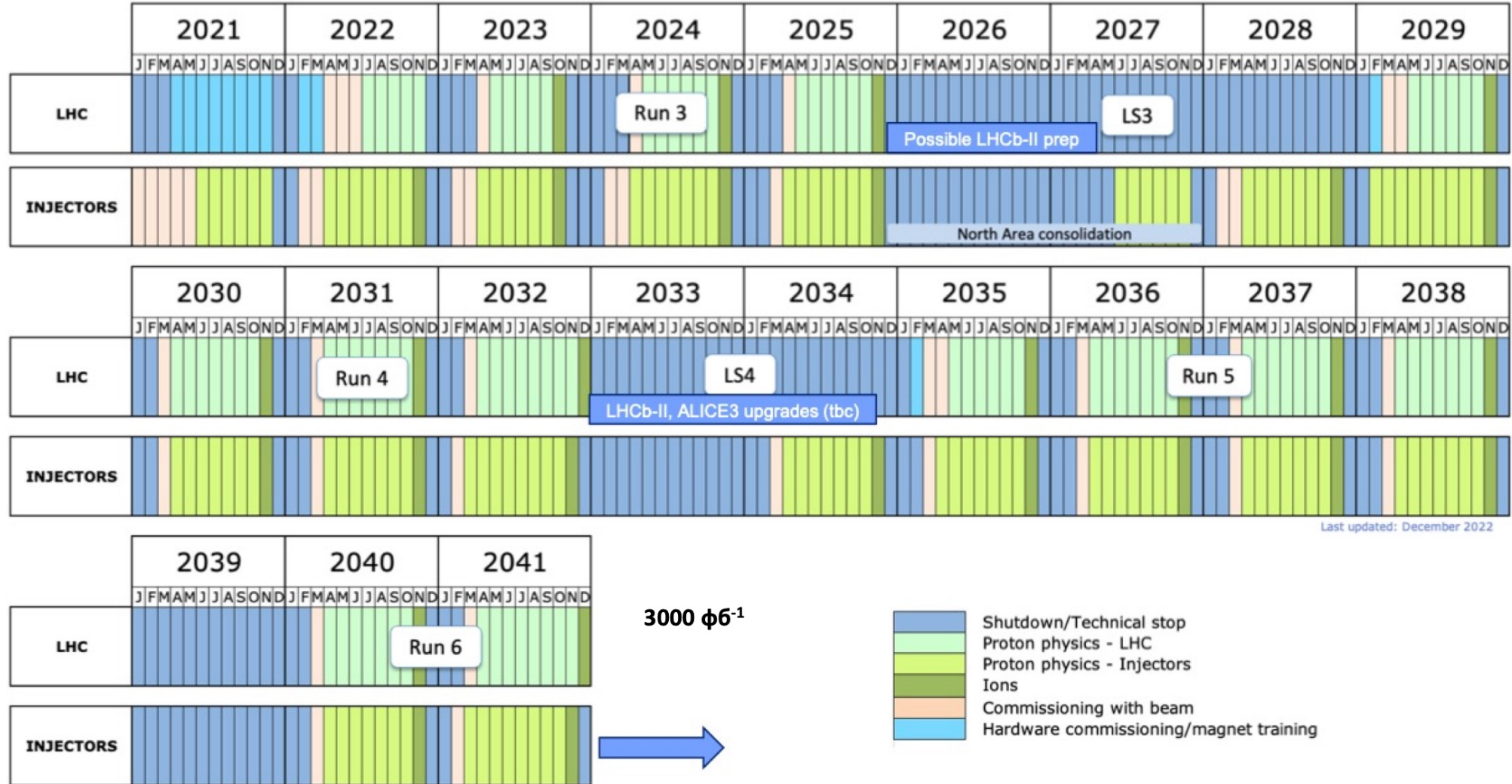


Статус ускорителя ЛНС

Малеев В.П.

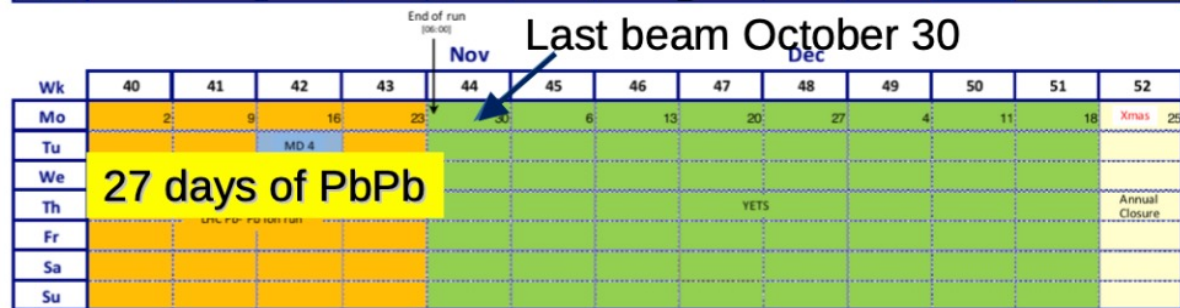
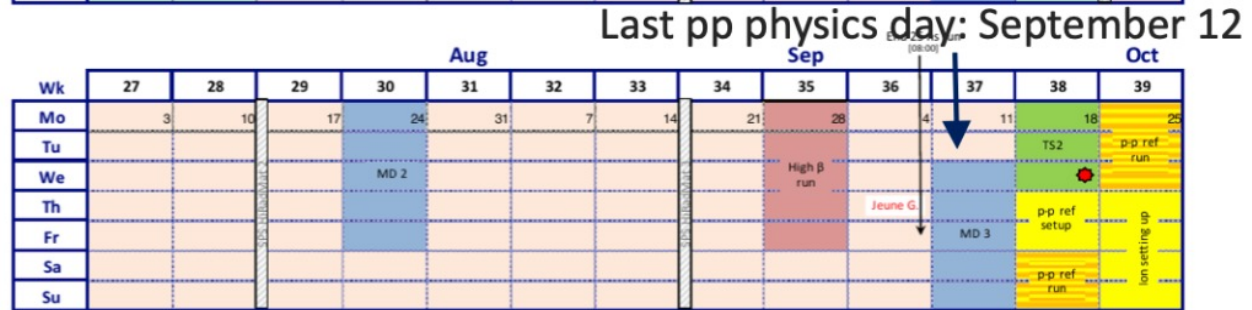
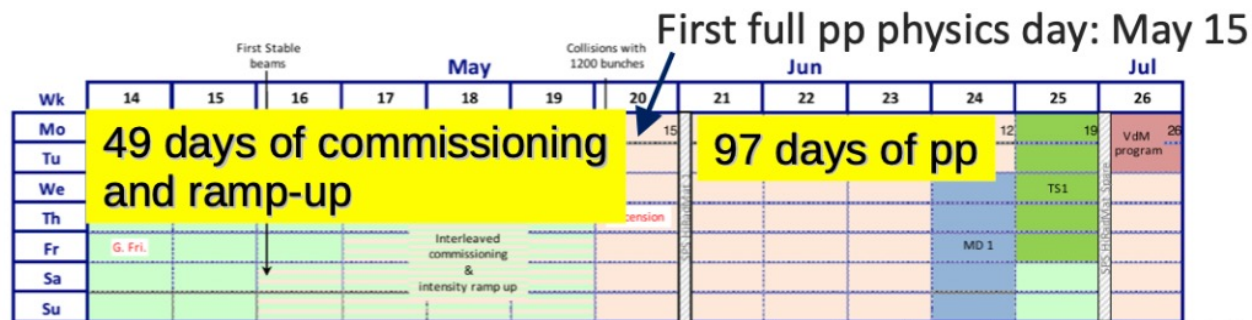
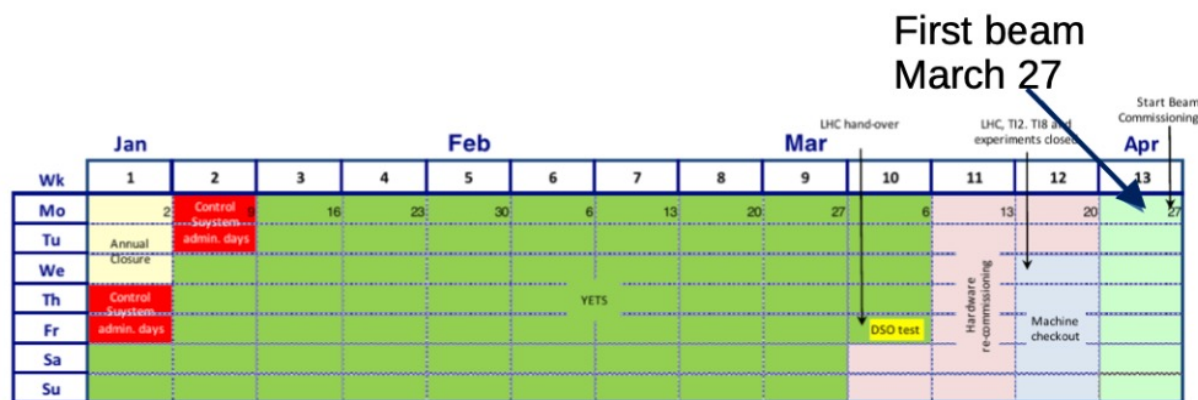
ATLAS/CMS: + 250 $\phi 6^{-1}$, LHCb + 25 $\phi 6^{-1}$



