



ИЯФ СО РАН

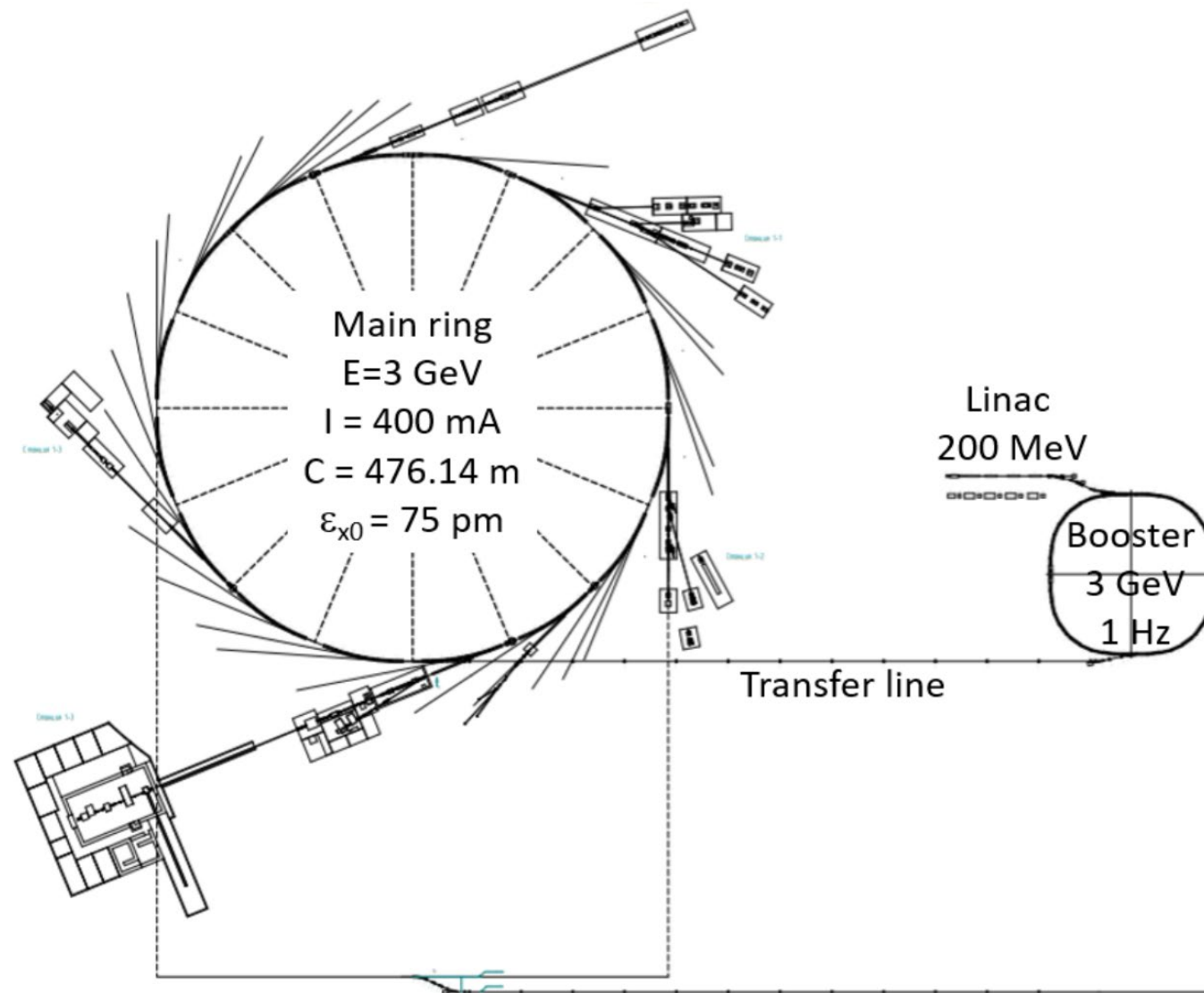
# Создание оборудования для ускорительного комплекса СКИФ

С. Синяткин



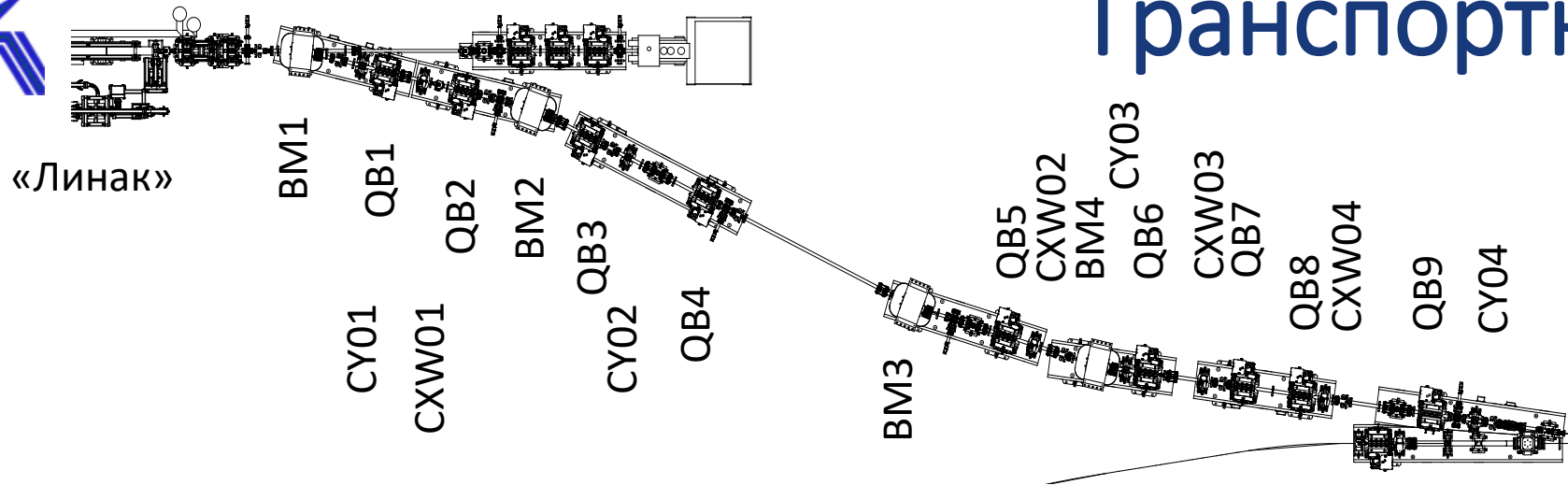
# Ускорительный комплекс «СКИФ»

- Линейный ускоритель с энергией 200 МэВ.
- Транспортные каналы: «линак» – бустер, бустер – накопитель.
- Бустерный синхротрон с энергией 3 ГэВ и периметром 158.7 м
- Электронное накопительное кольцо с энергией 3 ГэВ, 16 × 6 м промежутков, 476 м периметр, эмиттанс 75 пм.





# Транспортный канал-1



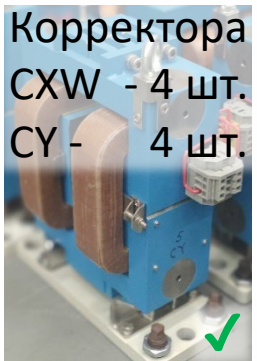
Линейный ускоритель –  
Бустер .

А. Журавлев

Бустер  
Промежуток впуска

Система	Конструирование	Материалы	Изготовление	Тестирование
Магнитная система	✓	✓	✓	✓
Источники питания	✓	✓	✓	✓
Вакуумная система	✓	✓	✓	✓
Диагностическая система	✓	✓	✓	✓
Подставки	✓	✓	✓	✓

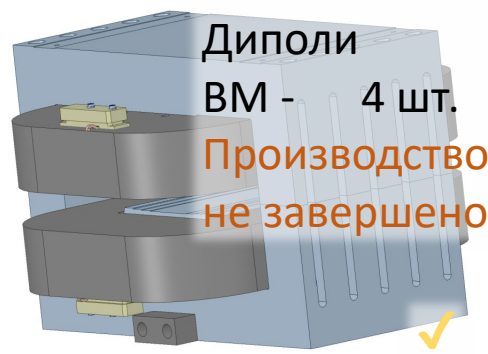
- Вакуумная система:
- ✓ вакуумные камеры (22 шт.)
  - ✓ сильфоны ( 13 шт.)
  - ✓ шиберы
  - ✓ датчик давления (2+1 шт.)
  - ✓ насос вакуумный (4 шт.)



Корректора  
CXW - 4 шт.  
CY - 4 шт.



Квадруполи  
QB - 9 шт.

