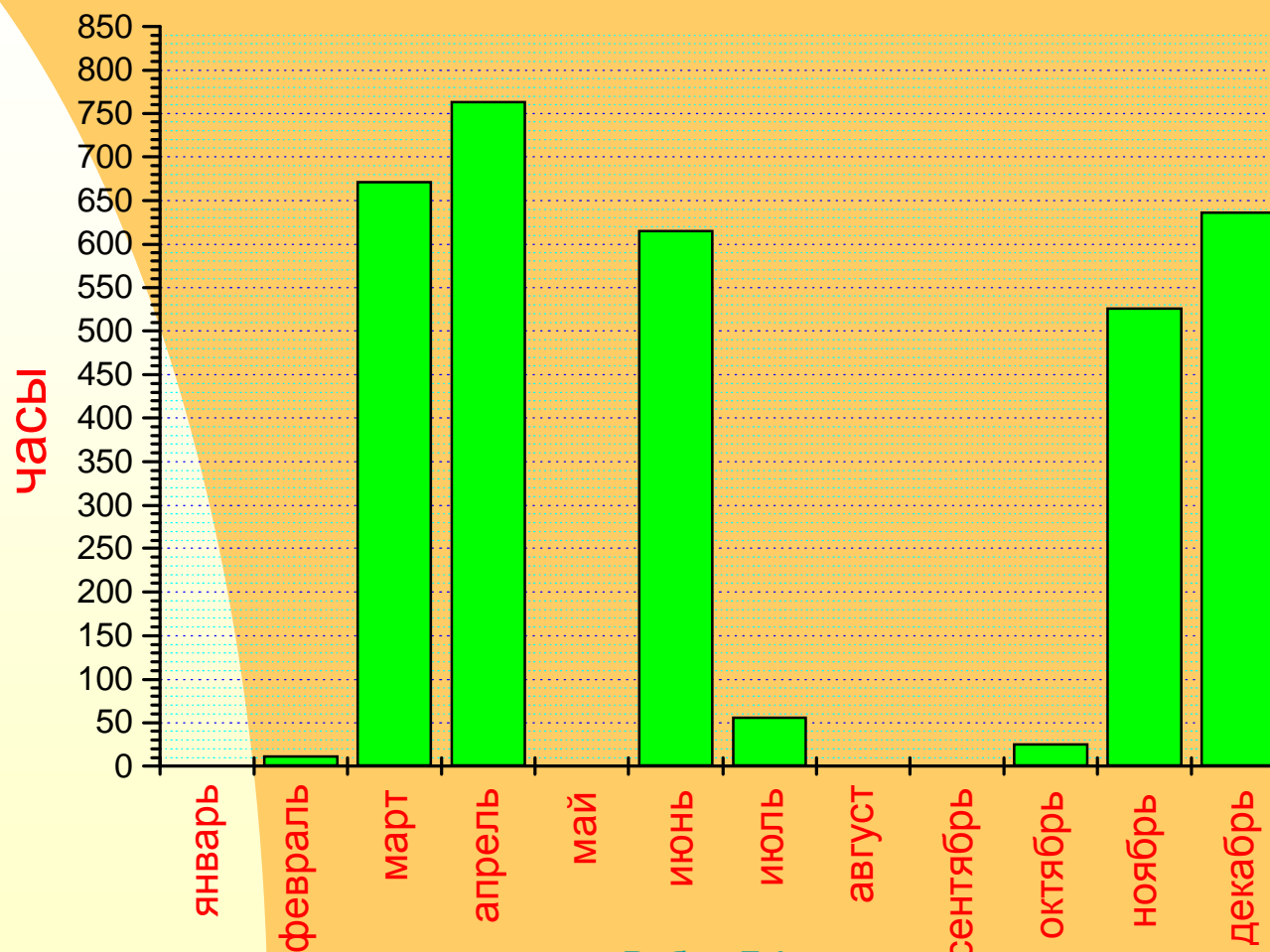


# Ускорительный отдел в 2006 году

## План доклада

- 1 Синхроциклотрон
- 2 Протонная терапия
- 3 Изохронный циклотрон
  - 3.1 Коррекция проекта и договор с НИИЭФА
  - 3.2 *Магнитная система*
  - 3.3 *H<sup>-</sup> источники*
4. *Радиационные испытания*
5. *Малые ускорители*
6. *Наши проблемы*