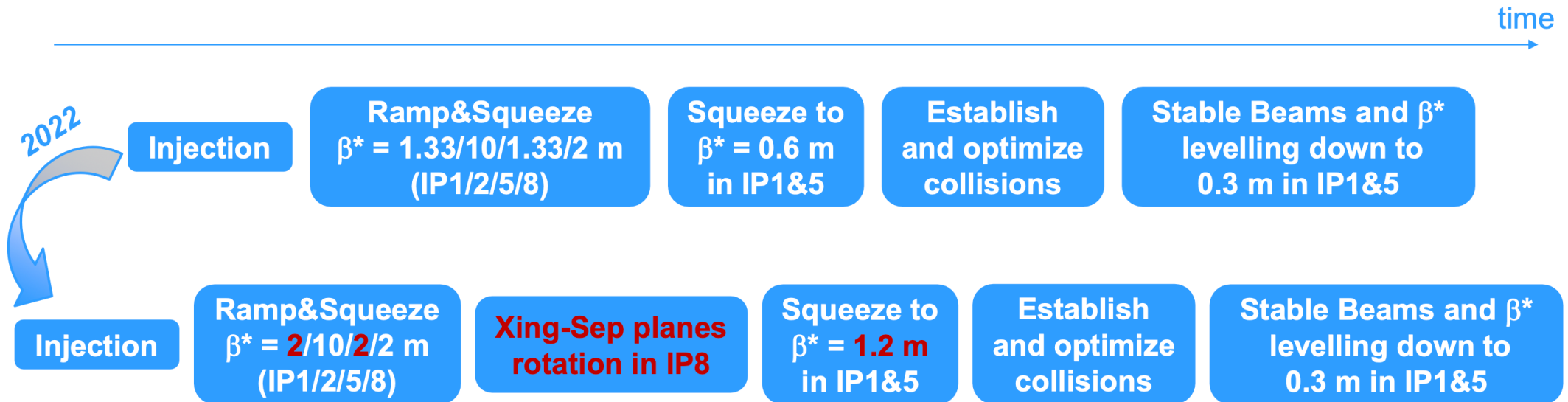
План на 2023 год (январь)

Activity	Duration [days]	Ratio [%]
Beam Commissioning & Intensity ramp-up	47	21.7
Scrubbing	2	0.9
25 ns physics (>1200 bunches)	97	44.7
Special physics runs (incl. setting-up)	7	3.2
Pb-Pb ions & p-p ref. setting-up	6	2.8
Pb-Pb ions physics & p-p ref. run	32	14.7
Technical stop	8	3.7
Technical stop recovery	2	0.9
Machine Development blocks (incl. floating MDs)	16	7.4
Total:	217	100%

Планируемая интегральная светимость в 2023 г.:
 ~ **100 fb⁻¹** (97 дней при ежедневном наборе 1.3 fb⁻¹)



Цикл работы ускорителя в 2023



Main differences for experiments between 2022 and 2023 cycles:

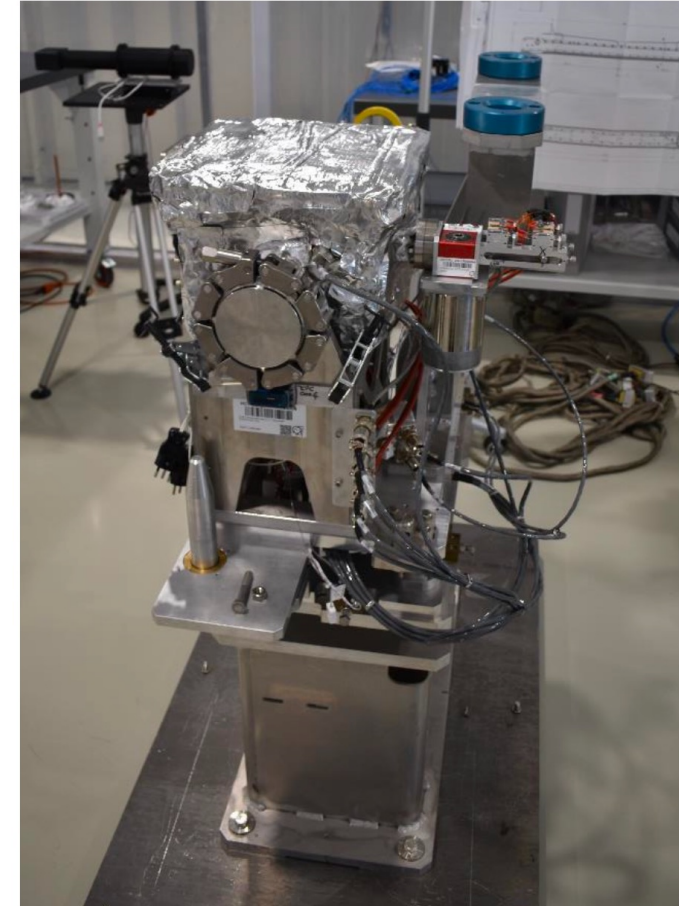
- **IP8 rotation** to provide same full crossing angle for any LHCb polarity – confirmed by LHCb
- **Much longer β^* levelling** from 1.2 m to 0.3 m (2022: 60-30cm) to maximise integrated luminosity - Tuned for bunch intensities of $1.8E^{11}$ ppb