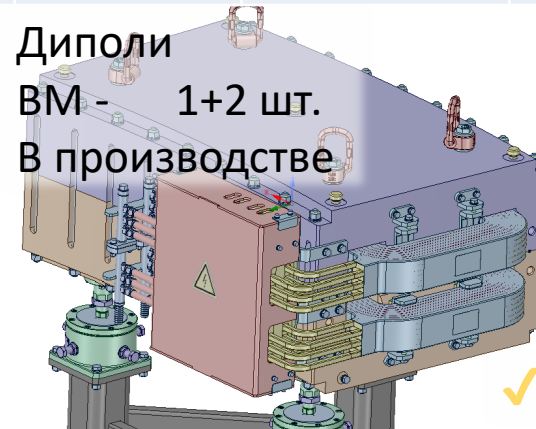
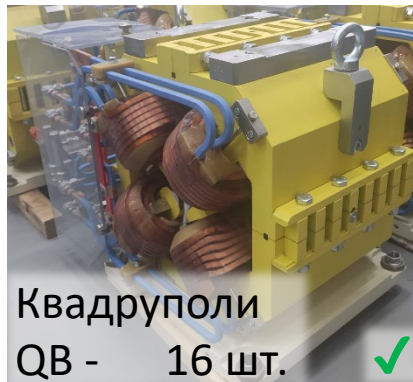


Диполи  
BM - 4 шт.  
Производство  
не завершено.

- Диагностика:
- ✓ датчик положения пучка (8 шт.)
  - ✓ Датчики тока (2 шт.)
  - ✓ Люминофор (4 шт.)
  - ✓ Гирдеры (7 шт.)

# Транспортный канал-2

Система	Конструирование	Материалы	Изготовление	Тестирование
Магнитная система	✓	✓	✓	✓
Источники питания	✓	✓	✓	✓
Вакуумная система	✓	✓	✓	✓
Диагностическая система	✓	✓	✓	✓
Подставки	✓	✓	✓	✓



- Оптика канала зафиксирована.
- Проработан в КБ участок канала до начала подъема.
- Участок подъема и впуска в накопитель в конструкторской проработке.

## Бустер -Накопитель

Вакуумная система:

- ✓ вакуумные камеры
- ✓ сильфоны
- ✓ шиберы (4 шт.)
- ✓ датчик давления (6 шт.)
- ✓ насос вакуумный (25 шт.)

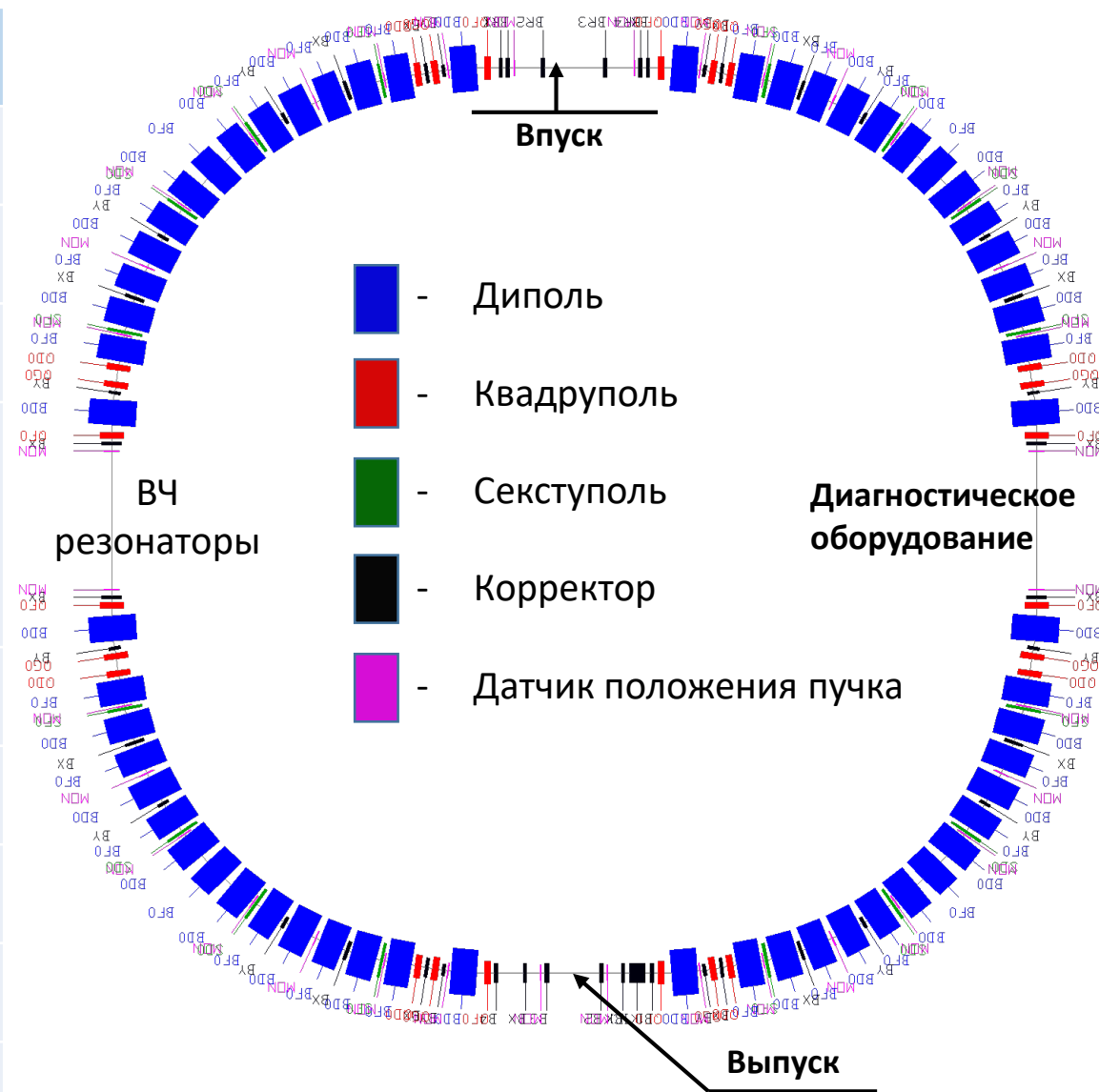
Диагностика:

- ✓ Датчик положения пучка (17 шт.)
- ✓ Датчик тока (1 шт.)
- ✓ Люминофор (8 шт.)
- ✓ Подставки & гирдеры (95 шт.)



# Основные системы бустера «СКИФ»

Система	Конструирование	Материалы	Изготовление	Тестирование
Магнитная система / С. Синяткин /	✓	✓	✓	✓
Источники питания / О. Беликов /	✓	✓	✓	✓
Вакуумная система / А. Семенов /	✓	✓	✓	✓
Диагностическая система / Е. Бехтенов Г. Карпов О. Мешков /	✓	✓	✓	✓
Подставки&Гирдеры / Л. Сердаков /	✓	✓	✓	✓
ВЧ система / Е.Ротов/	✓	✓	✓	✓
Впуск-Выпуск / А.Журавлев/	✓	✓	✓	✓
Управление / С.Карнаев/		✓	✓	✓
Инженерные системы / А.Рахимов/	+			



# Основные системы бустера

## Магнитная система

## Источники питания (ИП)

## Вакуумная система

## Диагностика

## Подставки & Гирдеры

RF  
**9100 н.ч. 33%**  
**- прототип**

- BD диполи 32 + 1 ✓
- BF диполи 28 + 1 ✓
- Квадруполи 24 + 1 ✓
- Секступоли 16 + 1 ✓
- Корректора CX 14  
CY 18 ✓  
CX1 10

- BD диполи 2 - ✓
- BF диполи 1 - ✓
- Квадруполи 3- ✓
- Секступоли Корректора 52- ✓
- Имп. септум 2 ✓
- Кикеры 3 ✓
- DC септум 1 ✓

- Камера 158м ✓
- Масс-спектрометры ✓
- Керамическая камера ✓
- Вакуумные насосы ✓
- Шиберы 8+1 ✓
- Вакуумные датчики & ИП 14 (CCG) 7 (FV) ✓

- BPMs 36+1+1 ✓
- DCCT 1 ✓
- FCT 1 ✓
- SR монитор ✓
- Люм. датчики ✓
- Измерение бетатронных частот - Полосковые датчики 2 ✓

- Гирдеры - 44 гирдера ✓

Производство ИЯФ  
**2000 н.ч.** ✓

BUMP магниты 4 ✓

## Впуск Выпуск

Управление

- Кикеры 1+4 ✓
- Импульсный впуск. септум 1 ✓
- Импульсный выпуск. септум 1 ✓
- DC септум 1 ✓

Сборка гирдеров 36 / 44

72000 н.ч.

7000 н.ч.

12000 н.ч.

7100 н.ч.

20000 н.ч.