# 1.1. Ускоритель отработал в 2006 году на пучок 2802 часа

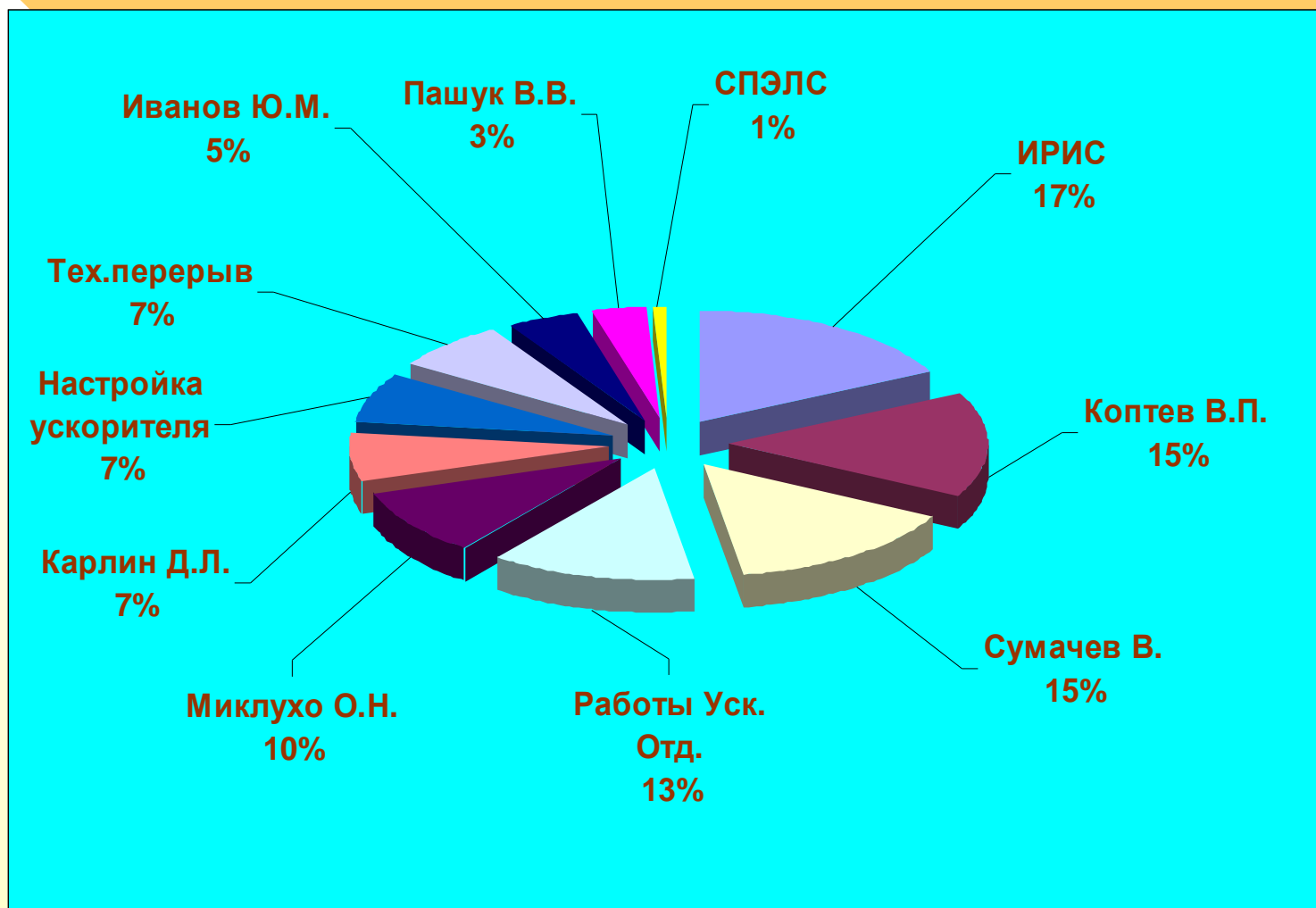


25.12.2006

Рябов Г.А.

