

# Методы получения сильных и сверхсильных полей

Сверхсильные импульсные магнитные поля получают чаще всего при разряде ёмкостных накопителей энергии на одновитковые соленоиды

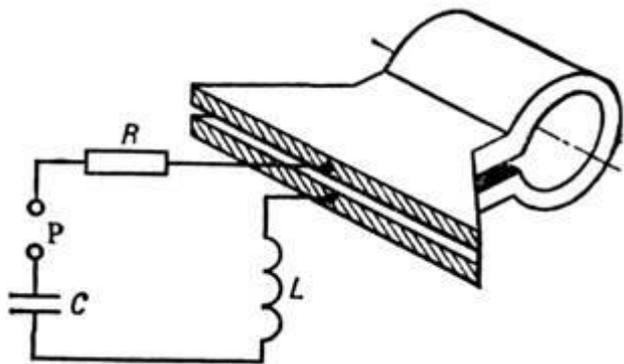
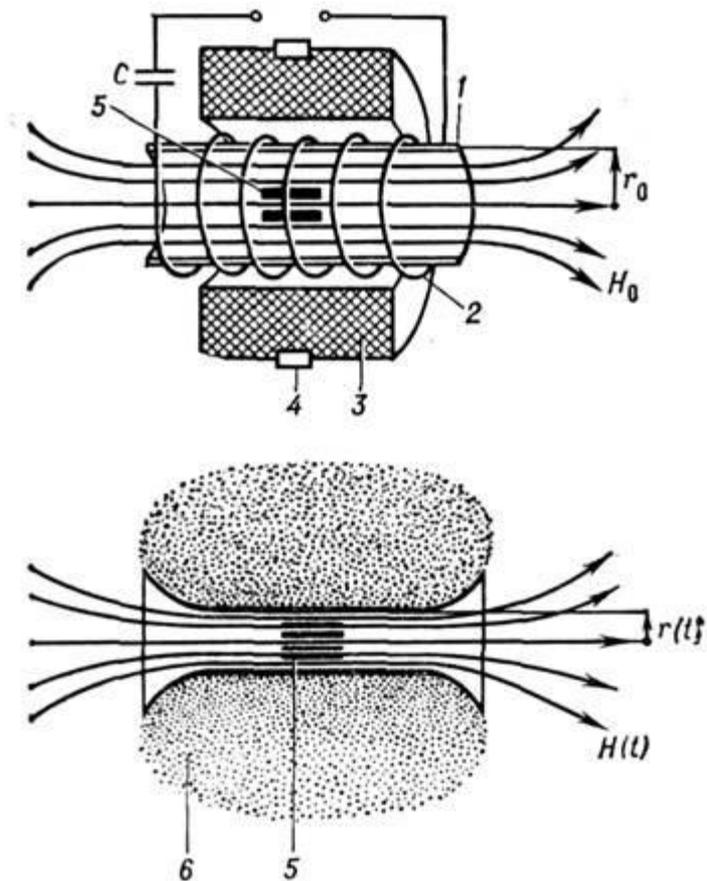
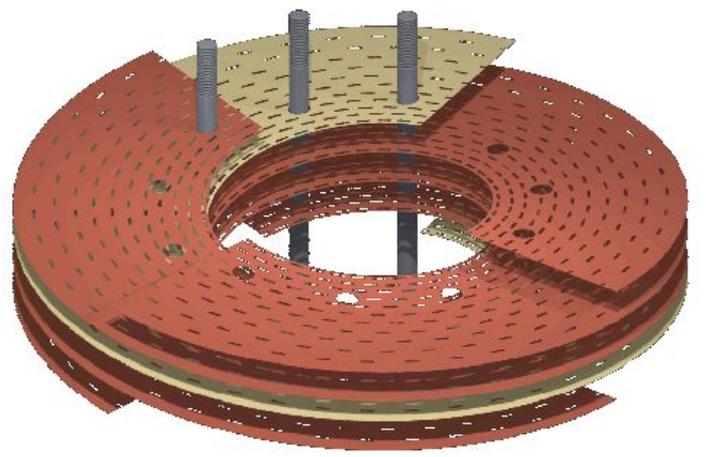
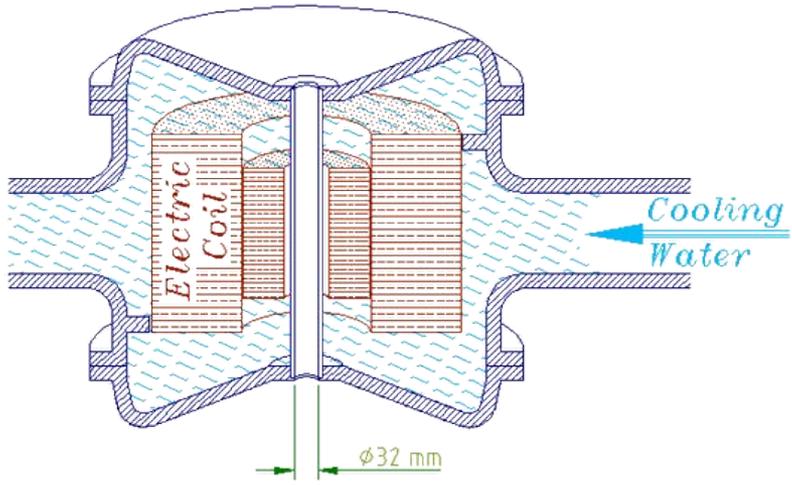
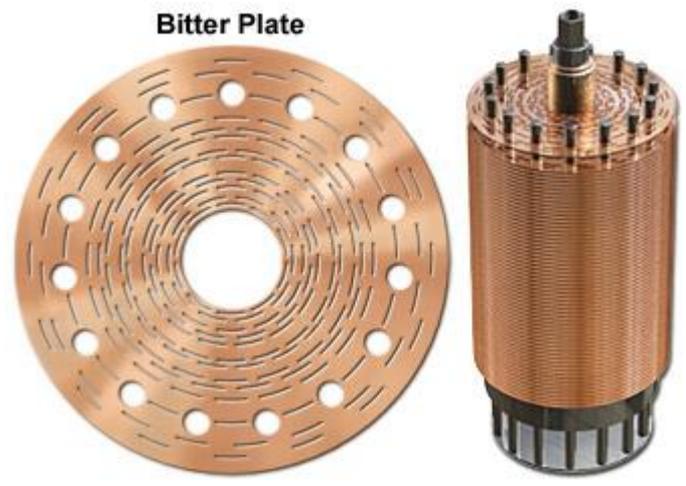
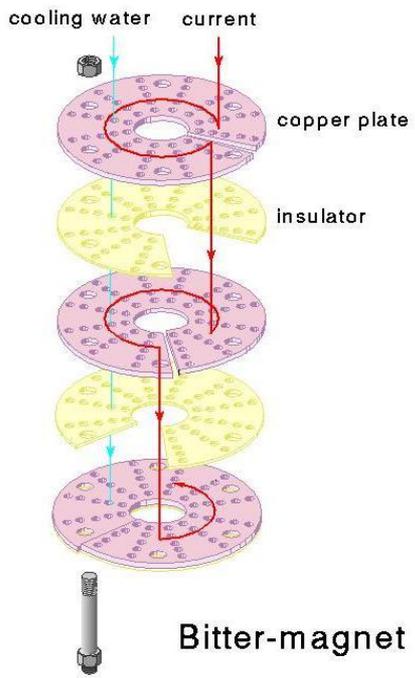