# План-график

Система \ \ Квартал	2020			2021				2022				2023				План 05.10.2022	
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
<b>Магнитная система</b>																	
конструирование	01.06	30.09															30.09.2020
закупки		30.09		10.01											20.12		31.10.2022
изготовление		30.09								23.09							01.08.2022
тестирование						01.09									30.12		30.12.2022
<b>Вакуумная система</b>																	
конструирование	01.06	30.09															30.12.2022
закупки		30.09	16.12											30.06			31.03.2023
изготовление			23.10										30.12				31.07.2023
тестирование																	30.09.2023
<b>Диагностика</b>																	
конструирование	01.06								01.06								30.09.2023
закупки		30.09	7.12				24.12						30.12				31.05.2023
изготовление		30.09												01			31.03.2024
тестирование																	31.03.2024

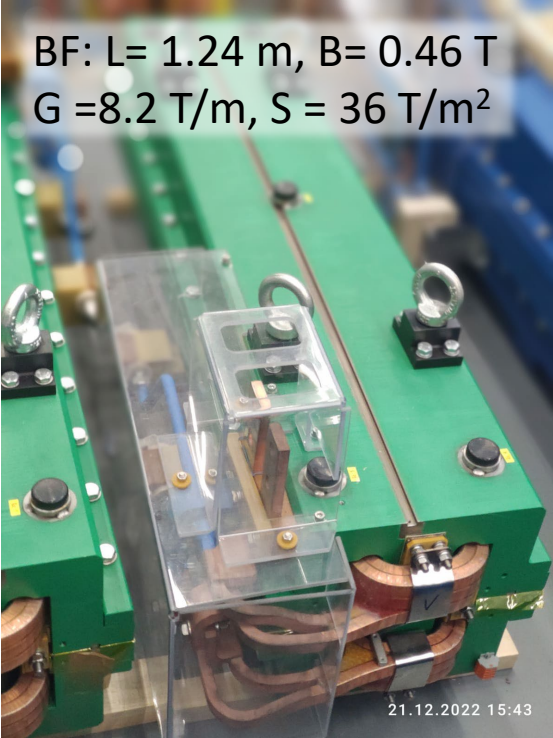
# План-график

Система \ \ Квартал	2020			2021				2022				2023				План 05.10.2022
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
<b>Подставки &amp; Гирдеры</b>																30.06.2024
конструирование	01.06						29.12									
закупки																
изготовление					14.05				15.08	30.12						30.12.2022
тестирование																
<b>Впуск - Выпуск</b>																
конструирование	01.06			18.03												
закупки		30.09			13.08											30.11.2022
изготовление													01.02			31.03.2023
тестирование																30.06.2023
<b>ВЧ система</b>																
конструирование									29.08							
закупки								15.02	10.08							31.01.2023
изготовление									20.04					07		30.06.2023
тестирование																30.10.2023
<b>Сборка</b>									06		30.12	01				



# Магнитная система бустера

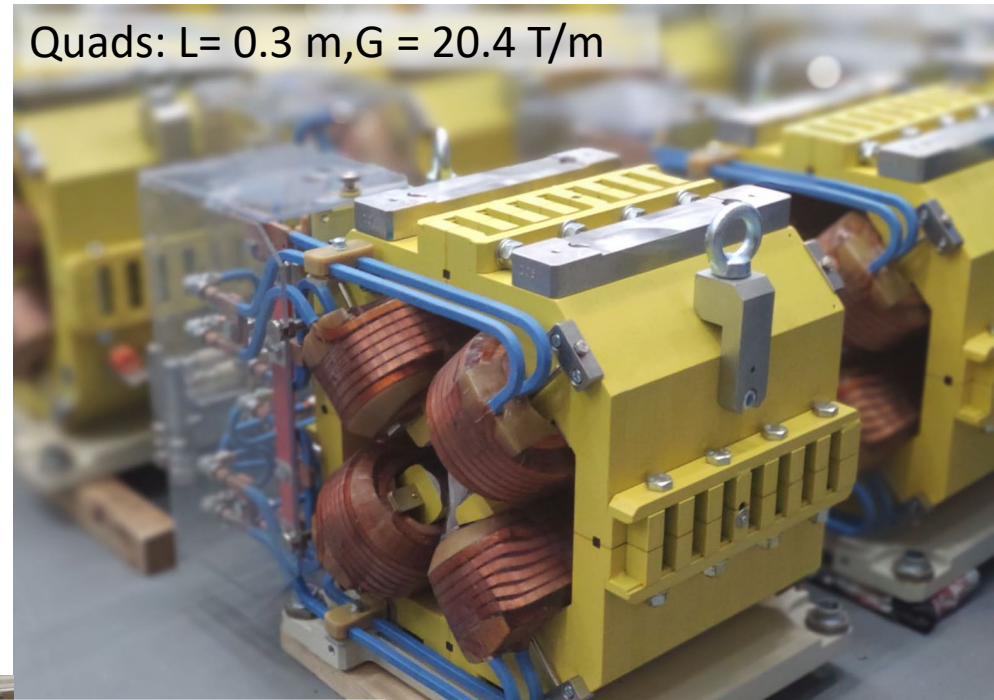
BF:  $L = 1.24 \text{ m}$ ,  $B = 0.46 \text{ T}$   
 $G = 8.2 \text{ T/m}$ ,  $S = 36 \text{ T/m}^2$



21.12.2022 15:43

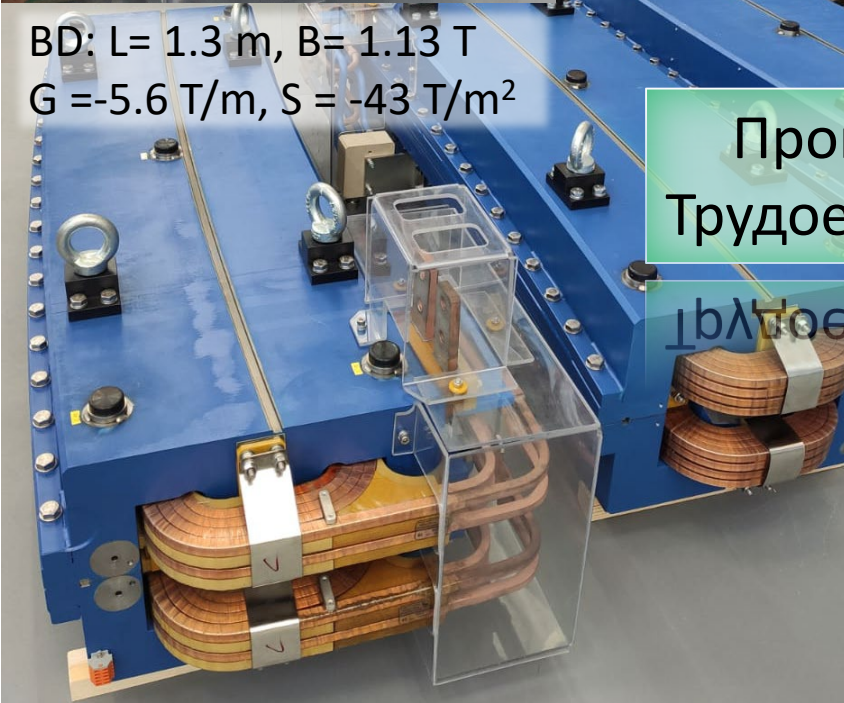


Quads:  $L = 0.3 \text{ m}$ ,  $G = 20.4 \text{ T/m}$



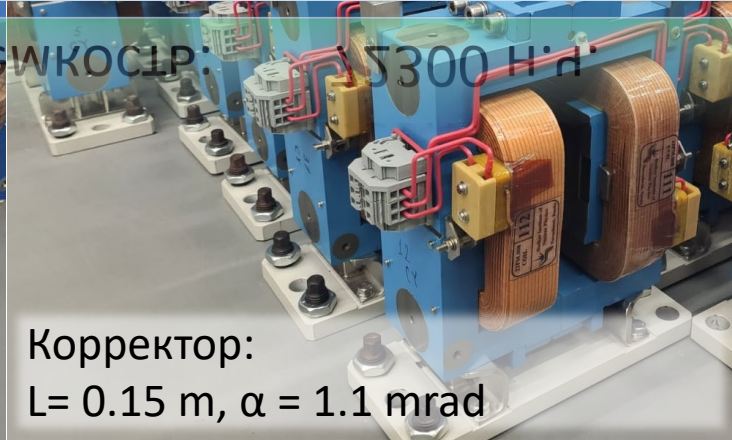
BD диполи	32
BF диполи	28
Квадруполи	24
Секступоли	16
СХ Корректоры	20
СУ Корректоры	16

BD:  $L = 1.3 \text{ m}$ ,  $B = 1.13 \text{ T}$   
 $G = -5.6 \text{ T/m}$ ,  $S = -43 \text{ T/m}^2$



Производство и тестирование завершено  
Трудоемкость: 72300 н.ч.

Трудоемкость: 5300 н.ч.