2

# 1.2. Распределение времени по отдельным потребителям



## 1.3. Дозиметрия

- п На дозиметрическом контроле.  
ОФВЭ (244 чел.) + УО (66 чел.)=310 чел.  
Средние дозы:  
0.080 бэр – ОФВЭ  
0.159 бэр – УО
- п Проблема с индивидуальными нейтронными дозиметрами (ДВА-Н1)
- п Проблемы с внешней дозиметрией



# 1.4. Синхроциклотрон

## *Проблемы эксплуатации*

**Эксплуатация СЦ требует постоянных усилий по обеспечению жизнеспособности установки и связана с электро- и радиационной опасностью.**

**В 2006г. проведены работы по ревизии источника и центральных фокусирующих электродов в центральной области синхроциклотрона**

# 1.5. Три «богатыря» и фокусирующий электрод



25.12.2006

Рябов Г.А.

6

## 1.6. Кознов А.Н. в униформе для работы в камере



25.12.2006

Рябов Г.А.

7



# 1.7. Работа в камере



25.12.2006

Рябов Г.А.

8



# 1.8. Выход из камеры



25.12.2006

Рябов Г.А.

9

# 1.9. Усовершенствование инфраструктуры

## 1. Ремонт крыши:

- Правый Э.З.-1380 м<sup>2</sup>
- Левый Э.З.-930 м<sup>2</sup> сделано (450 м<sup>2</sup> не сделано)
- Правый И.З. – 450 м<sup>2</sup>

## 2. Ремонт помещения аккумуляторной

## 3. Ремонт крыши над вестибюлем

## 4. Ремонт вестибюля



# 1.10. Новый вестибюль корпуса 2.



25.12.2006

Рябов Г.А.

11



## 2.1. Протонная терапия в 2006 г

- n Облучено больных за год – 22**
  - 4 – артериовенозные мальформации головного мозга;**
  - 6 – рак молочной железы;**
  - 6 – рак предстательной железы;**
  - 6 – аденомы гипофиза.**
  
- n Модернизация и автоматизация комплекса ПЛТ (проект совместно с ОНИ)**
  - коллиматор экспериментального зала введен в эксплуатацию (с многочисленными доделками)**
  - профилометр на шаговых двигателях проходит испытания на пучке**
  
- q Расчет и оптимизация параметров пучка протонов на энергию 200 МэВ для лучевой терапии.**

## 2.2. Коллиматор Э.З. введен в эксплуатацию

- п Участники работ:
- п Иванов Е.М.
- п Волков Е.П.
- п Муратов В.Г.
- п Кучер А.Н.
- п Кошелев В.И.



25.12.2006

Рябов Г.А.

13

## 2.3. Протонная терапия

***Продолжение работ по модернизации тракта протонной терапии на 2007 год:***

1. Введение в эксплуатацию коллиматора Г.З..
2. Введение в эксплуатацию новых профилометров
3. Работы по управлению магнитными элементами остановлены. Для полной автоматизации комплекса протонной терапии их необходимо продолжить.

Это дополнительно даст возможность блокировать работу ускорителя при аварийном отключении линз, на чем настаивает внешняя дозиметрия

4. Работы по сетевому управлению комплексом передать ОНИ и выделить для этого ресурсы ( $\approx 100$  тыс. рублей).