Рис. 3. Одновитковый соленоид, включённый в цепь конденсаторной батареи:  $C$  - конденсаторная батарея;  $P$  - разрядник;  $R$  - сопротивление контура;  $L$  - внутренняя индуктивность контура.

## Метод сжатия магнитного потока



# Магниты Биттеровского типа



**Гибридные магниты.** *Magnet Laboratory, National Research Institute of Materials Science, Tsukuba, Japan*



Hybrid magnet inserted with a superconducting magnet creates a high magnetic field at room temperature; 32 tesla in 52 mm bore or 35 tesla in 30 mm bore.

**Specifications**

- 3He cryostat
- 42 K variable temperature insert cryostat
- Inserted superconducting magnet creates :14 T

**Main Purposes**

- Characteristics evaluation of superconducting materials under high magnetic fields
- Solidifying polymers or metals under high magnetic fields



**Water Cooled Magnet**

**Specifications**

- Dilution-refrigerator cryostat (100 mK)
- 4.2 K cryostat
- Easy to control magnetic field strength

**Main Purposes**

- Physical property measurements
- Solidification under high magnetic fields



The National High Magnetic Field Laboratory  
Florida State University, Tallahassee, FL

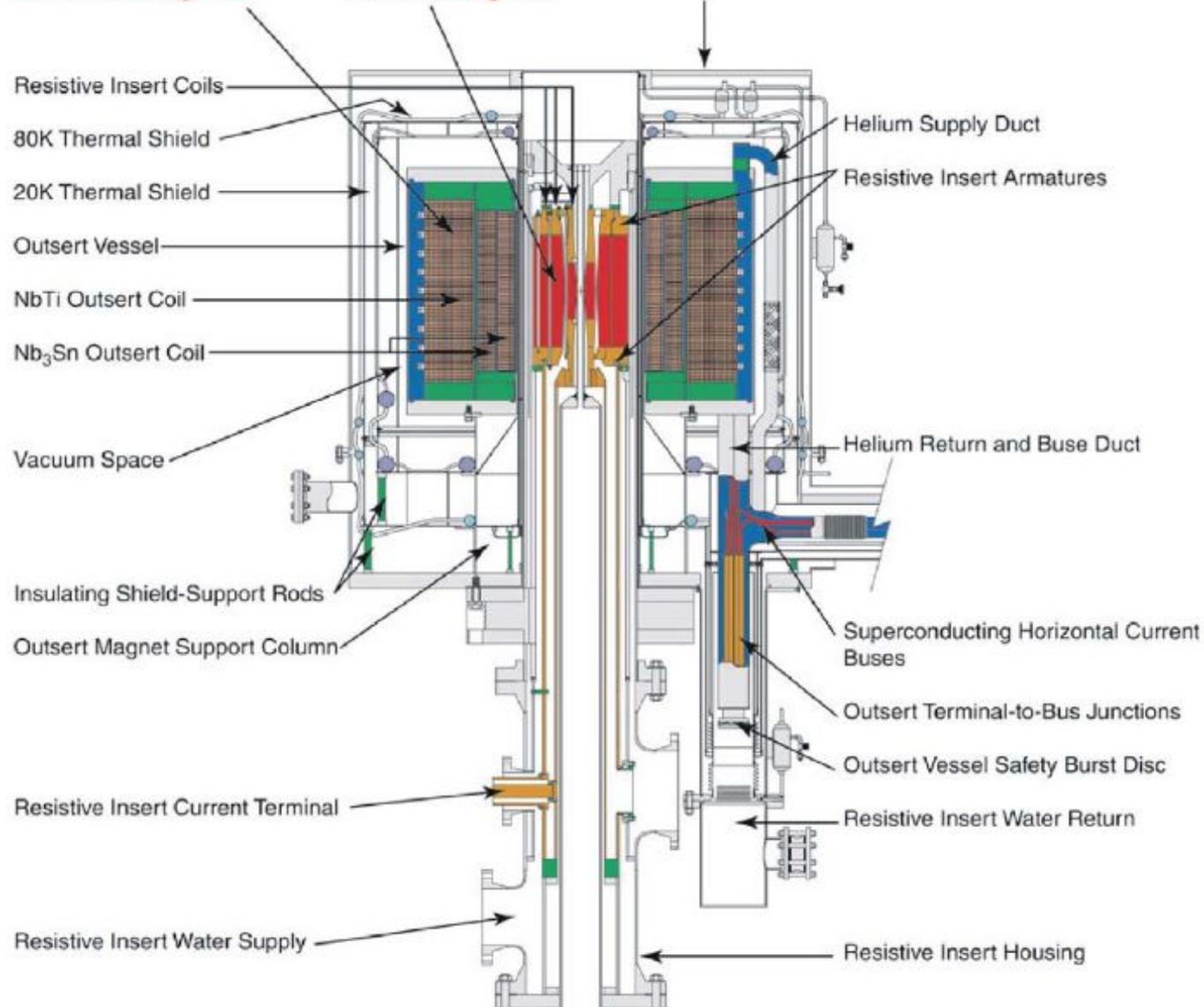
*45 Tesla Hybrid Magnet*

*from  
ground floor*

### Superconducting Outsert Magnet

### Resistive Insert Magnet

### Outsert Magnet Cryostat

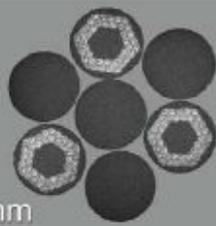


## Superconductive Coil Materials

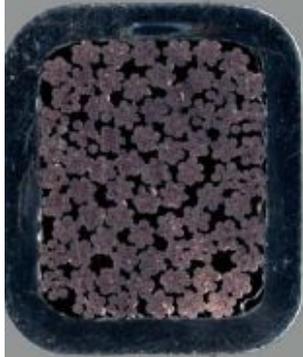
- A- Niobium, Tin w/ Cu base*
- B- Niobium, Tin w/ Cu base*
- C- Niobium, Titanium w/ Cu*



