



Вячеслав Ключин (НИИЯФ МГУ)

Расчет электромагнитных сил, действующих в магнитном поле на пластины поглотителей адронов высокогранулярного калориметра CMS

«Ломоносовские чтения», Москва

5 апреля 2023

Вячеслав Ключин - НИИЯФ МГУ

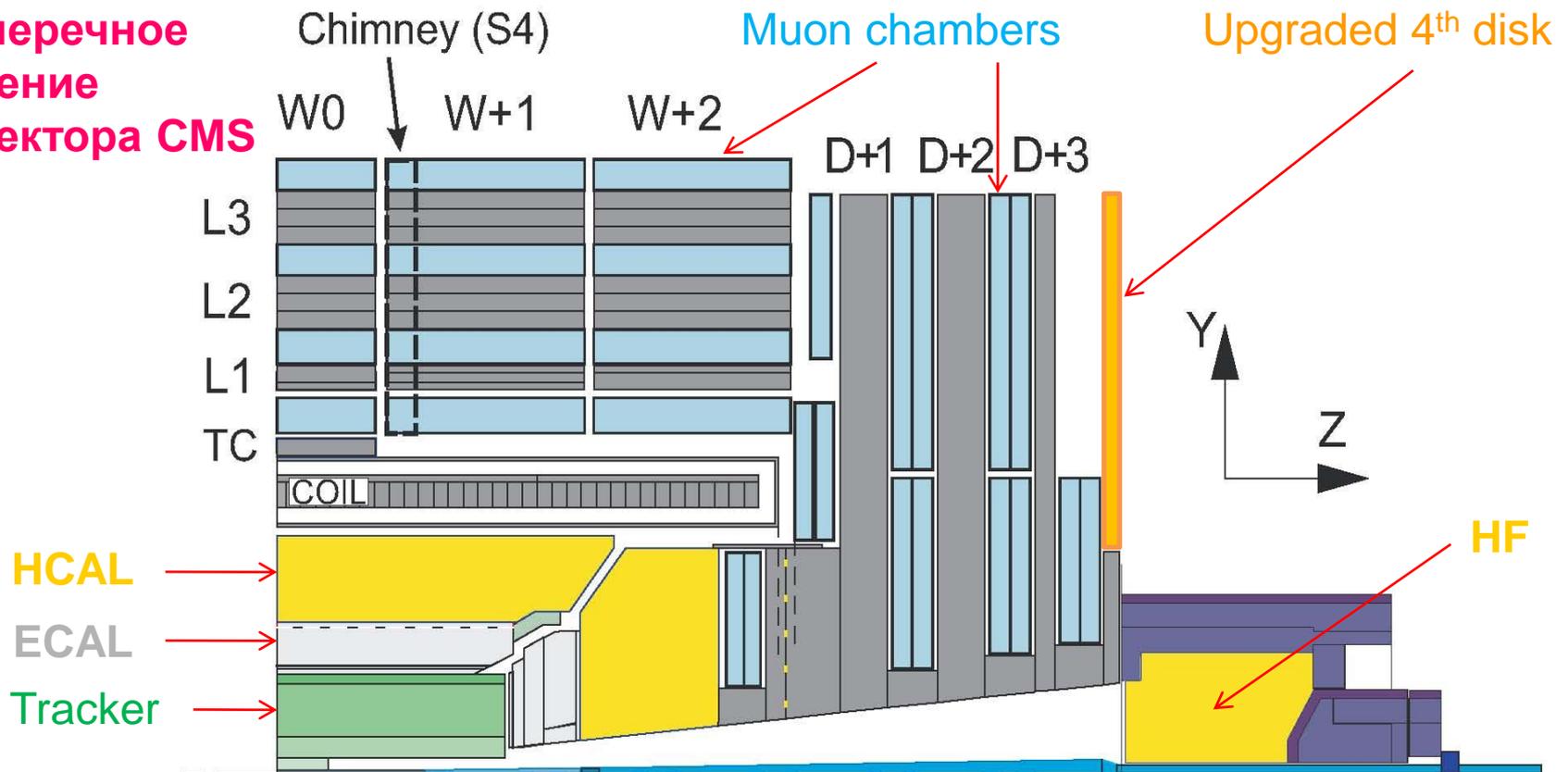
План доклада

- Краткое описание детектора **CMS**.
- Описание модели магнитной системы детектора **CMS**.
- Описание модели пластин поглотителя **HGCal**.
- Предел на величину **относительной магнитной проницаемости нержавеющей стали**, предполагаемой для изготовления пластин поглотителя **HGCal**.
- Поведение величины **относительной магнитной проницаемости нержавеющей стали** в зависимости от величины плотности магнитного потока.
- Расчет сил на **пластины поглотителей адронов HGCal** внутри соленоида **CMS**.
- **Заключение**.