Проверка и настройка ускорителя

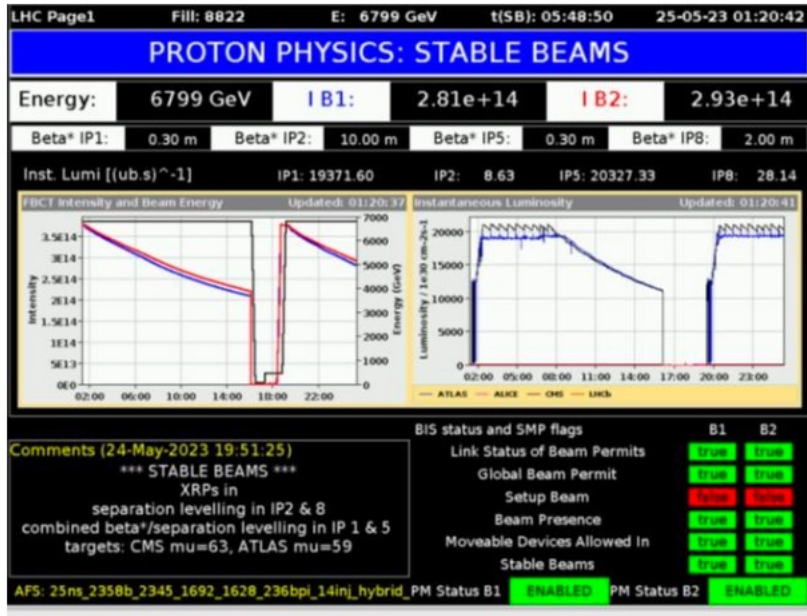
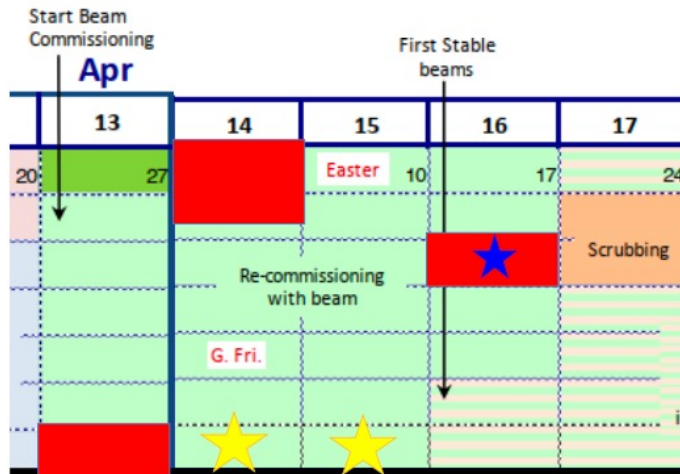
LHC, T12, T18 and experiments closed		Start Beam Commission	First Stable beams				
Apr		Apr	Apr		May		
11	12	13	14	15	16	17	18
13	20	Checkout + intervention point 7	3	Easter 10	17	24	1st May 1
Hardware re-commissioning	Machine checkout		Re-commissioning with beam				
			G. Fri.	Interleaved commissioning & intensity ramp up			
						Scrubbing	

Проблема с коллиматором на кристалле:

- Потеря управления положением, застрял в промежуточной позиции
- Был удалён, что потребовало разборки тракта
- Будет снова установлен во время технологической остановки, т.к. без него не получить номинальную интенсивность ионного пучка.
- Процедура заняла несколько дней.

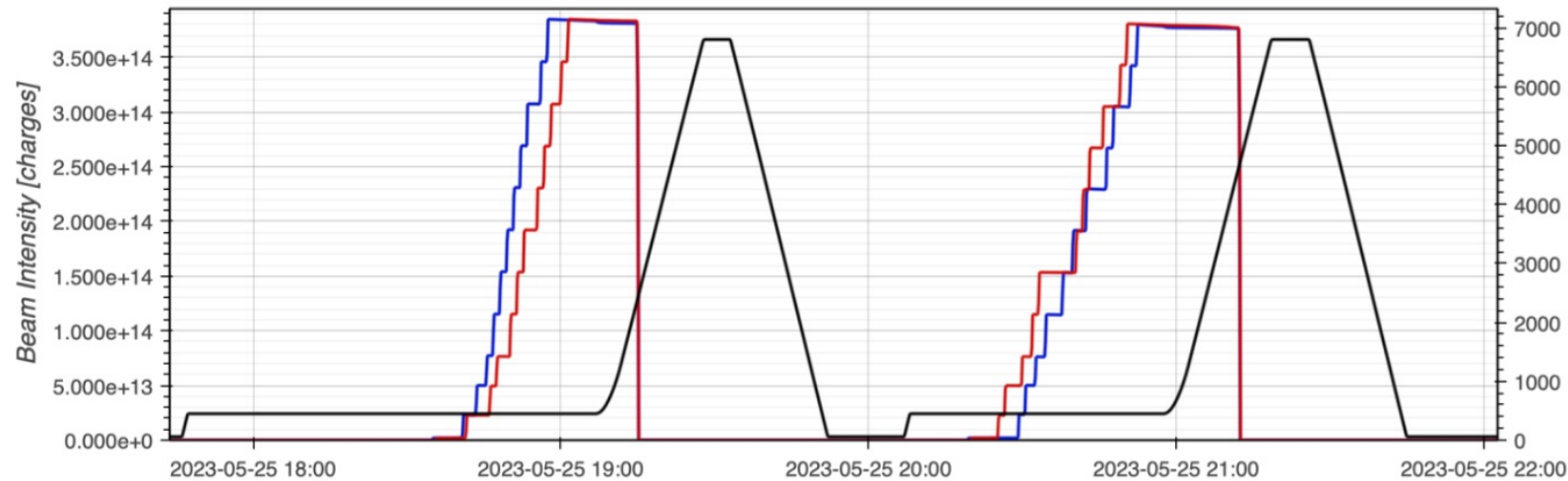


Настройка пучков

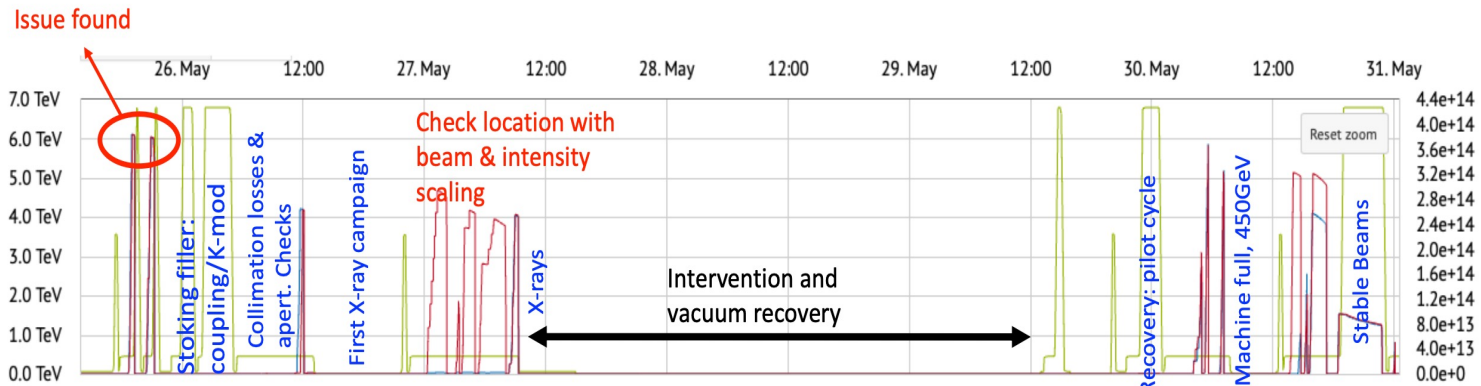


- Была успешно проведена настройка как протонных, так и ионных пучков.
- За счёт проведения тестов в ночное время отыграли потери из-за коллиматора.
- 24 мая установили рекорд интегральной светимости – 1.2 fb^{-1} в сутки (pileup ATLAS/CMS = 63/59, "Leveling" от $2.0 \times 10^{34} \text{ см}^{-1} \text{ с}^{-1}$)
- Максимальная допустимая светимость - $2.2 \times 10^{34} \text{ см}^{-1} \text{ с}^{-1}$