## 2.4. Протонная терапия

### 200 МэВ пучок для медицины

Г.А.Рябов, М.Г.Тверской

**Цель:** расширение спектра болезней, которые лечат с помощью протонной терапии

**Требования к пучку:**

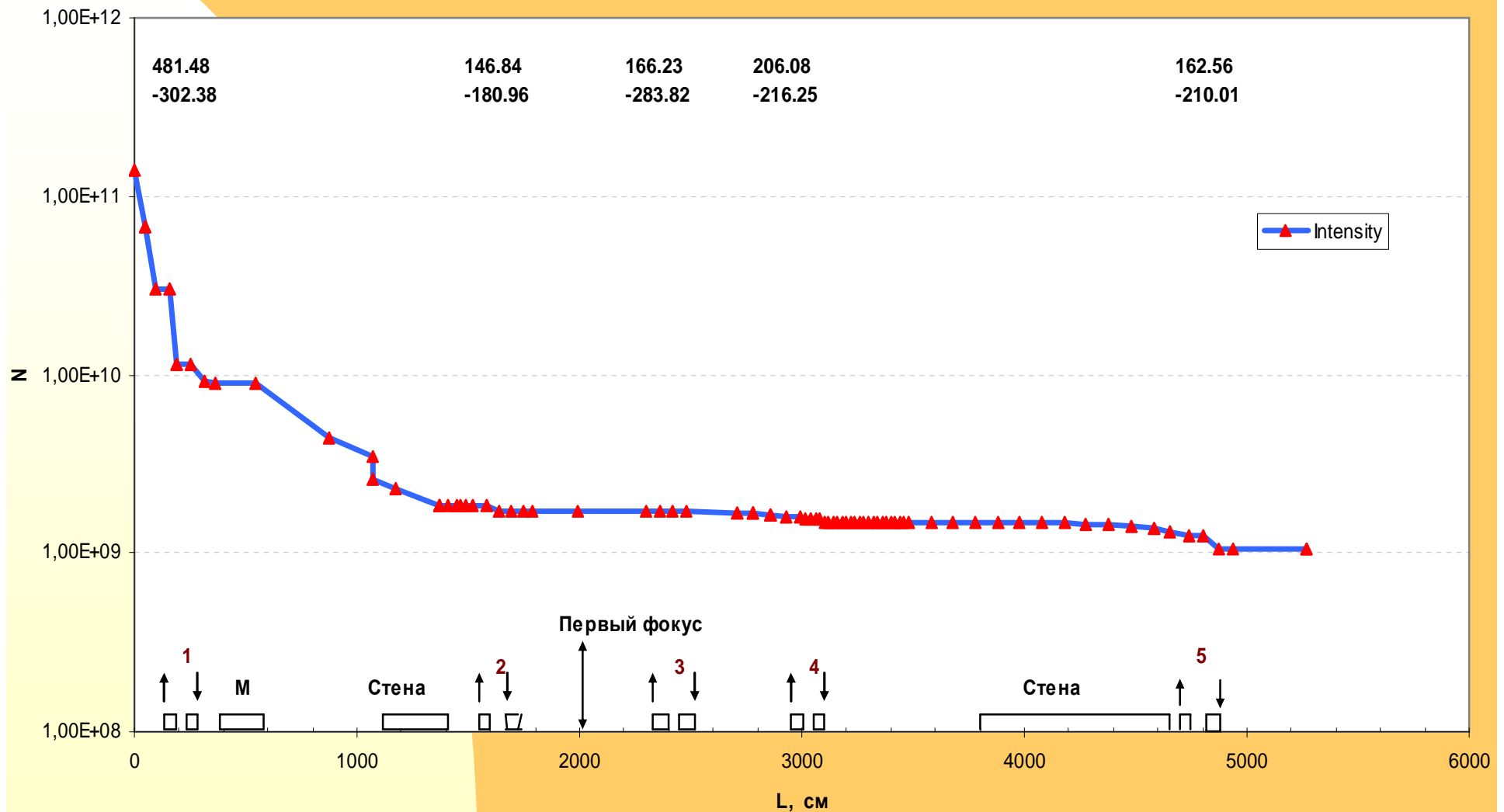
§ Энергия  $E=200$  МэВ,  $I= 10^8 - 10^9$  с<sup>-1</sup>,