Цель исследования

- После окончания **сеанса III** на **Большом адронном коллайдере**, **торцевой адронный калориметр** детектора **CMS**, размещённый внутри **сверхпроводящего соленоида CMS** будет заменён новым **высокогранулярным калориметром HGCal**, состоящим из кремниевых детекторов и пластин поглотителя, выполненных из **нержавеющей стали**, **относительная магнитная проницаемость** которой должна быть **меньшей величины 1,05**.
- В данном исследовании произведен расчет электромагнитных сил на пластины поглотителей адронов калориметра **HGCal** внутри сверхпроводящего соленоида **CMS**.

Поперечное сечение детектора CMS



Superconducting coils inside the cryostats – in dark grey;

Inner tracker – in green;

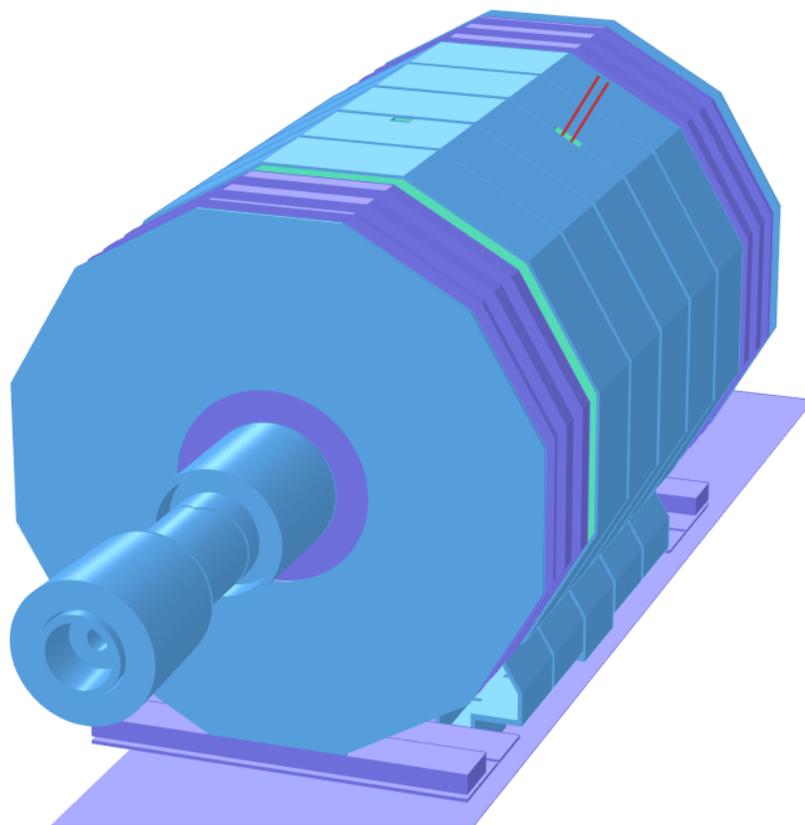
Electromagnetic calorimeter – in light grey;

Hadronic calorimeter – in yellow;