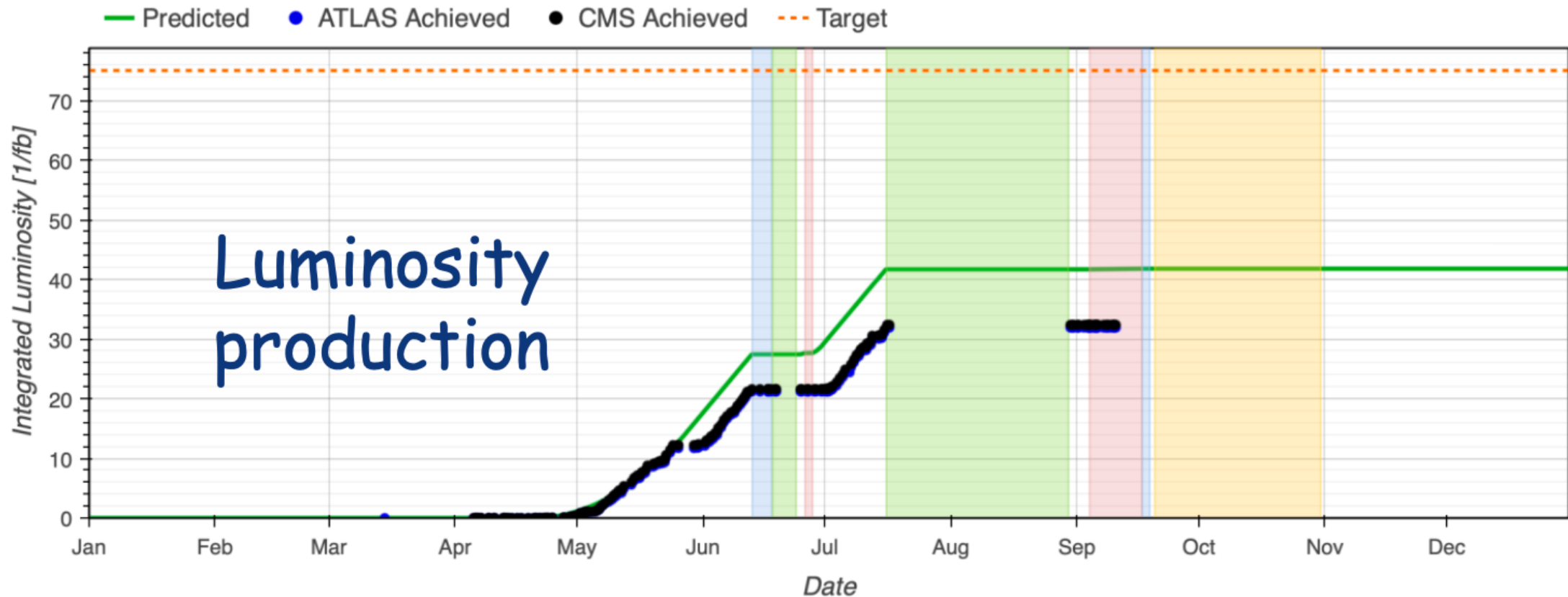
4L1 event (Target collimator Long Physics debris – TCL.4L1.B2)



- ВЛМ сбрасывал пучок во время ускорения.
- Поиск и устранение неисправности заняло неделю.



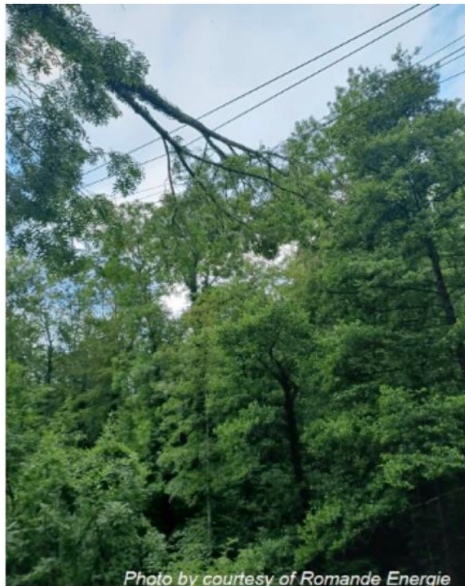
pp-collisions 2023



- После 4L1 режим ускорителя полностью не восстановился (ограничение по интенсивности при инжекции)
- Отработали 4.5 недели, набрали 32 fb^{-1} , а потом...

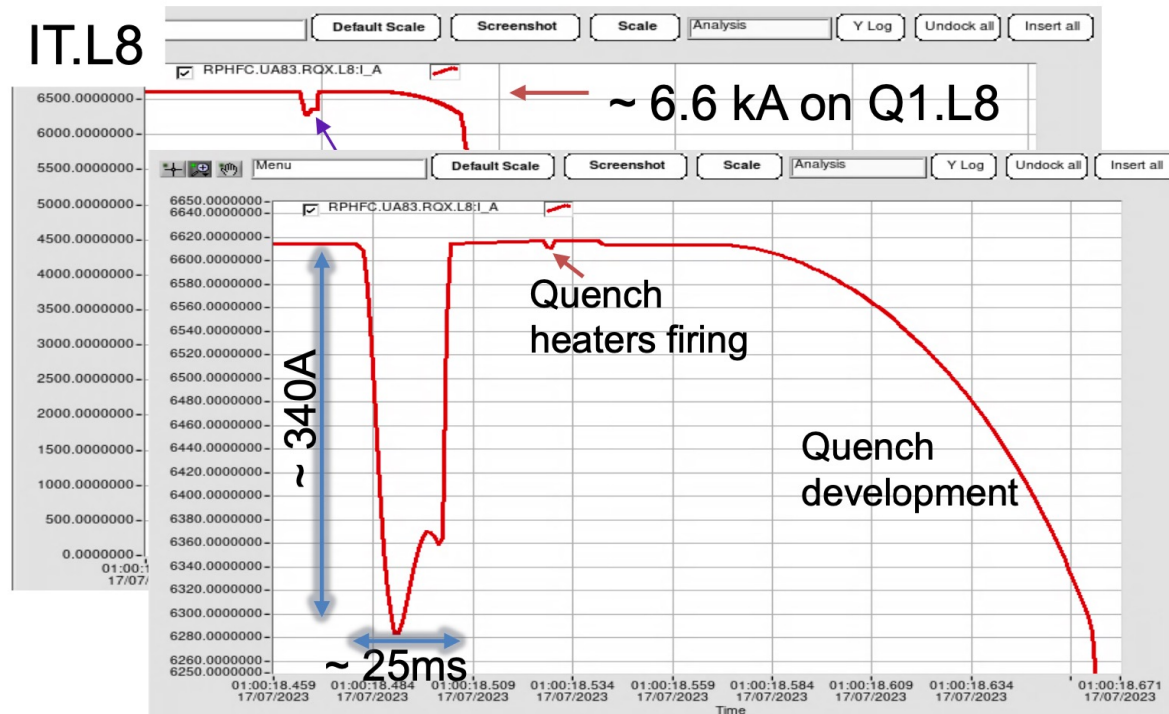
случилось 17 июля

- 1 am : At stable beam in the LHC since 9 min, an electrical glitch occurred on the RF and magnet circuits, dumping the beam and triggering the protection system of a few LHC circuits, which IT.L8.



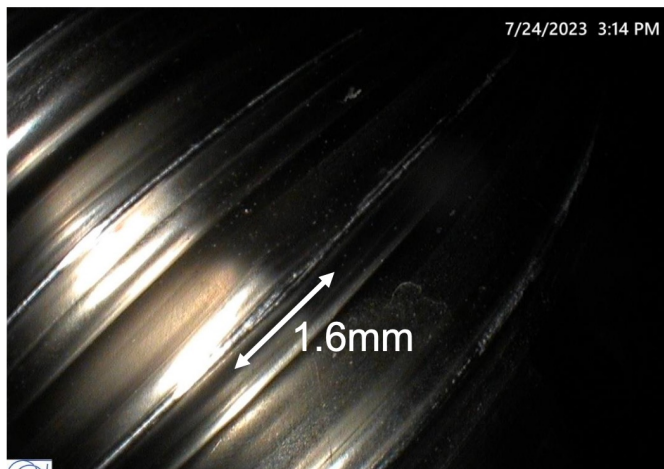
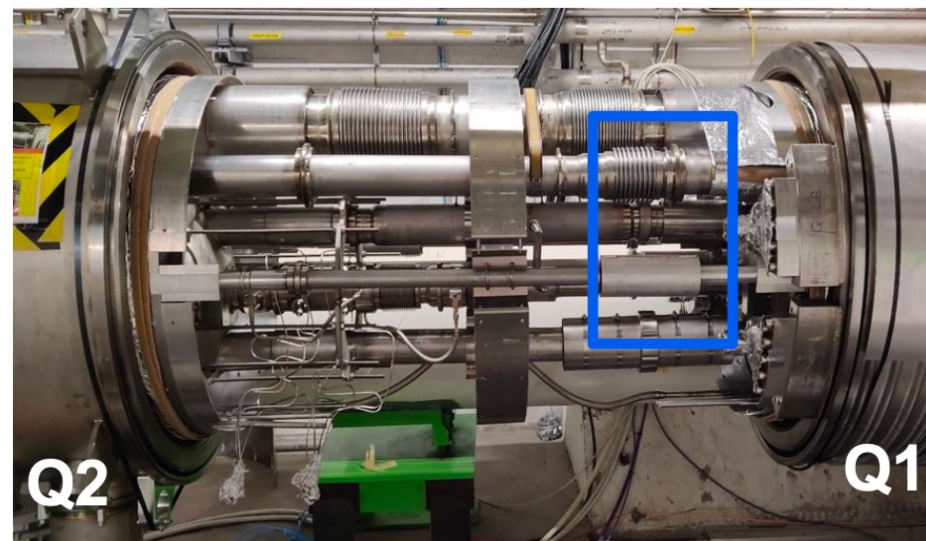
Monday, 17 July, 1 a.m.: ROOT CAUSE

The reason for the electrical glitch that caused the safety systems in the LHC to dump the beam and several magnets to quench was found: a tree on the Swiss side (about 55 km from CERN in the Canton of Vaud) fell on the power lines and disrupted the power system.