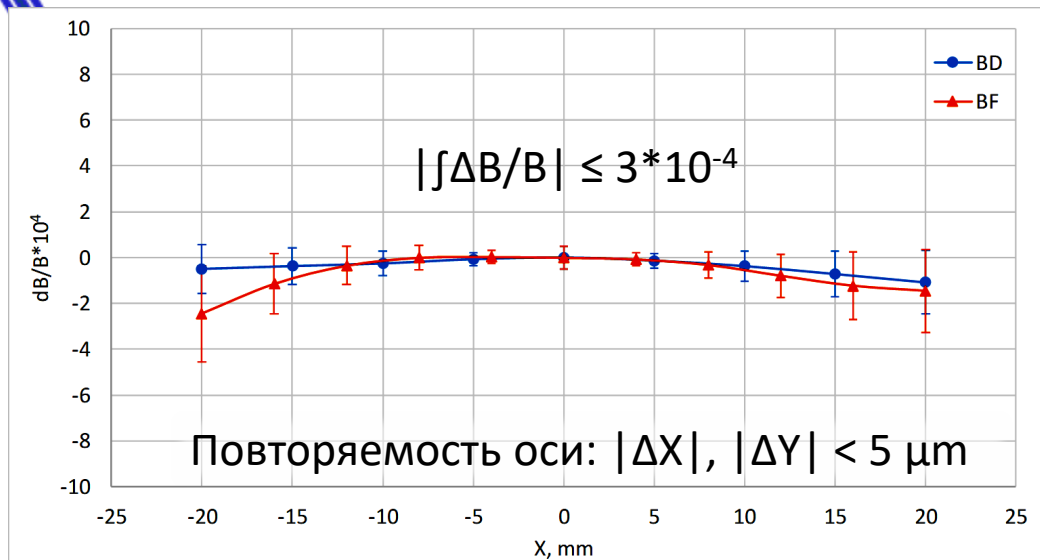


Корректор:  
 $L = 0.15 \text{ m}$ ,  $\alpha = 1.1 \text{ mrad}$

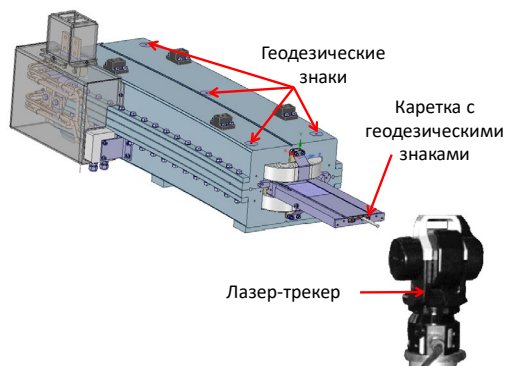




# Магнитные измерения элементов бустера



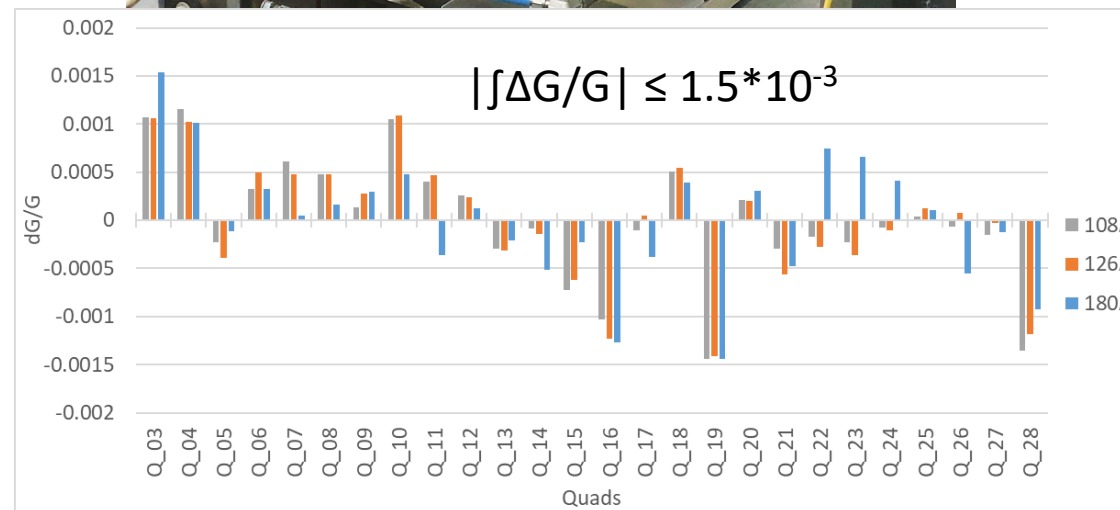
Относительное распределение интеграла магнитного поля в дипольных магнитах на энергии 3 ГэВ.



Применение геодезической системы на стенде магнитных измерений.



Сборка магнитной системы бустерного синхротрона «СКИФ»



# Вакуумная система

- ✓ Вакуумные камеры арок.
- ✓ Камера выпускного септум-магнита.
- ✓ Камера кикера (напыление).

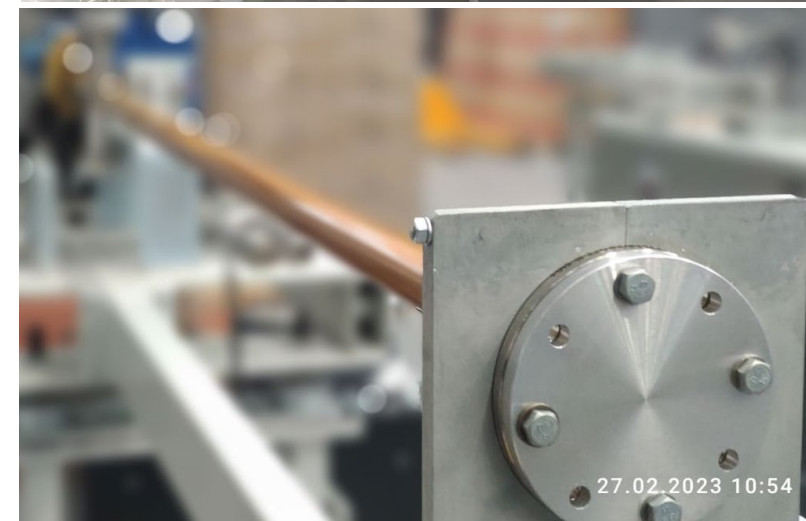
Оборудование (закупка – **июнь 2023 г.**):

- ✓ Датчики давления.
- ✓ Течеискатели.
- ✓ Фланцы для арок бустера.
- ✓ Высоковольтный разъем для магниторазрядных насосов.
- ✓ Высоковакуумный клапан серии КВР.
- ✓ Форвакуумный датчик давления 317.
- ✓ Откачные станции.
- ✓ Запирающая арматура.
- ✓ .....

Сборка, тестирование...

А.М. Семенов

Трудоемкость: **11700 н.ч.**



# Диагностические системы

Элемент	Закупка материалов	Производство	Завершение
Люминофорные датчики	Требуется закупка сварных сильфонов. (Краснов).	2400 н.ч., 89%	04.2023 ✓
Поперечный профиль пучка	✓	442 н.ч ✓	✓
Продольный профиль пучка	✓	423 н.ч. ✓	✓
Датчики тока <b>ФСТ, ДССТ.</b>	✓ <b>06.2023</b>		✓

Сданы: Пикап-станции, пикапы, система измерения бетатронных частот.

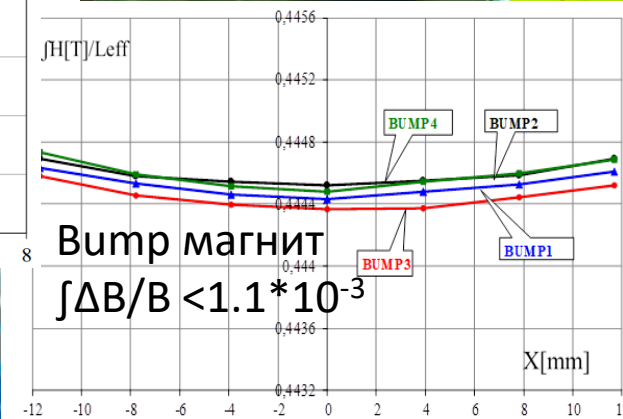
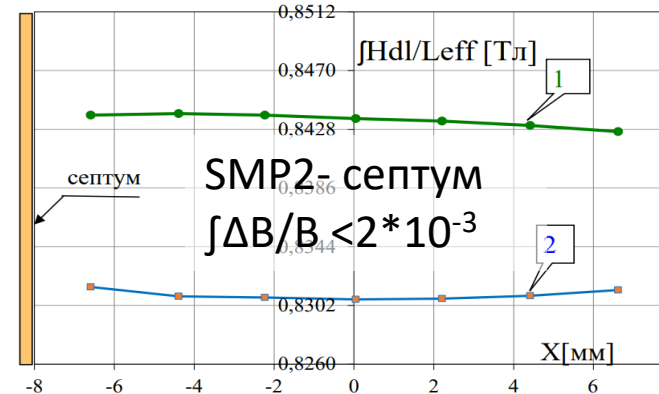
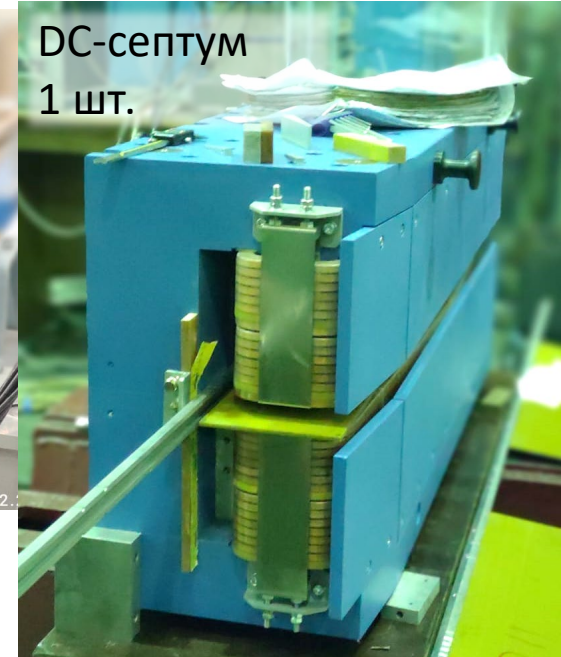
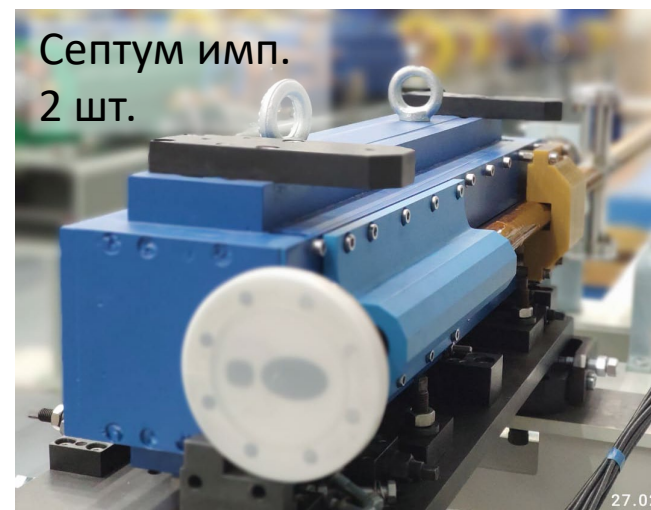
Е.А. Бехтенов, Г.В. Карпов, О.И. Мешков

Трудоемкость: 7400 н.ч.