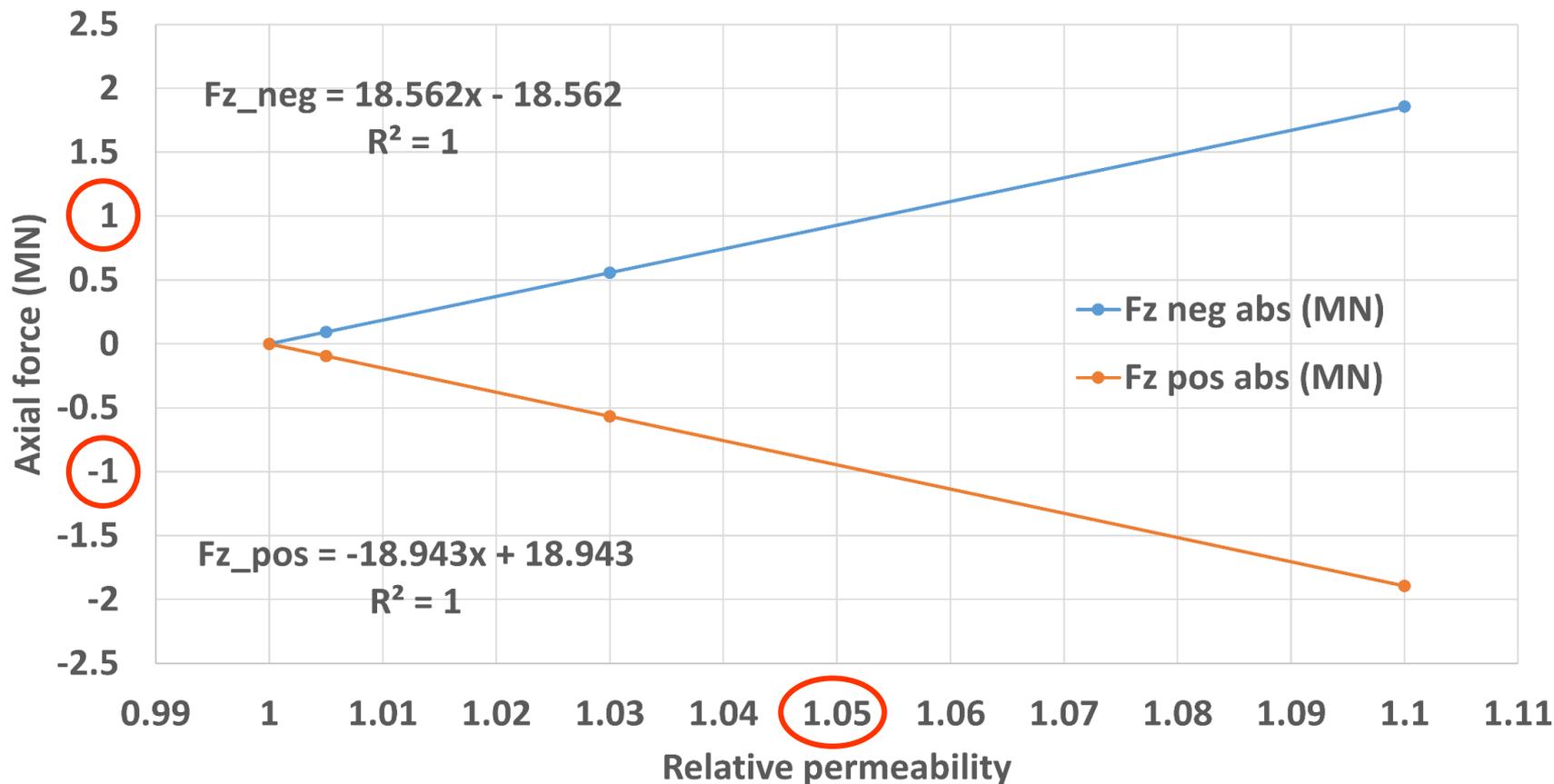
Muon chambers – in light blue;

Magnet yoke – in dark grey;