Signals measured by the quench detection system (QDS) are similar for a large current variation or a symmetrical quench (quench development in two adjacent coils). For the magnet protection, the quench heaters are triggered. Similar event occurred in Aug 22, without damage.

Как следствие



Утечка гелия из-за дырки в сильфоне криогенной линии между двумя магнитами:

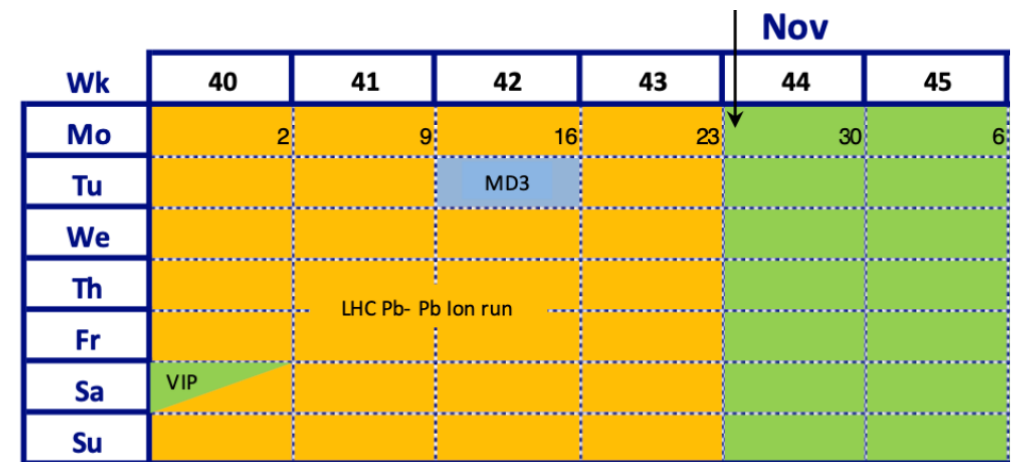
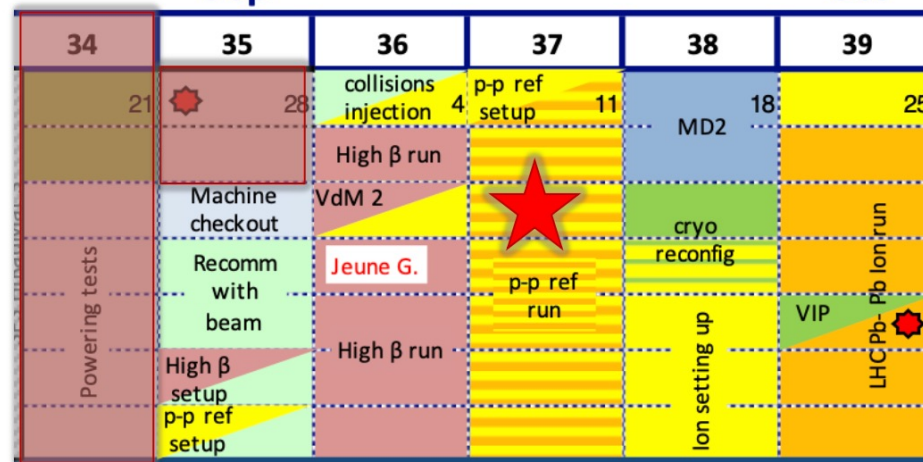
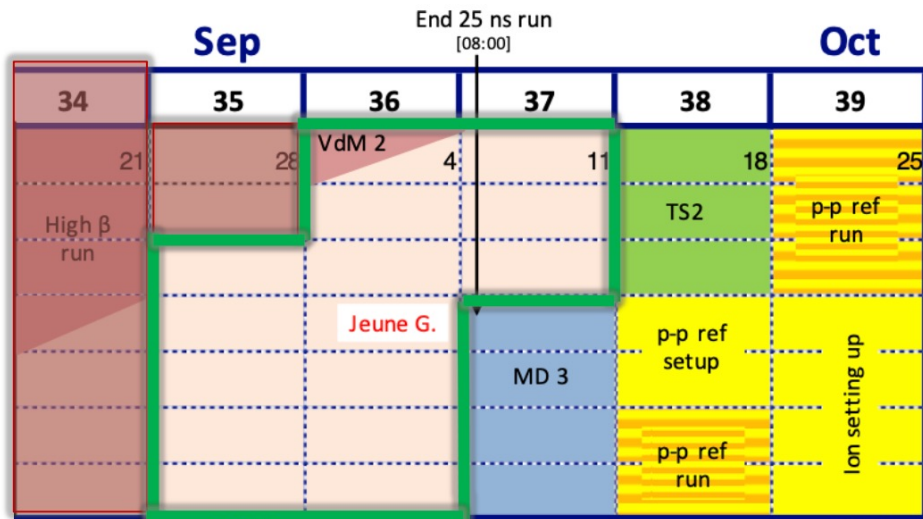
- Разморозка магнитов – 1 неделя
- Ликвидация течи – 1 неделя
- Охлаждение магнитов – 3.5 недели
- Проверка и подключение – 0.5 недели