Scale: 1 mm



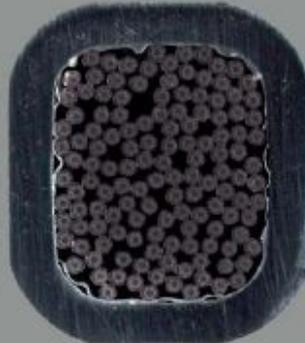
Scale: 5 mm



A



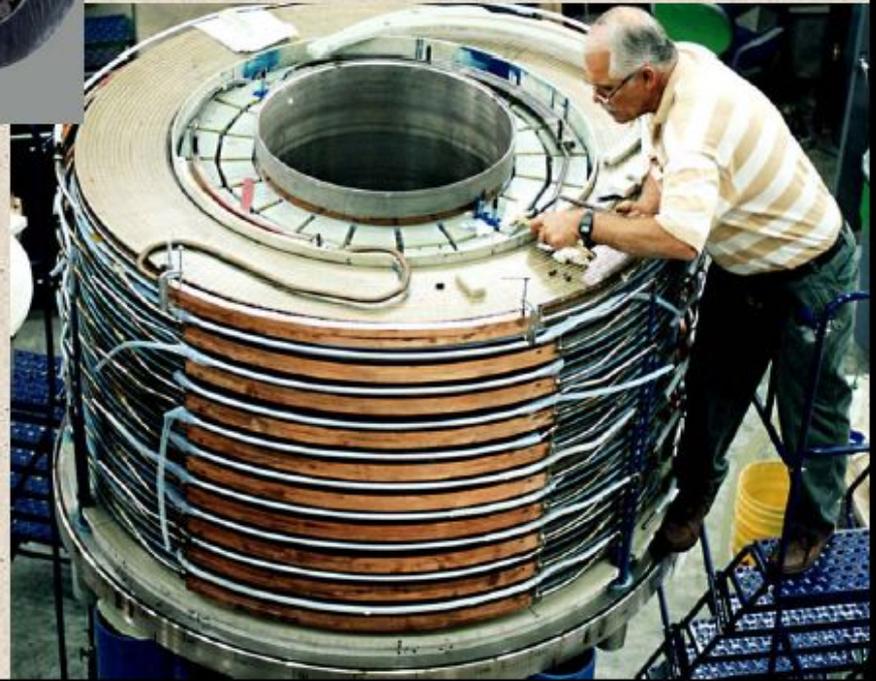
B



C

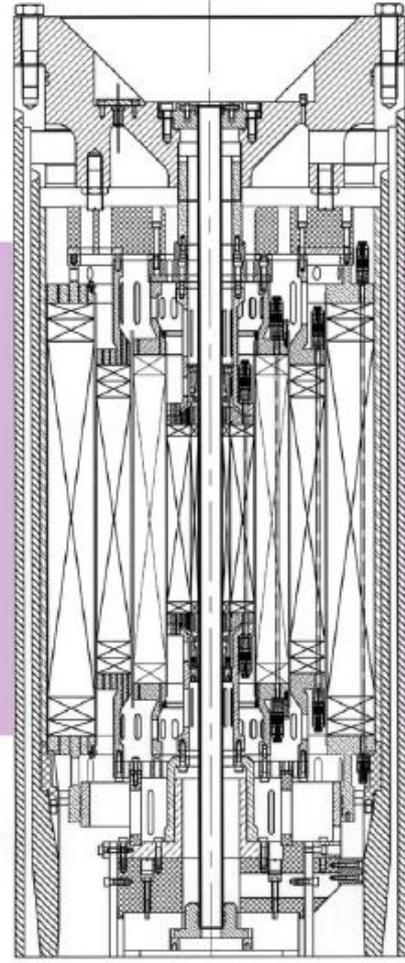
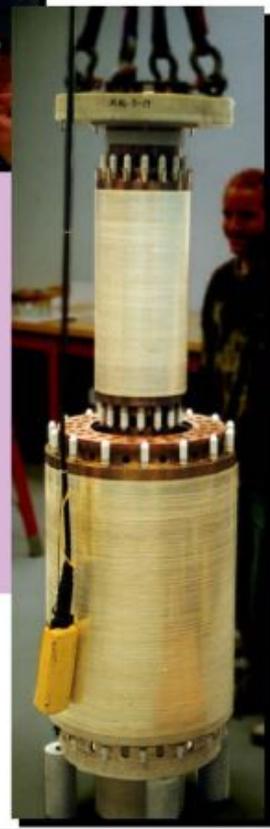
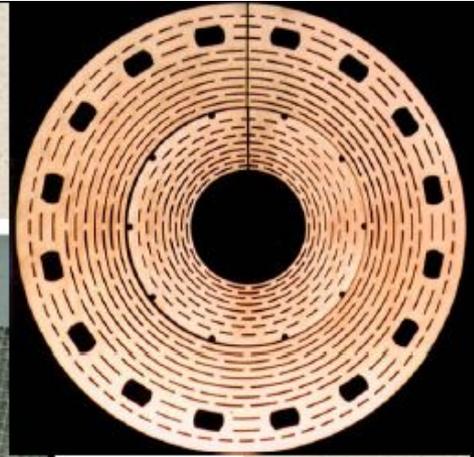
## Coil Lengths