# Впуск - выпуск

Элемент	Конструирование	Закупка	Производство	Тестирование
Бамп магниты	✓	✓	✓	✓
Септум магнит имп.	✓	✓	✓	✓
Септум магнит пост. выпускной	✓	✓	✓	✓
Вакуумная камера кикера	✓	✓	✓	✓
Модулятор кикера	✓	✓	02.2023 г.	✓





# Источники питания



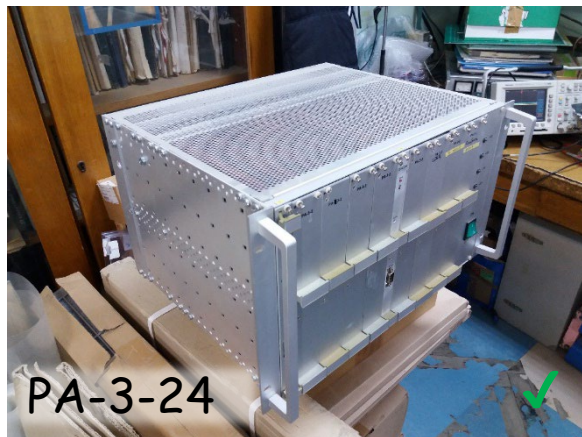
MPS-6-60



Источники питания квадруполей  
Тестирование



VCH-500-20



PA-3-24



MPS-150-24 / MPS-300-24



MPS-20-50

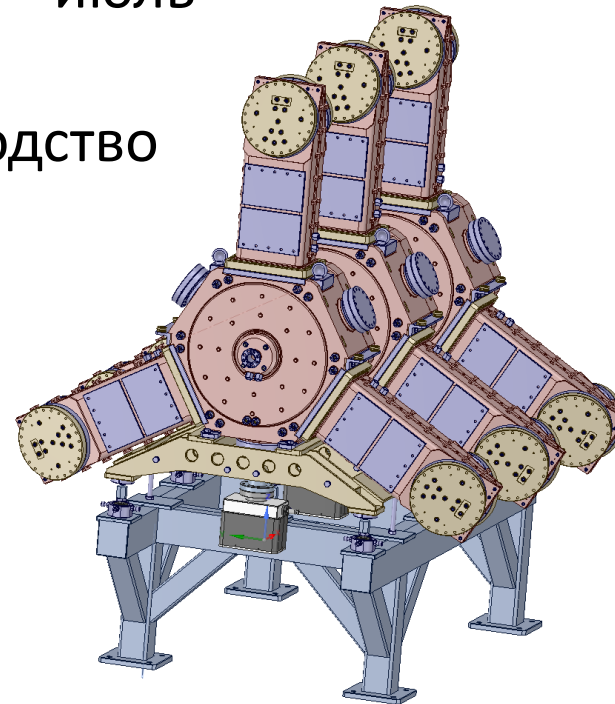
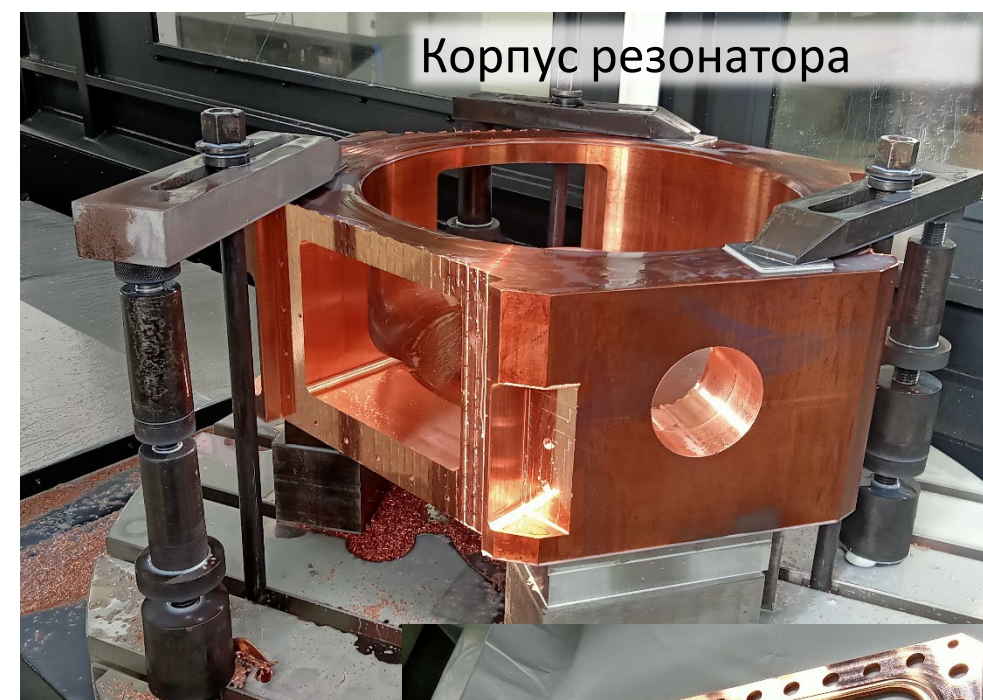


Большинство источников питания элементов канала «лиnak-бустер» и бустера готовы и находятся на стадии настройки.



# ВЧ система

- ✓ Прототип резонатора –июль 2023 г. 2974 н.ч.
- ✓ Ввод мощности
- ✓ Волновод - 2974 н.ч.
- ✓ Тюнер - 1469 н.ч.
- ✓ Тестирование прототипа резонатора – июль 2023 г.
- ✓ Запуск 2х резонаторов в ЭП. Производство июль-декабрь 2023 г.





# Гирдерные сборки арок бустера

Производство гирдеров  
закончено **44 шт.**

Сборка гирдеров  
**36 / 44 шт.**

Завершение работ по  
магнитной системе  
бустера **начало 2023 г.**

Завершается сборка, тестирование, геодезическая  
выставка, упаковка гирдерных сборок арок бустера

Виртуальна лінійка гирдерних збірок арок бустера

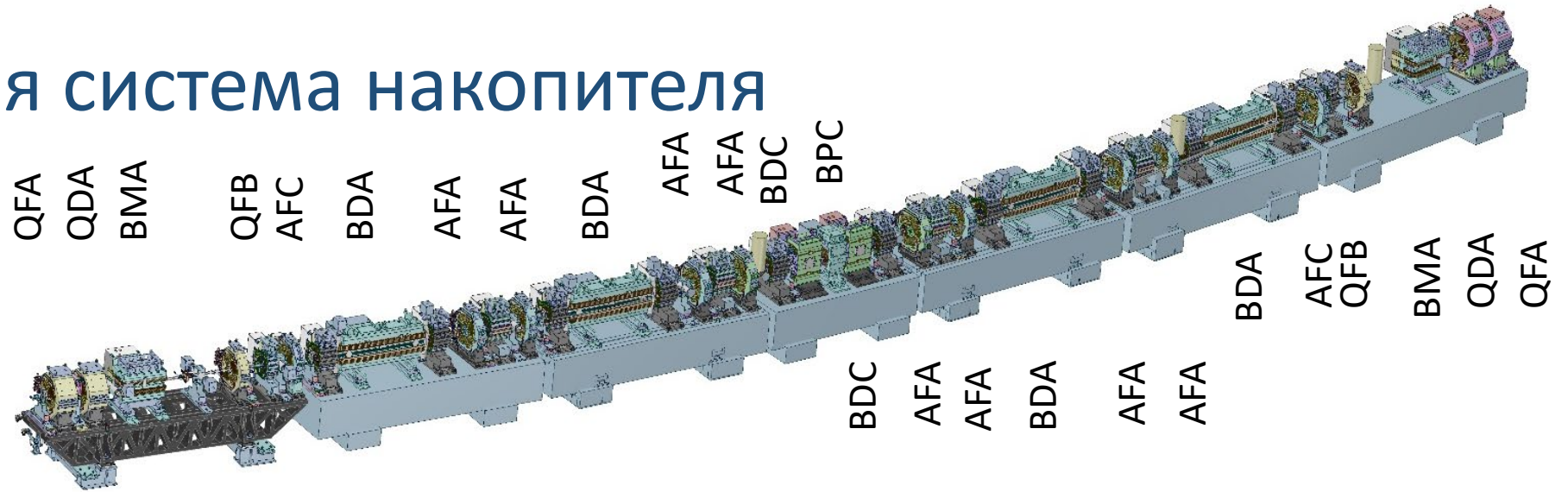
Подставки: 1928 н.ч.