Итого 1.5 месяца без пучка

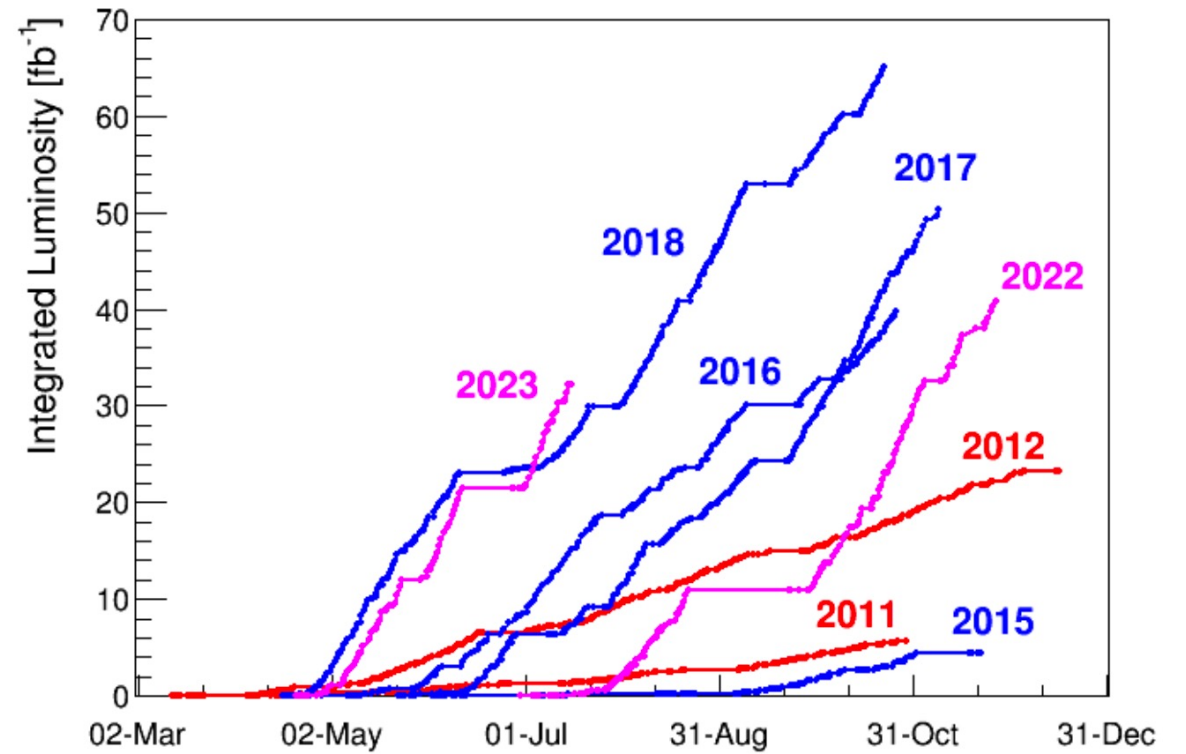
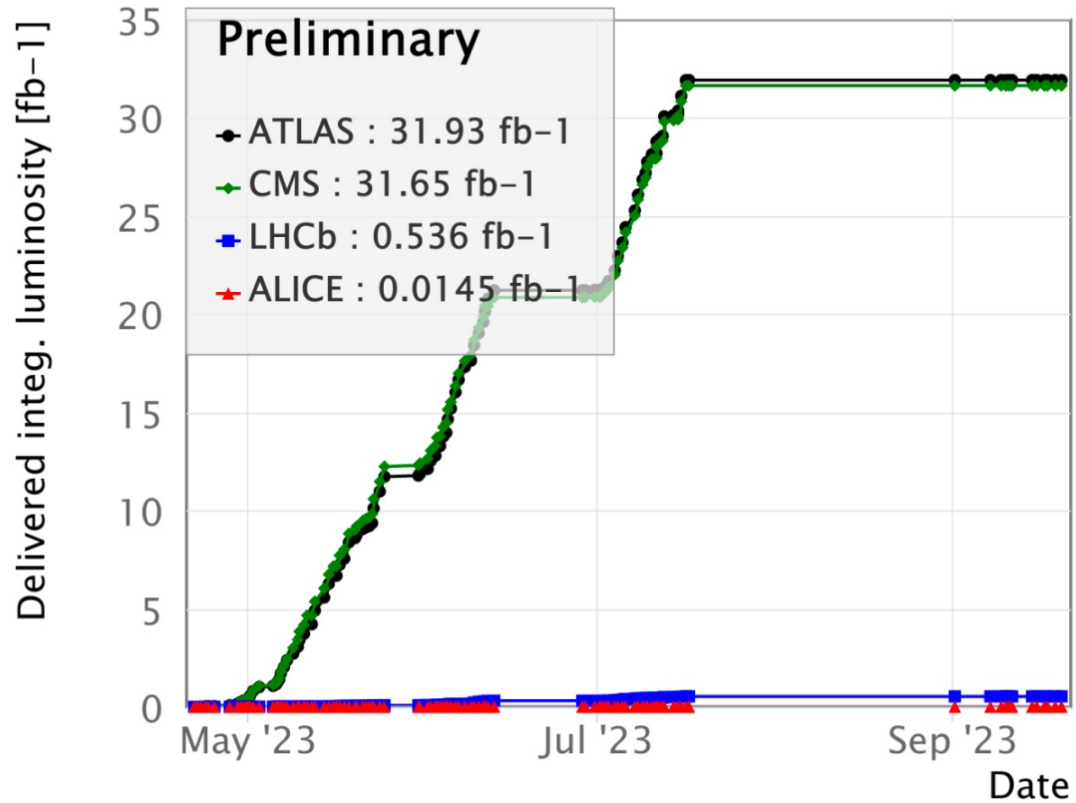
Последствия:

23-го августа было утверждено новое расписание

Вместо pp-collisions решено добавить одну неделю к ионному сеансу и провести high β -run.



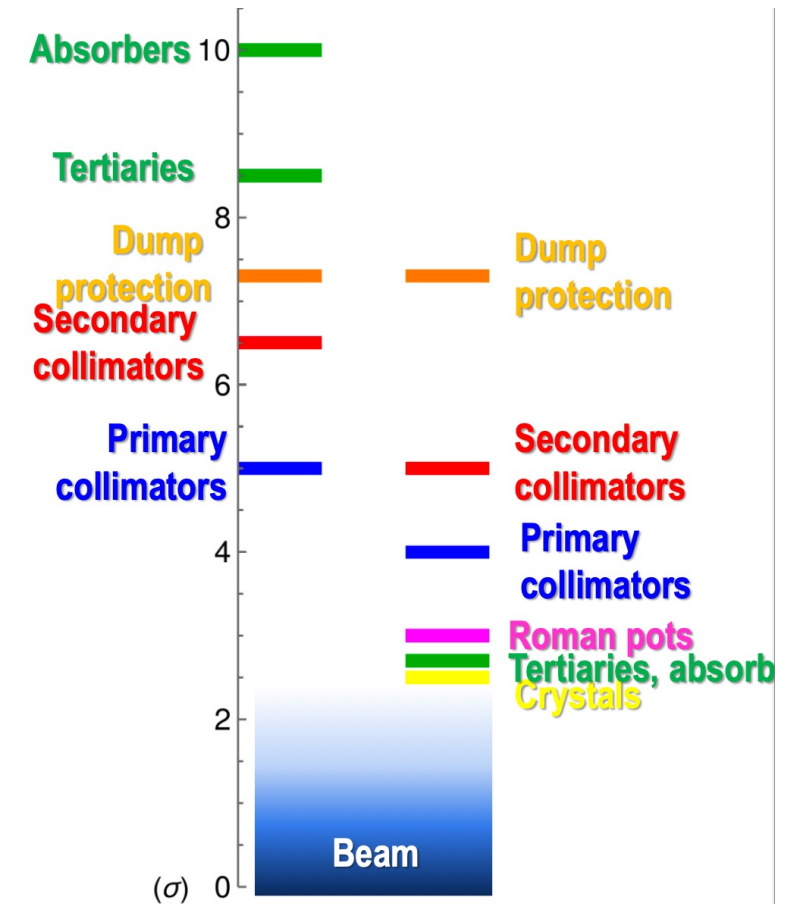
Итог протонной программы 2023



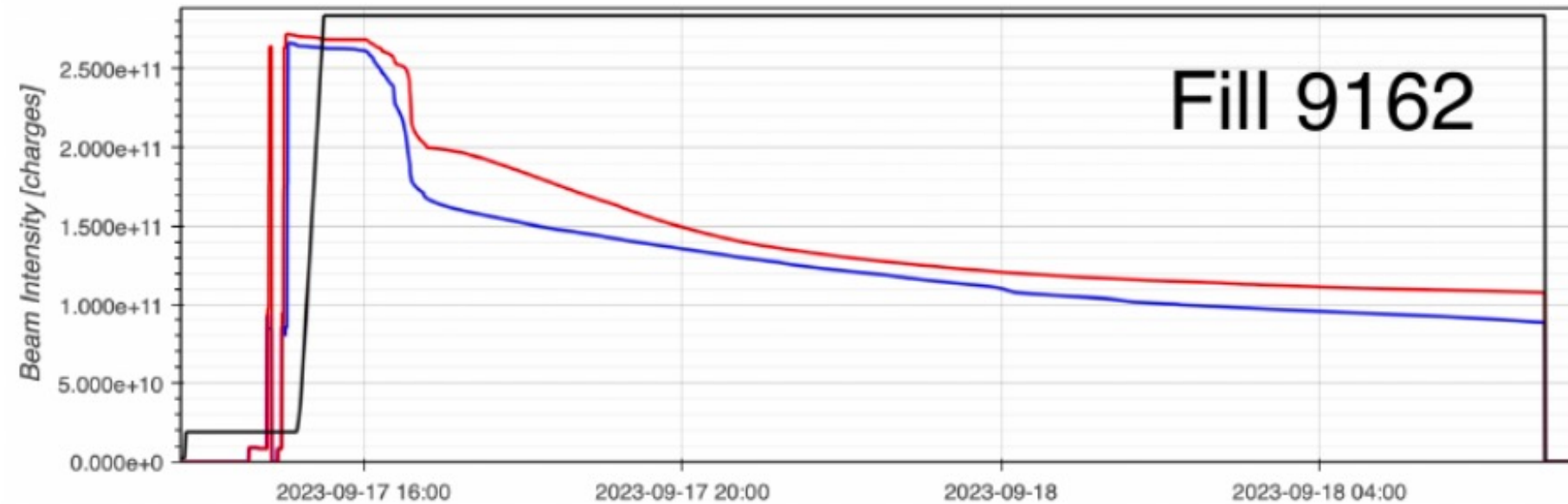
Хороший темп набора светимости до аварии