- A-  $\approx 800$  m*
- B-  $\approx 1200$  m*
- C-  $\approx 4500$  m*



*Resistive Insert Magnet produces 33.5 Tesla*

*29.6 megawatt (74 kA@ 400v)*

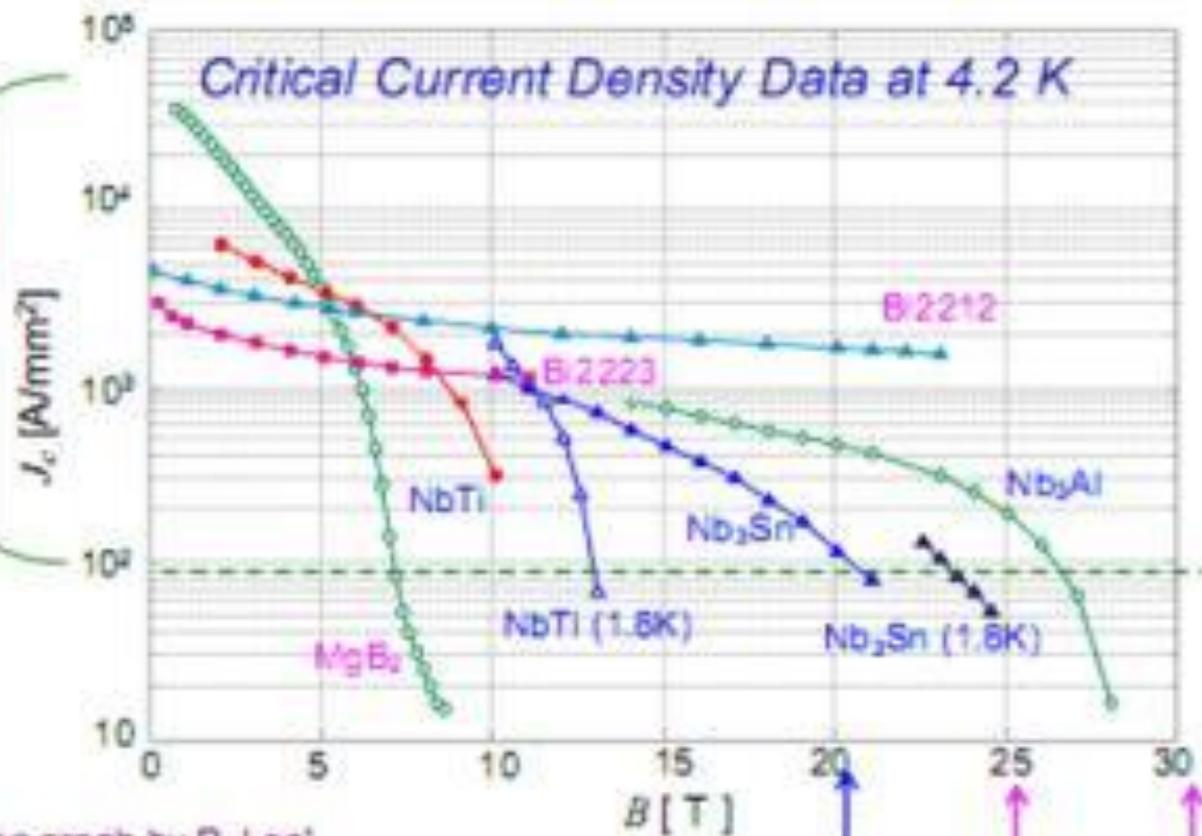


*32 mm  
bore*

# Перспективы ВТСП

## LTS vs. HTS

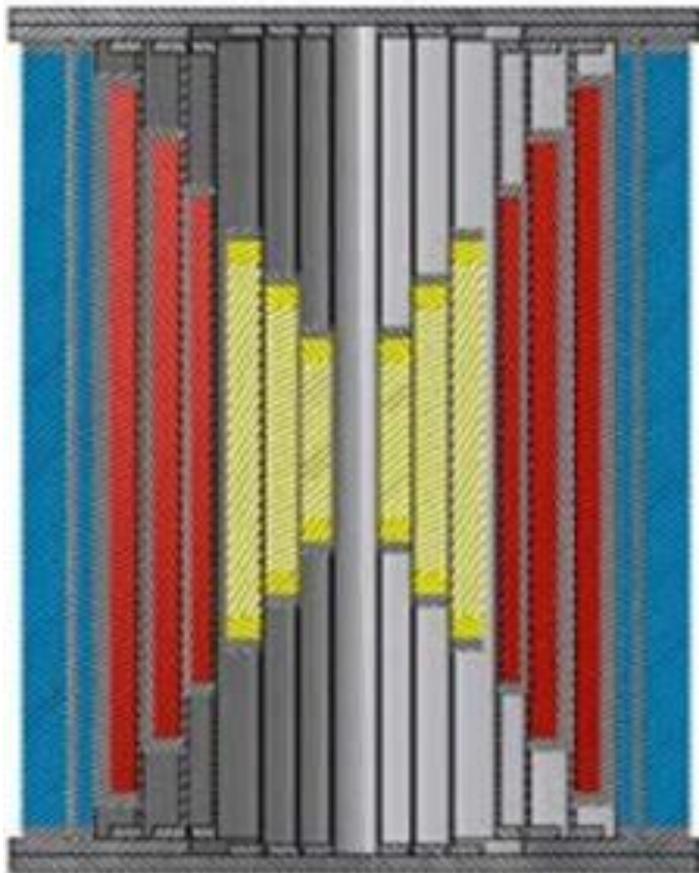
Usable range  
for magnets



Based on graph by P. Lee



*View of Cell 4 at the NHMFL  
with 5T insert BiSCO*



Диаметр отверстия -

34 мм

Цена - 3 млн. долл.