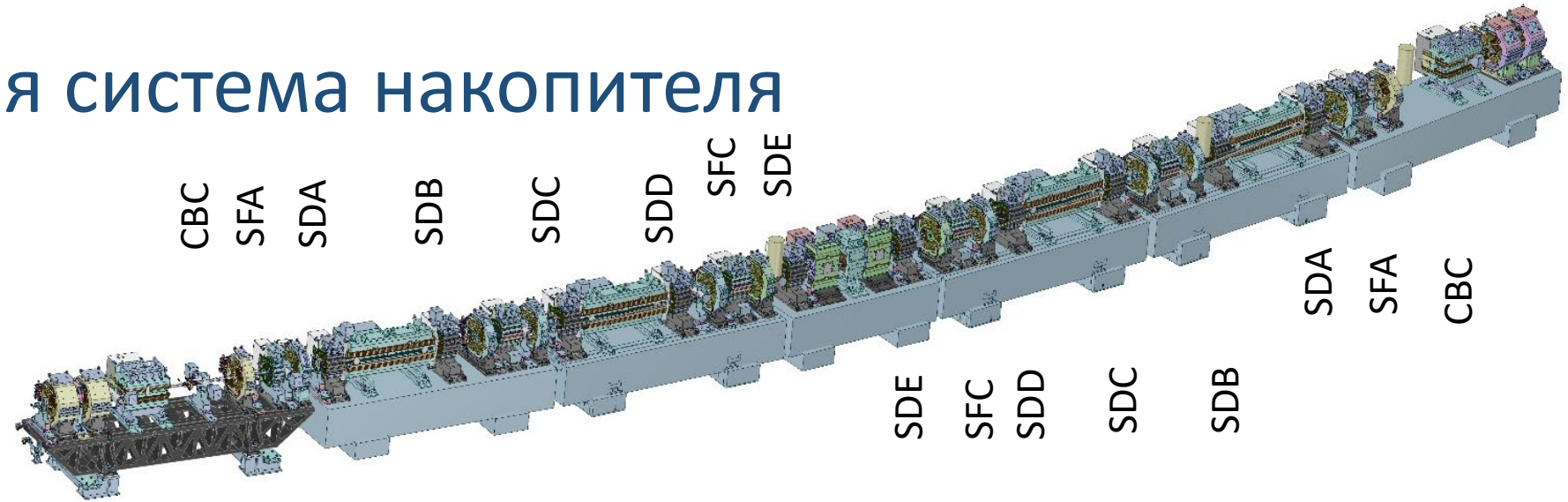
# Магнитная система накопителя



Система	L, m	B, T	G, T/m	Кол-во	Конструирование	Материалы	Прототип	Тестирование	Серия
<b>Дипольные магниты</b>									
BMA	0.69	0.53	-	32	✓	✓	✓	✓	✓
BDA	1.3	0.55	-7.9	64	✓	✓	✓	✓	✓
BDC	0.47	0.46	-10.7	32	✓	✓	✓	✓	✓
BPC	0.21	2.05	-	16	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Квадрупольные магниты</b>									
QF(D)A	0.3	-	44.6	60	✓	✓	✓	✓	✓
QF(D)I	0.3	-	44.6	4	✓	✓	✓	✓	✓
AFA(C)	0.15	-0.3	51.5	160	✓	✓	✓	✓	✓
QFB	0.15	-	48.7	32	✓	✓	✓	✓	✓



# Магнитная система накопителя

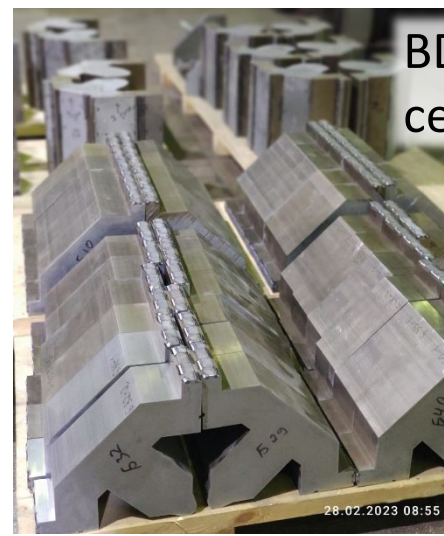
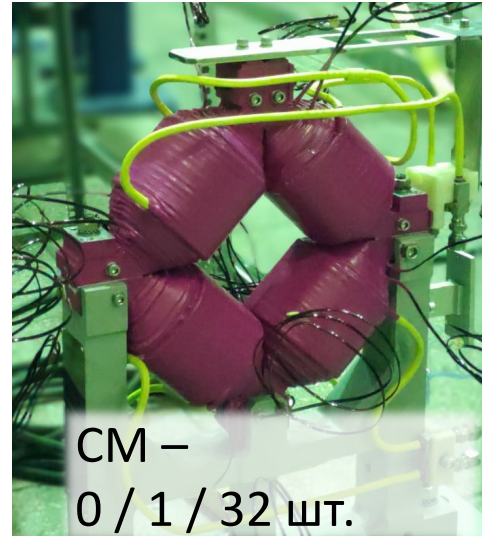
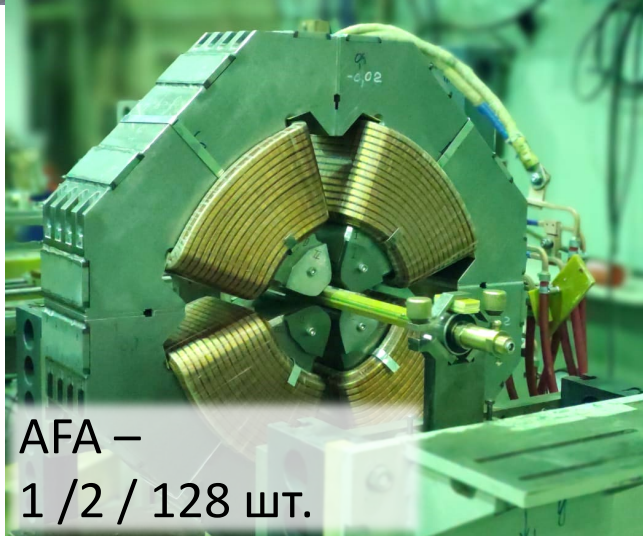
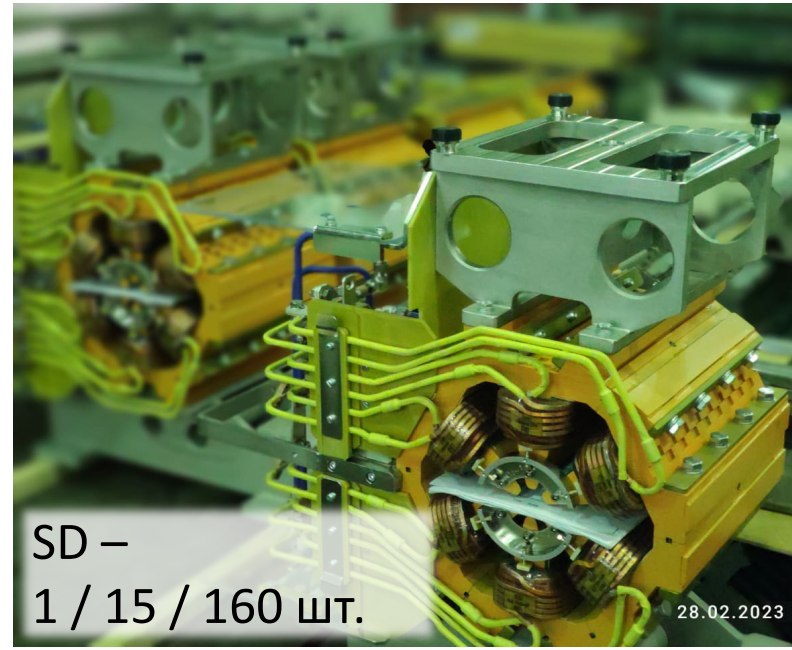
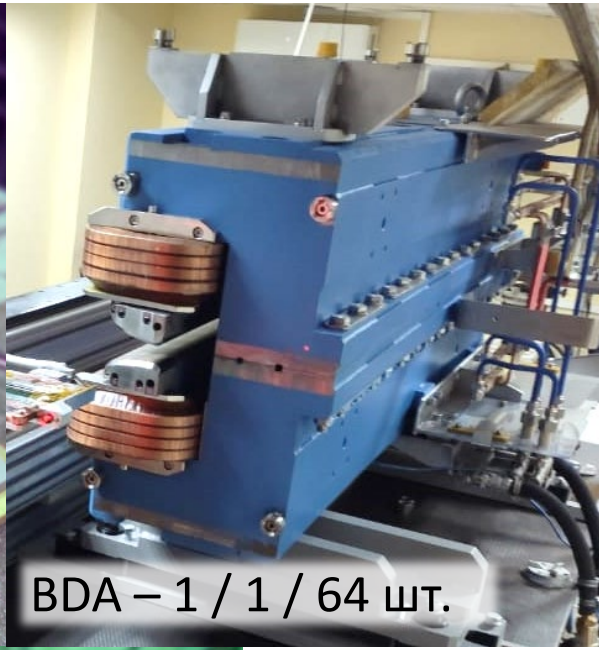
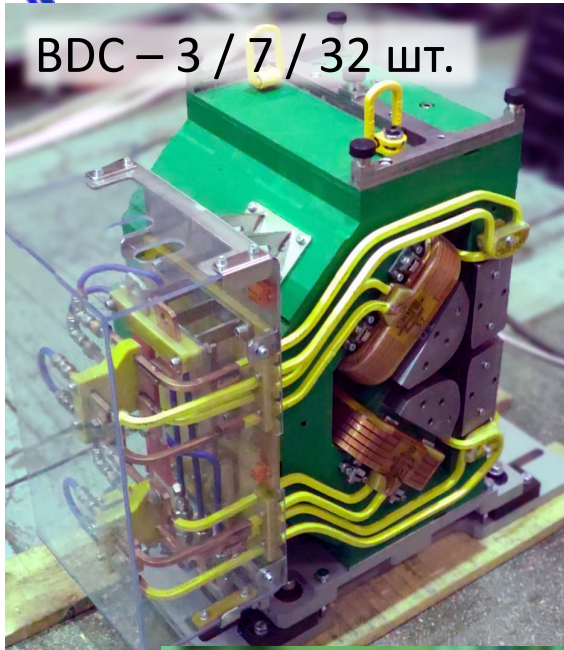