High- β run

- Форвардная физика с использованием детекторов ALFA (IR1) и TOTEM (IR5)
- Фокусировка пучков $\beta_x^* = 3$ км, $\beta_y^* = 6$ км
- Низкая интенсивность - несколько сгустков меньше 3×10^{11} p в сумме
- Сложная схема коллимации с использованием кристаллов:
 - коллиматоры располагаются ближе 3σ
 - некоторые коллиматоров с зазором ~ 1 мм
 - разница в положении коллиматоров ~ 10 мкм
 - большая чувствительность к дрейфу орбиты



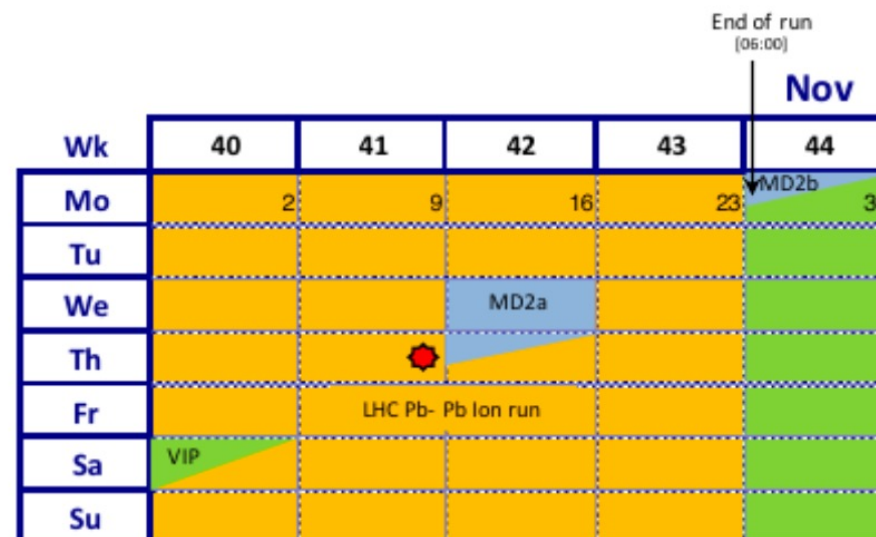
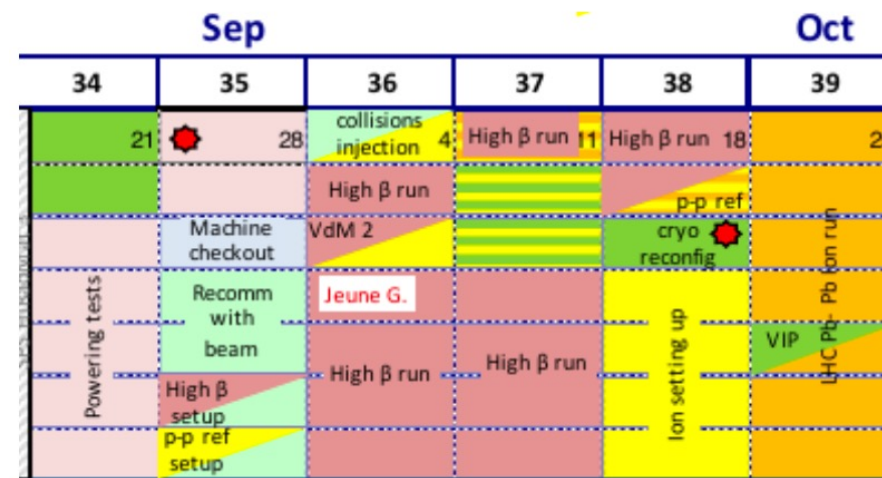
High- β run summary



- Суммарное время – 70 часов
- Накопленная светимость:
 - ALFA – 329 мкб^{-1} (300 мкб^{-1})
 - TOTEM – $\sim 300 \text{мкб}^{-1}$ (400 мкб^{-1})

Ионный сеанс

- Настройка пучков – 4 дня
- Набор данных – 32 дня
- Перерывы для VIP визитов, MDs, VdM
- Использованы несколько новинок:
 - Slip-stacked 50 ns beams
 - Коллимация кристаллами
 - TLDC коллиматор + отклонение VFPP орбит в IR2
 - отклонение VFPP орбит в IR8
 - Сжатие пучков во время подъёма магнитного поля



Crystal collimation

► Principle

- Halo particles trapped in potential well between crystalline planes
- Angular kick from crystal bending → Halo particles hit deeply in downstream absorber (standard collimator)
- Crystalline planes must be precisely aligned with respect to the beam with tolerance of $O(\mu\text{rad})$ at top energy

► First high-intensity physics run relying on crystal collimation

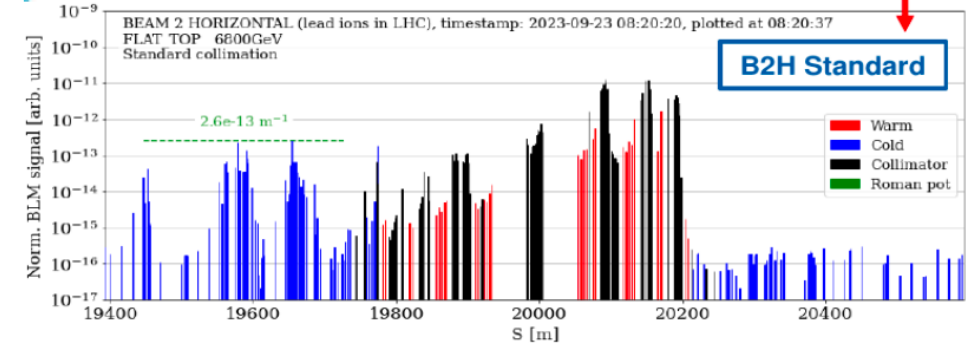
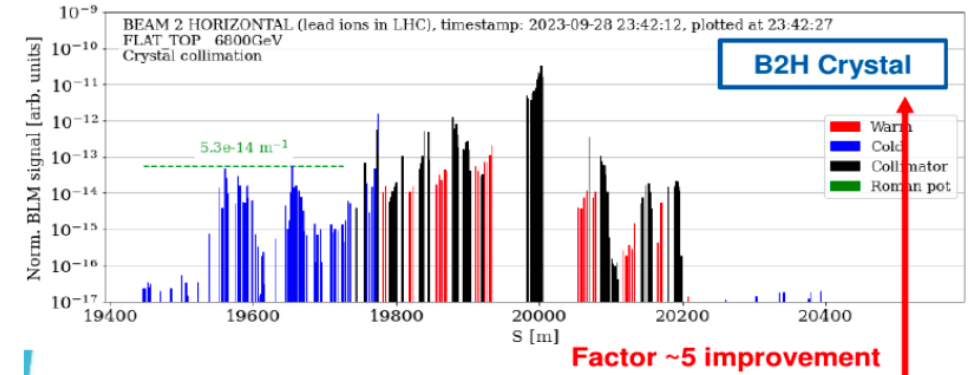
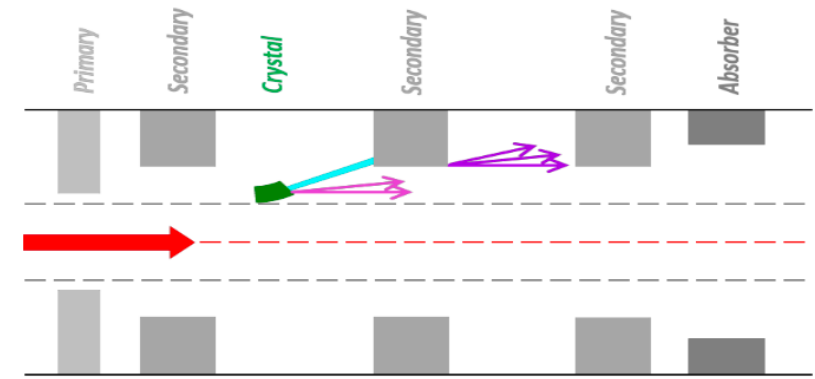
- Four new devices installed recently
- Setup non-trivial: alignment of both position and angle