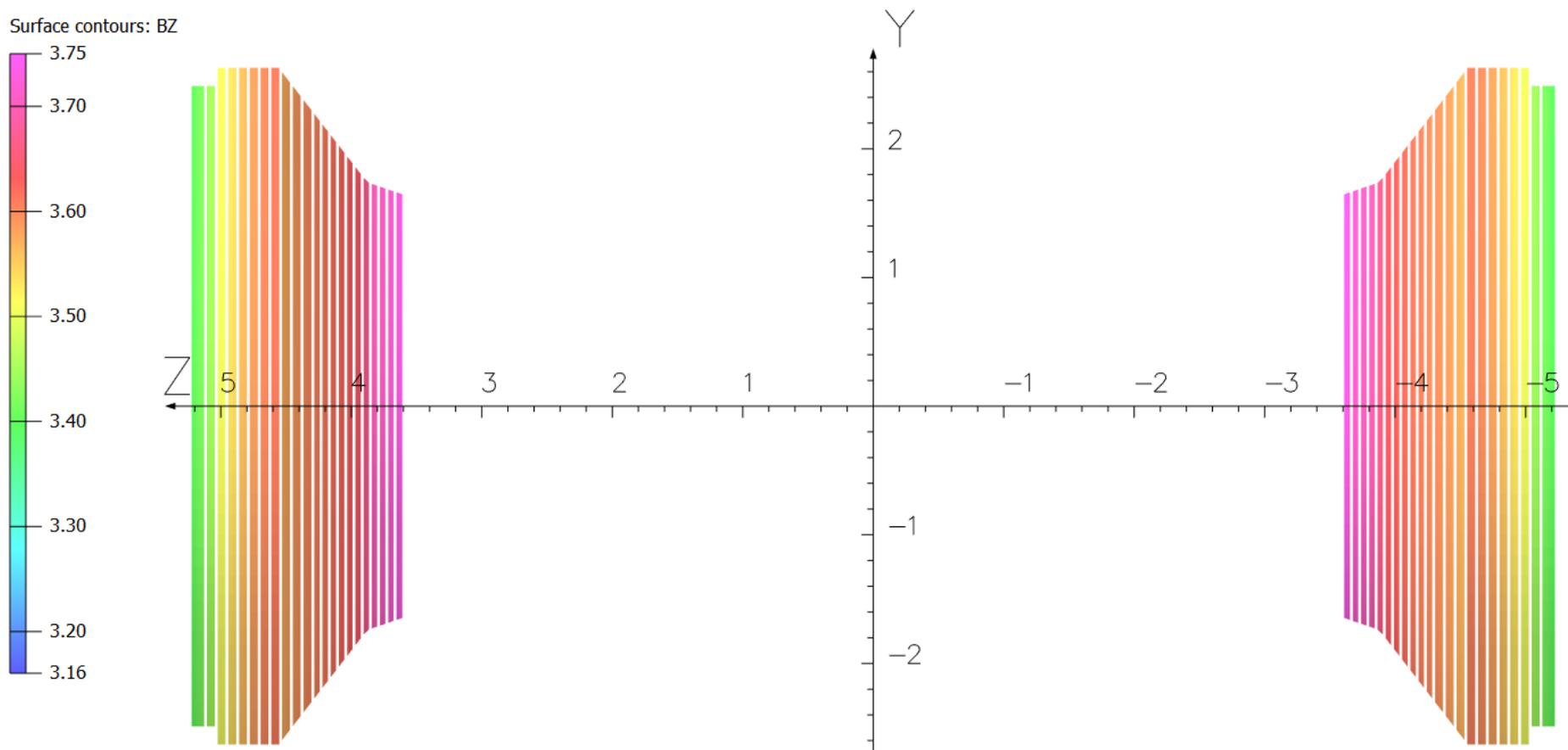
Radiation protection shield – in violet.