Система	L, m	S, T/m <sup>2</sup> B_corr, T	Кол-во	Конструирование	Материалы	Прототип	Тестирование	Серия
<b>Секступольные магниты</b>								
SF*	0.15	2300	32	✓	✓	✓	✓	✓
SD*	0.25	-2400	160	✓	✓	✓	✓	✓
SFB(C)	0.3	2300	64	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Корректора</b>								
CM*	0.05	0.04	64	✓	✓	✓	✓	✓
CB*	0.05	0.002	48	✓	✓	✓	✓	✓





# Магнитная система накопителя







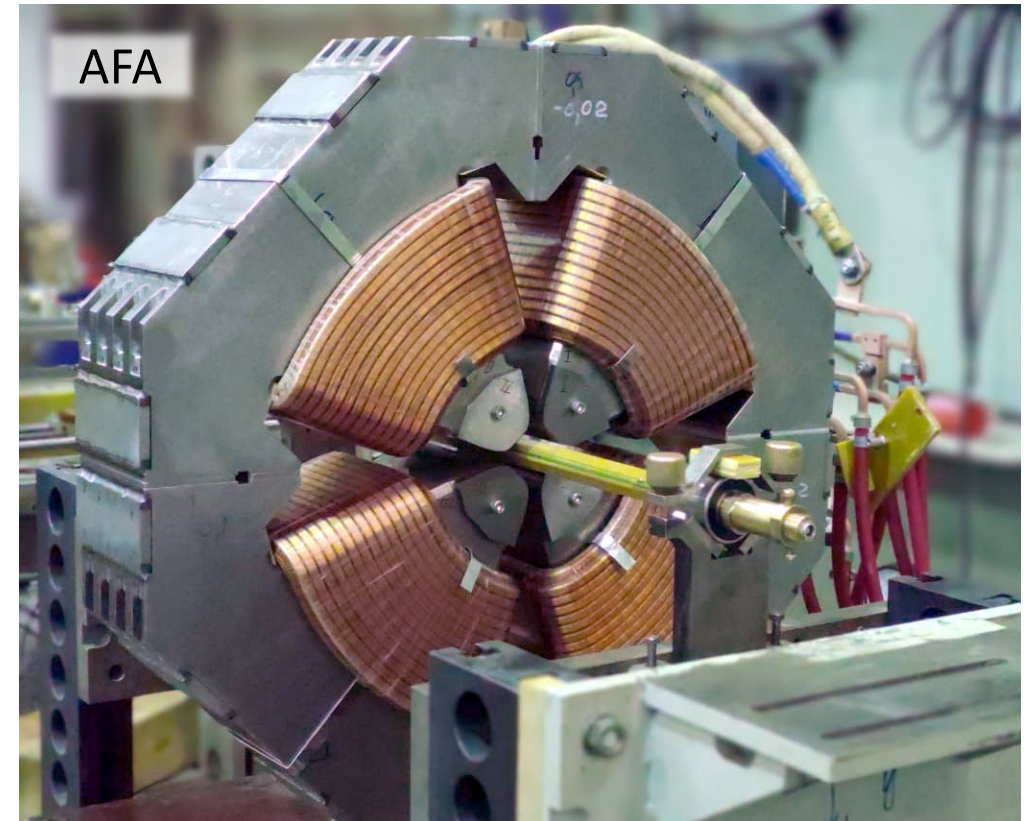
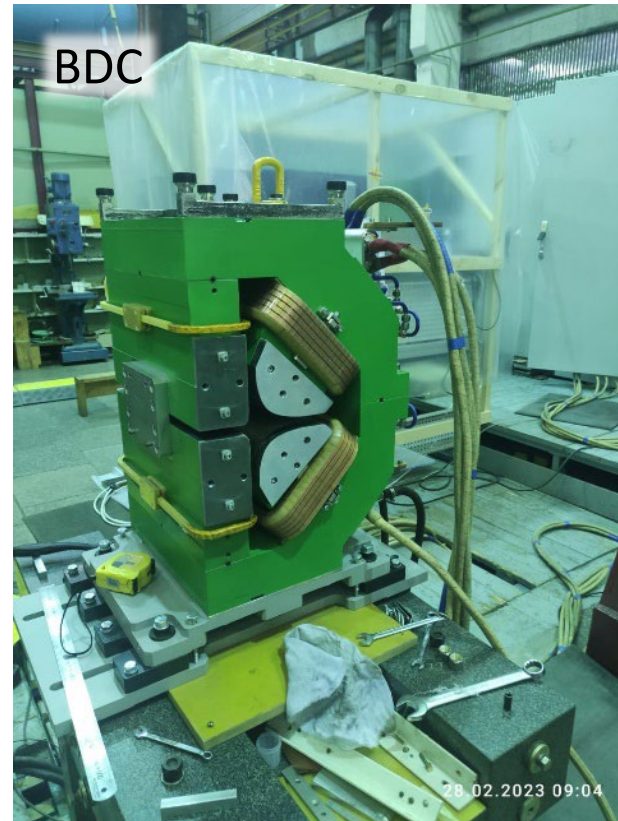
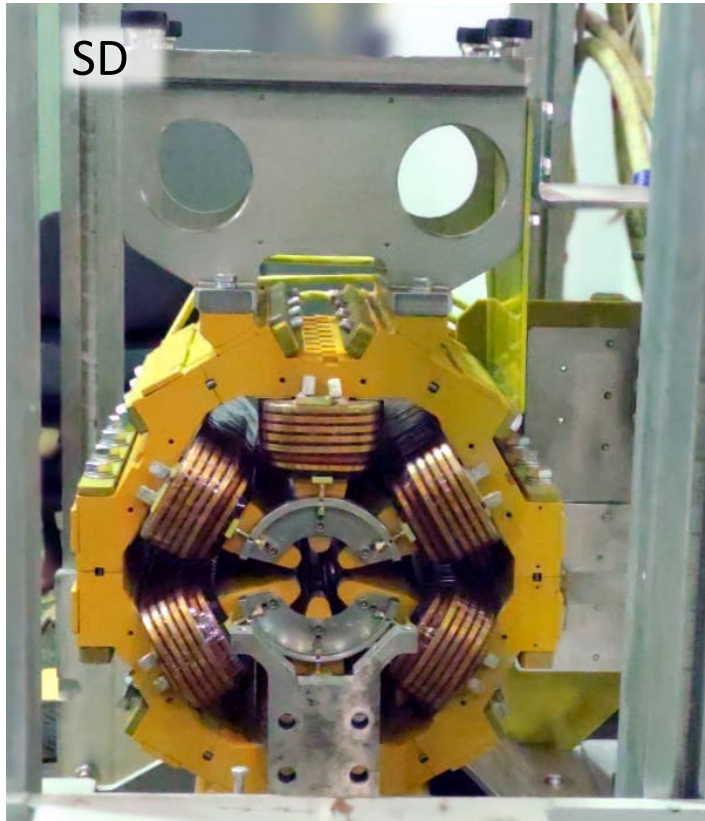
# Магнитные элементы основного кольца «СКИФ».

## Измерения.

Разрешено  
производство серии  
SF, SD секступолей.

Выполнено измерение  
3 магнитов.  
Выполняется настройка стенда.

Проведено измерение.  
Необходима доработка  
конструкции линзы.