► Observed drifts of optimal orientation for channeling

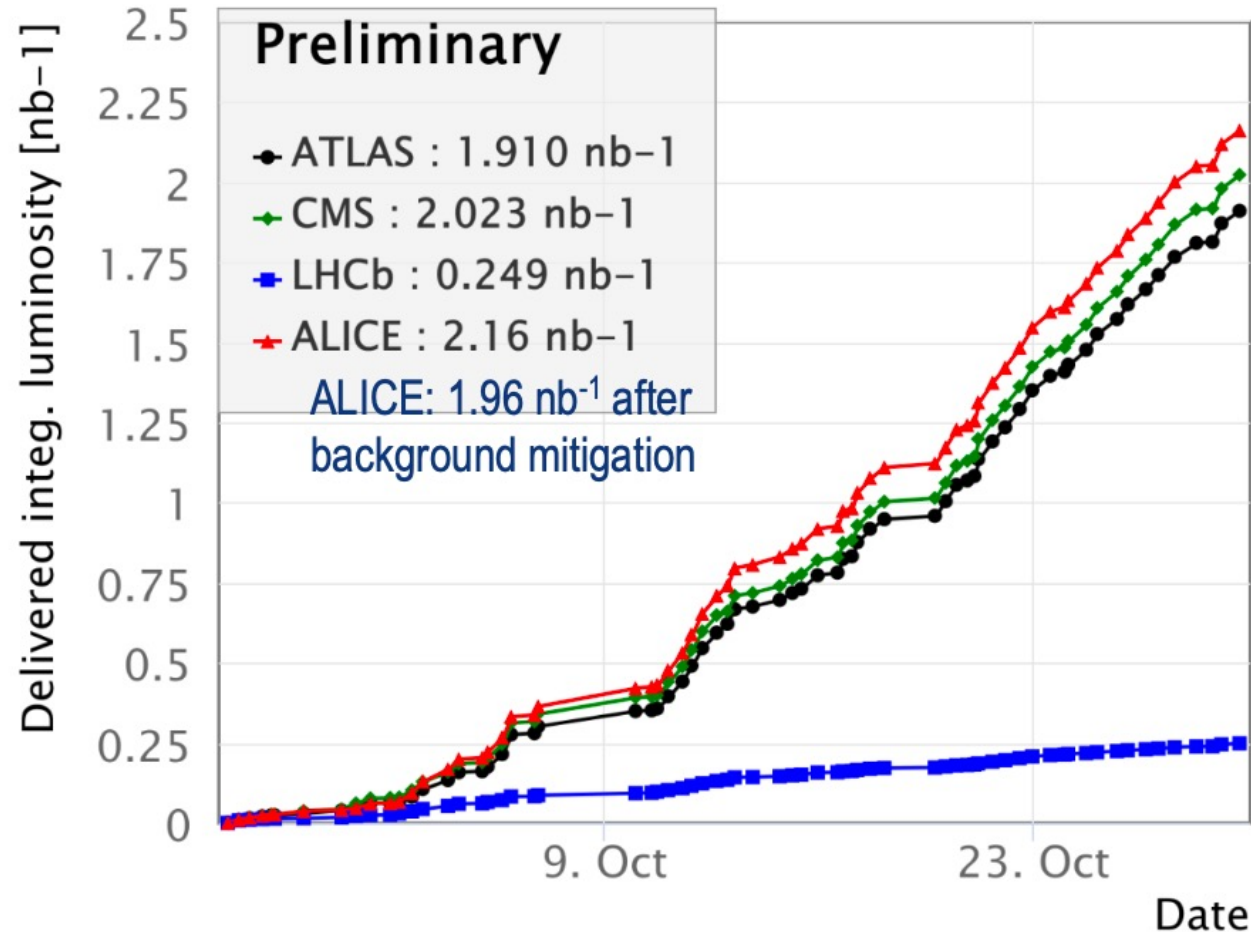
- Not yet fully understood
- Flat top mitigated by automatic re-optimizations; Not mitigated in ramp
- Possible correlation to temperature under investigation

► Cleaning performance

- Excellent performance demonstrated in channeling orientation
- Not performing well in amorphous, as expected



Интегральная светимость в 2023 г



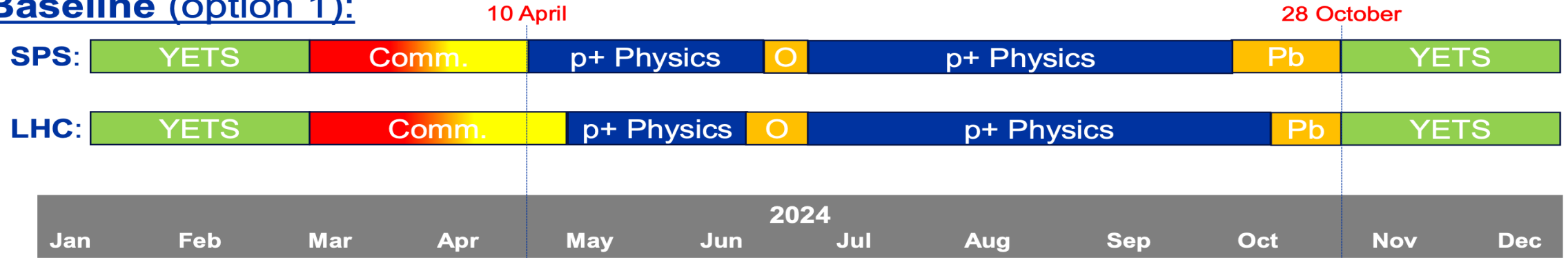
Интегральная светимость меньше чем планировалась. Но, несмотря на проблемы, все эксперименты собрали больше данных чем в 2018, а ALICE собрал больше данных чем за Run 1 и Run 2 суммарно.

Интегральная светимость в 2018:

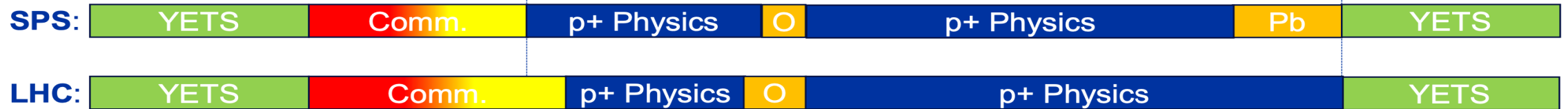
ATLAS: 1.797 nb⁻¹
CMS: 1.802 nb⁻¹
LHCb: 0.235 nb⁻¹
ALICE: 0.905 nb⁻¹

Планы на 2024

Baseline (option 1):



Alternative (option 2):



Дискутируемые пункты:

- Потерянное время для pp физики должно быть скомпенсировано
- Поскольку p-p reference run не состоялся в 2023 он должен быть запланирован в 2024
 - ZDCs не совместимы с увеличением интенсивности пучков и будут устанавливаться только на период p-p reference run
- Ионные сеансы (O, Pb) будут в SPS, даже если не будут затребованы LHC (нужны для SPSC и IEFC)

Long Term Schedule for CERN Accelerator complex



Спасибо за внимание.

С НОВЫМ ГОДОМ!