Длина YBCO ленты -

8 км

Однородность поля

$5 \cdot 10^{-4}$  в  $1 \text{ см}^3$

Проект комбинированного чисто сверхпроводящего магнита

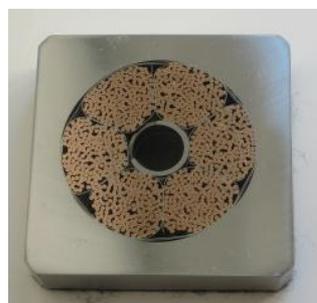
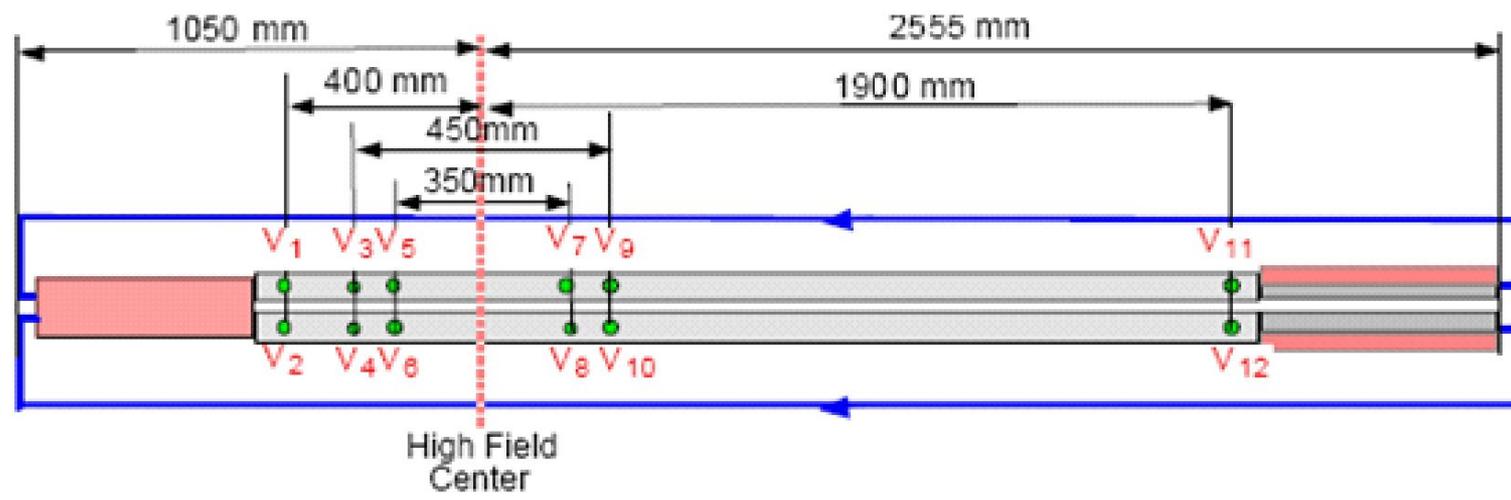
(желтым показаны ВТСП катушки, красным – Nb<sub>3</sub>Sn, синим – NbTi).

Стенды для аттестационных испытаний  
элементов сверхпроводящих магнитных  
систем.

SULTAN, Швейцария

Квалификационные испытания кабеля  
и контактов





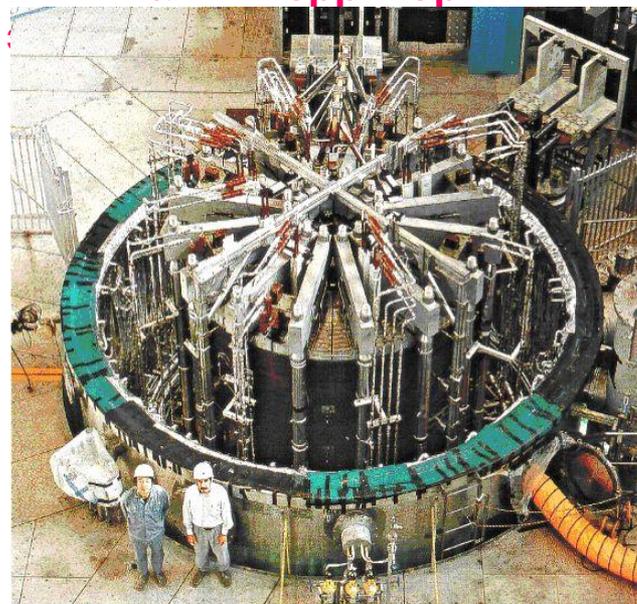
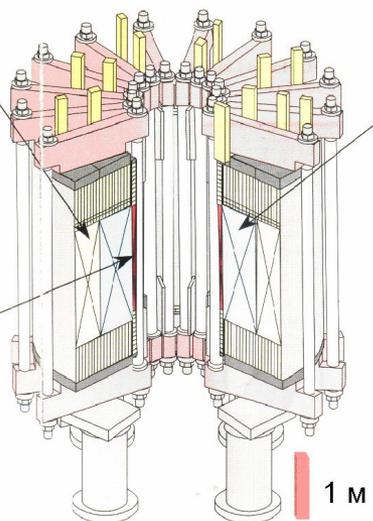
Образец для испытаний на SULTAN

Главной испытательной базой для МКЦ являлся международный испытательный стенд, созданный на территории Японского исследовательского института атомной энергии.

Наружный модуль

Внутренний модуль

Катушки-вставки



Модельная катушка центрального соленоида (МКЦ) ИТЭР

Внешний вид МКЦ в сборе без капки криостата



Наружный модуль МКЦ (Япония)

Внутренний модуль МКЦ (США)

КВПЦС (Япония)

Изготовленная в России КВПТО представляла собой однослойный соленоид, предназначенный для испытаний в МКЦС ниобий-оловянного проводника тороидальной обмотки ИТЭР.