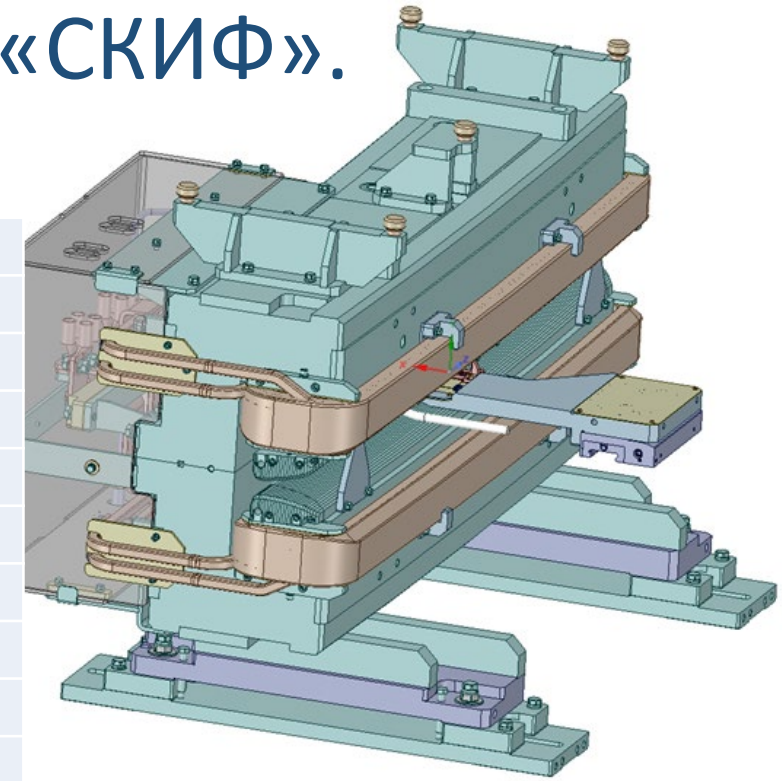


# Магнитные элементы основного кольца «СКИФ».

## Измерения. ВДА диполь.

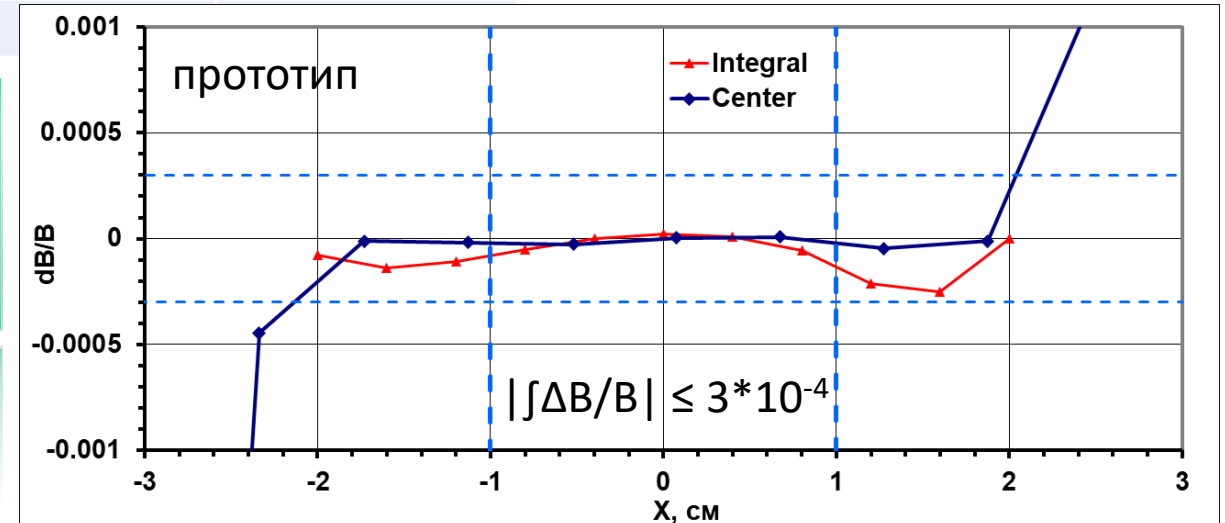


Параметр	ВДА
Количество	64
Тип	C-образный
Зазор	31 мм
Эффективная длина поля	1.3 м
Радиус поворота магнита	18.0773 м
Угол поворота	4.12033°
Межполюсной зазор	±15 мм
Магнитное поле	0.553563 Т
Квадруп. компонента $K_1$	-0.79143 м <sup>-2</sup>
Область хорошего поля (yxx)	±10 × ±10 мм <sup>2</sup>
Качество поля $\Delta B/B_0$	



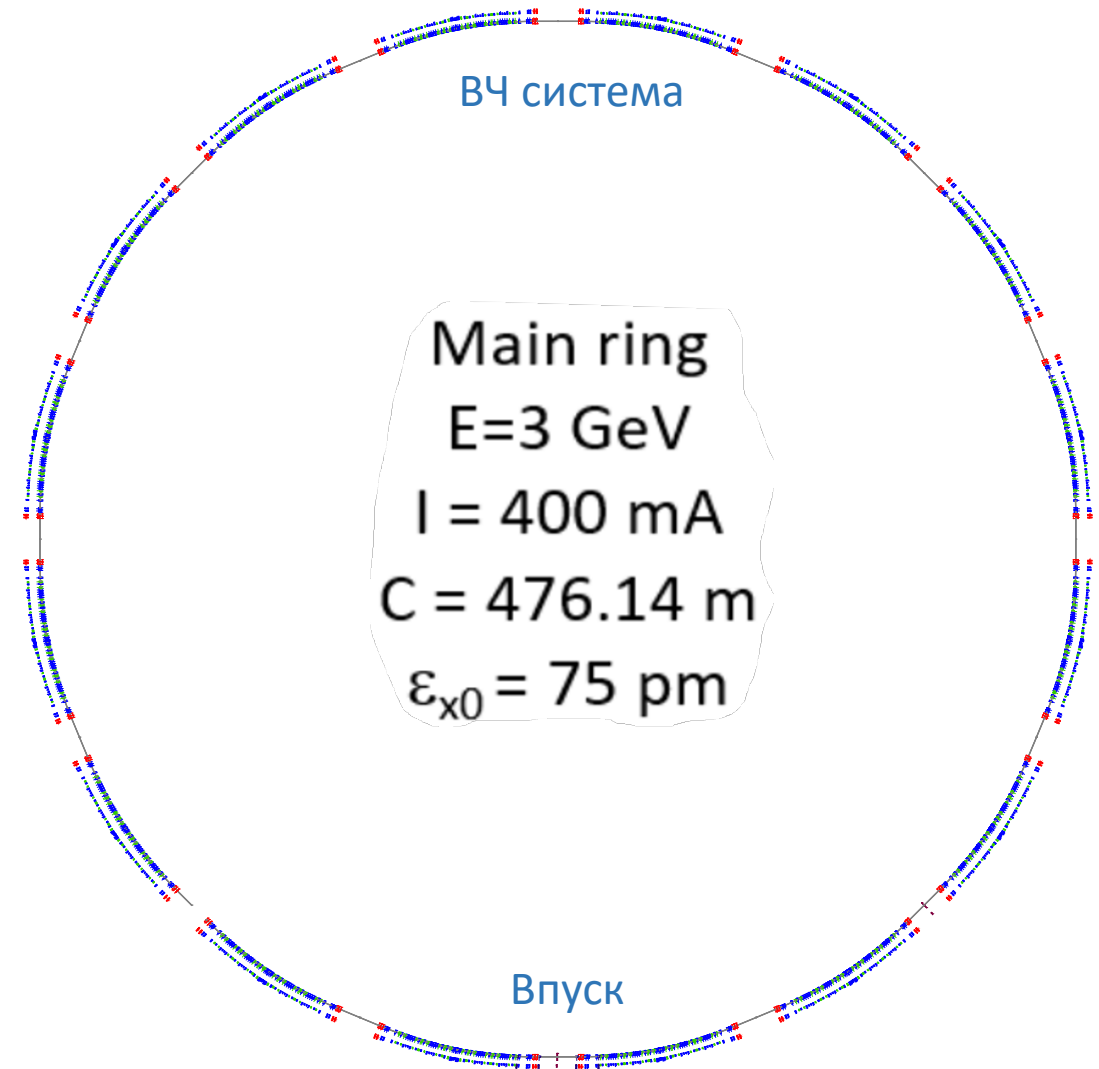
Изготовлен первый ВДА диполь.  
 Проведены магнитные измерения.  
 Подготовка запуска серии из 64 шт.

Подготовка запуска серии из 64 шт.  
 Проведены магнитные измерения.



# Основные системы накопителя «СКИФ»

Система	Конструирование	Материалы	Прототип	Тестирование
Магнитная система / А. Старостенко/	✓	✓	✓	✓
Источники питания / О. Беликов /	✓	✓	✓	✓
Вакуумная система / А. Краснов /	✓	✓	✓	
Диагностическая система / Е. Бехтенов Г. Карпов О. Мешков /	✓	✓	✓	✓
Подставки&Гирдеры	✓	✓	✓	✓
ВЧ система / Е.Ротов/	✓	✓	✓	✓
Впуск / А.Журавлев/	✓	✓	✓	✓
Управление / С.Карнаев/		✓	✓	✓
Инженерные системы / А.Рахимов/	+			







Спасибо за внимание!