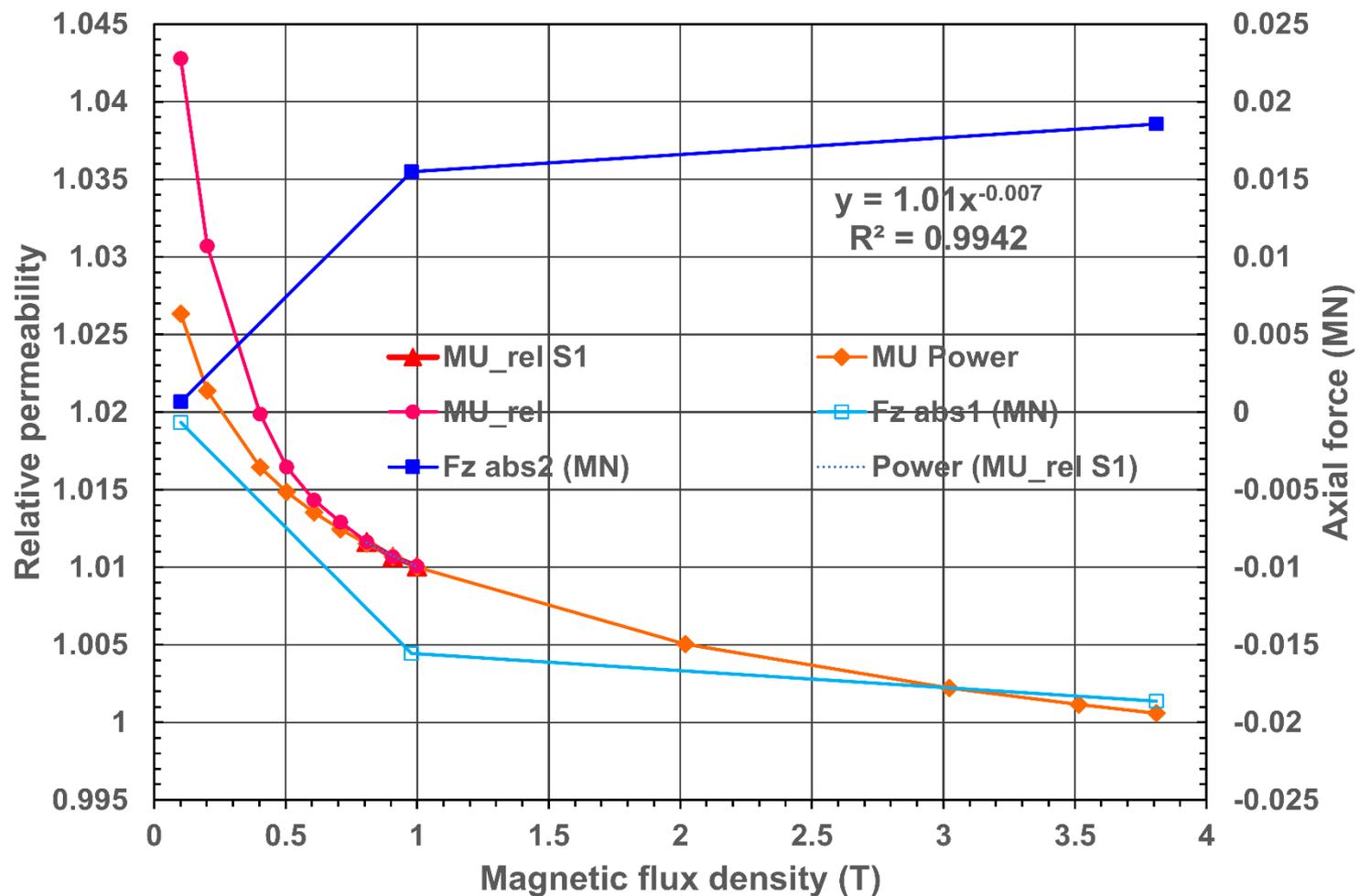
Трёхмерная модель детектора **CMS** включает в себя **сверхпроводящий соленоид** с магнитной индукцией **3,8 Тл** диаметром **6 м** и длиной **12,5 м** и стальное **ядро магнита** весом **10000 т** с внешним диаметром **15 м**. Полный ток в **соленоиде** составляет **39,6 МА-витков**. **Энергия, запасенная** в магнитной системе при поле **3,81 Тл** составляет **2,28 ГДж**. Вклад центральной части **ядро магнита** в величину центральной **плотности магнитного потока** составляет **7,97%**. Вклад передних стальных элементов и пола экспериментального зала составляет **0,03%**.



Продольная составляющая **магнитной силы**, действующей на пластины из нержавеющей стали поглотителей адронов высокогранулярного торцевого калориметра **HGCal**, в зависимости от величины **относительной магнитной проницаемости нержавеющей стали**. Предел механической прочности конструкции на уровне **1 МН** ограничивает значение **относительной магнитной проницаемости** сверху величиной **1,05**.