$D > 1$  Гр / мин

§ Транспортировка пучка в зал облучения



# 2.5. Интенсивность протонного пучка с энергией 200 МэВ вдоль тракта

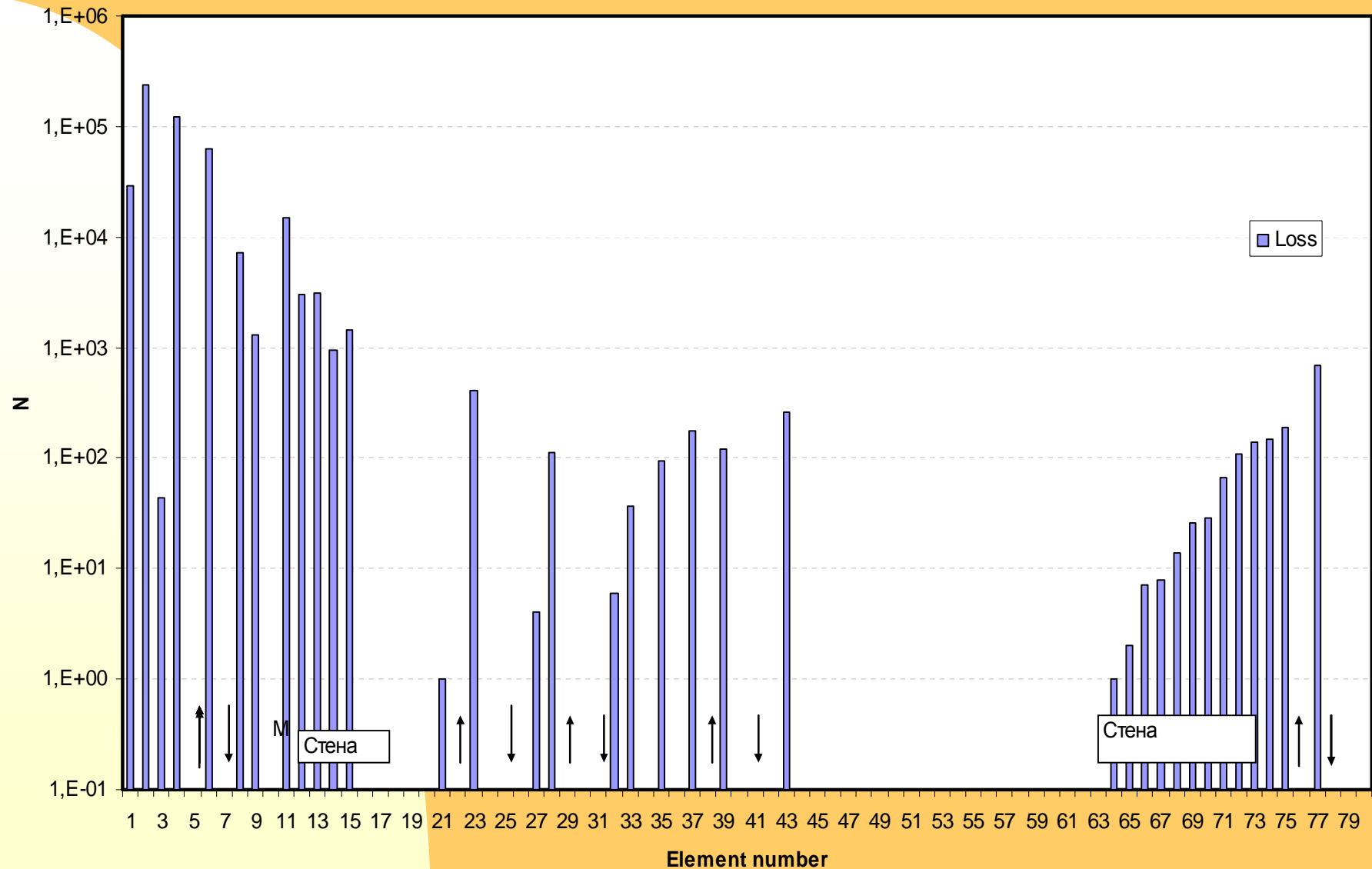