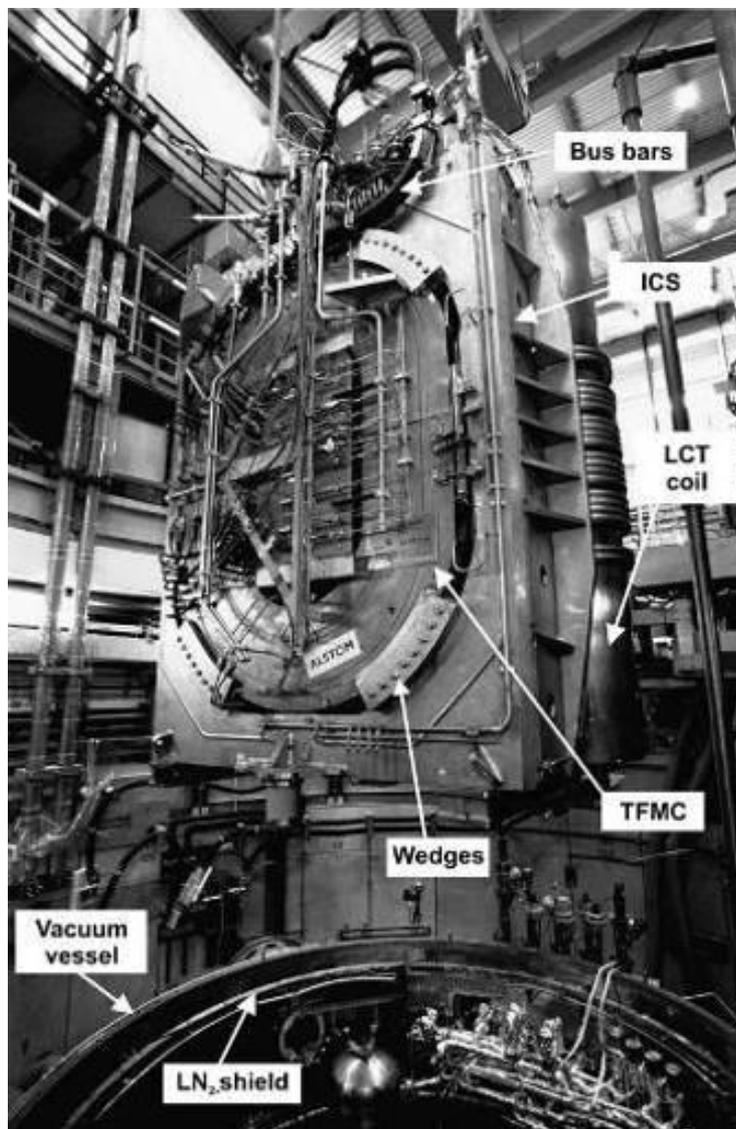
Монтаж КВПТО на испытательном стенде ИТЭР в Японии

**КВПТО создана кооперацией отечественных предприятий во главе с ФГУП «НИИЭФА им. Д.В. Ефремова», который выполнил разработку конструкции, термообработку, изолировку, переукладку в силовой каркас и окончательную сборку КВПТО.**

**Разработку и изготовление Nb<sub>3</sub>Sn композитных стренд, разработку регламента термообработки КВПТО, технологии изготовления её контактных терминалов обеспечил ФГУП «ВНИИНМ им. А.А. Бочвара», Москва.**

**Разработку технологии изготовления и намотку в спираль обмоточного провода КВПТО типа «кабель-в-оболочке» выполнил ОАО «ВНИИКП», Москва.**

**Стальной каркас КВПТО изготовлен в ОАО «Ижорские заводы», Санкт-Петербург.**



МКТП моделирует конструктивную форму, структуру, технологию и рабочие условия одной из 18 катушек ОТП СП ЭМС ИТЭР, но имеет не «D-образную», а рейтрековую конфигурацию и уменьшенные размеры.

МКТП спроектирована и изготовлена консорциумом AGAN (Accel, Alstom, Ansaldo, Noell) под научным руководством EFDA-CSU со стороны EURATOM.

Монтаж сборки МКТП-катушки LCT

в криостате стенда TOSKA  
(общий вес 115 т)