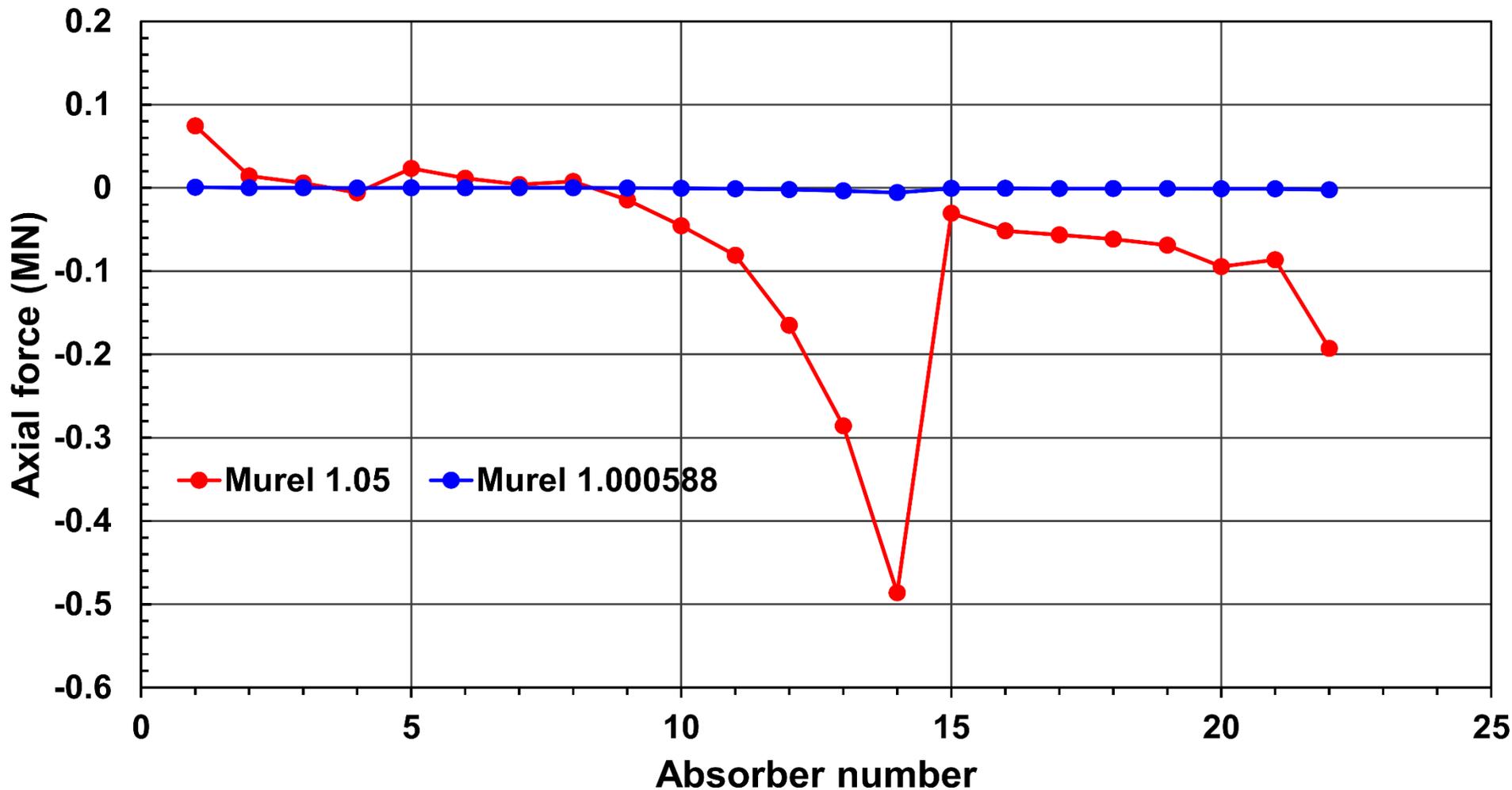


Вид пластин поглотителей **HGCal** в продольном сечении внутри соленоида детектора **CMS**. При величине **относительной магнитной проницаемости 1,05** **аксиальная плотность магнитного потока** на поверхности пластин падает с **3,75 до 3,16 Тл (-15,7 %)**. Деление цветовой шкалы составляет **0,1 Тл**.



Измеренная **относительная магнитная проницаемость (MU_rel S1)** в зависимости от величины приложенной к образцу **плотности магнитного потока (Тл)**, аппроксимированная **степенной функцией (MU Power)**. Расчет **аксиальных сил (МН)** на каждый поглотитель **HGCal** в зависимости от величины **центральной плотности магнитного потока** внутри соленоида **CMS**.

Axial forces on absorbers at 3.81 T



Расчет **аксиальных сил (MN)** на каждую пластину поглотителя **HGCaI** для двух значений **относительной магнитной проницаемости**: максимального **1,05** и **1,000588**, соответствующего **центральной магнитной индукции 3,81 Тл**.

Заключение

- Разработана модель магнита **CMS**, включающая в себя по **22** пластины из нержавеющей стали каждого торцевого поглотителя **HGCaI** с толщинами **45** (1), **41,5** (2-11), **60,7** (12-21) и **95,4** (22) **мм** и воздушными промежутками **21,55 мм** между ними.
- При предельном значении **относительной магнитной проницаемостью 1,05** максимальная аксиальная сила на пластину (14 толщиной **60,7 мм**) составляет **0,486 МН**, а полная **аксиальная сила** на **22** пластины – **1,584 МН**.
- При значении **относительной магнитной проницаемостью 1,000588**, соответствующем **центральной магнитной индукции 3,81 Тл**, максимальная аксиальная сила на пластину (14 толщиной **60,7 мм**) составляет **5,72 кН**, а полная **аксиальная сила** на **22** пластины – **18,6 кН**, что в **85** раз меньше.

Спасибо за внимание!