25.12.2006

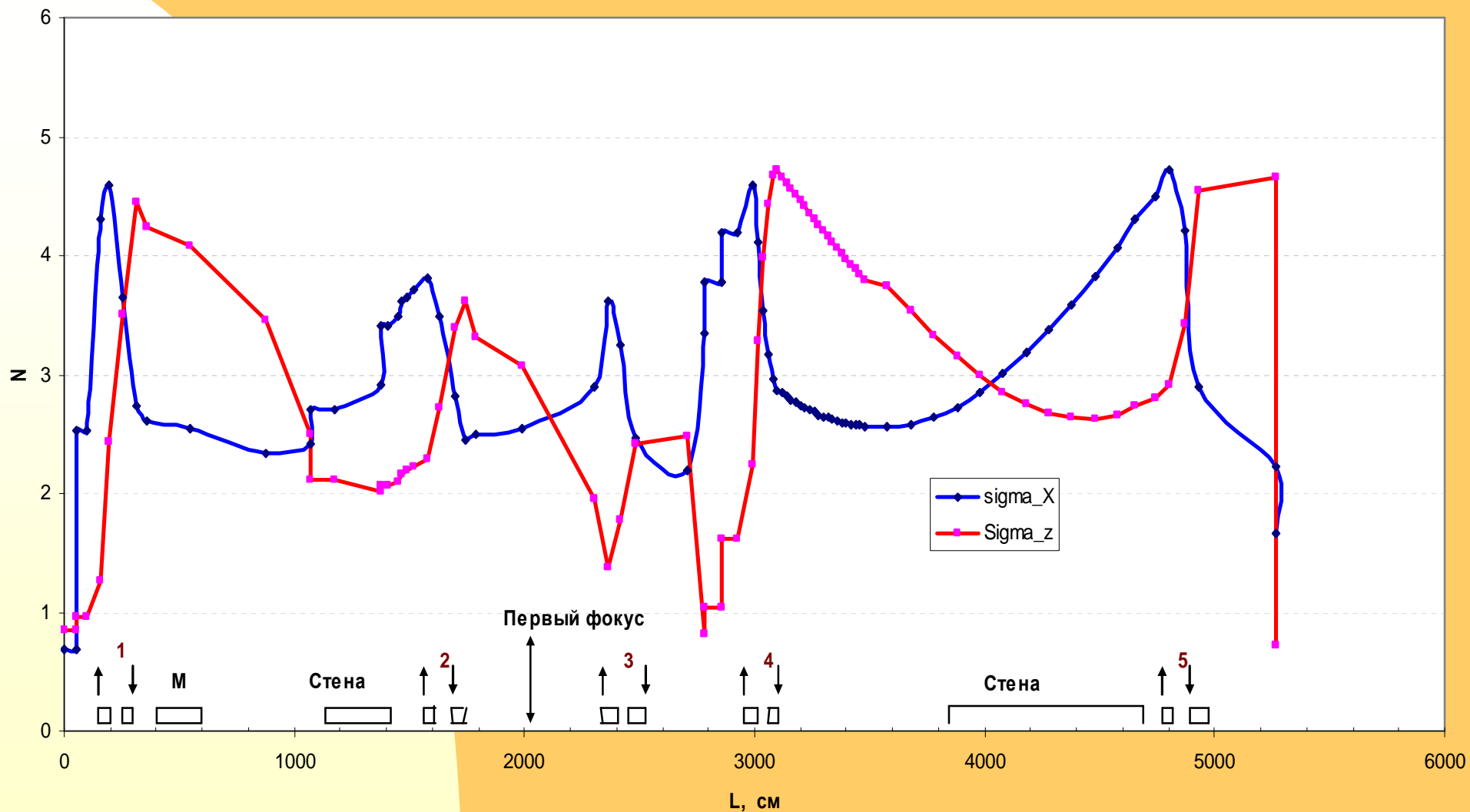
Рябов Г.А.

16

# 2.6. Потери вдоль тракта

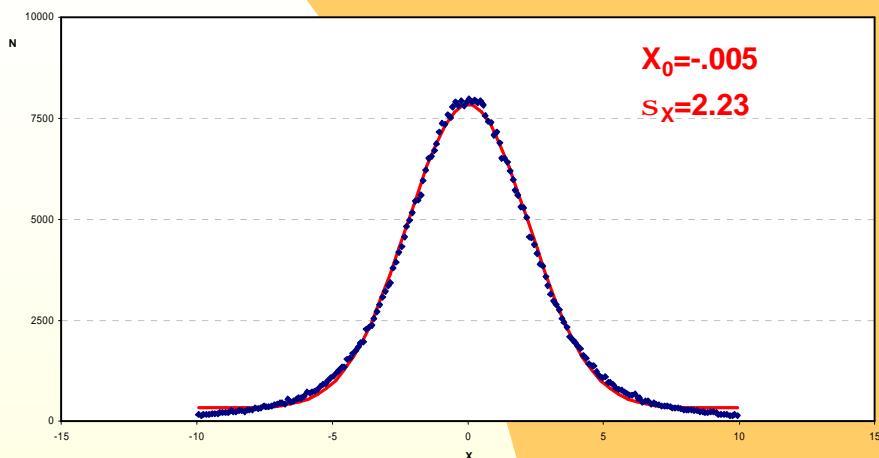


# 2.7. Огибающие пучка вдоль тракта

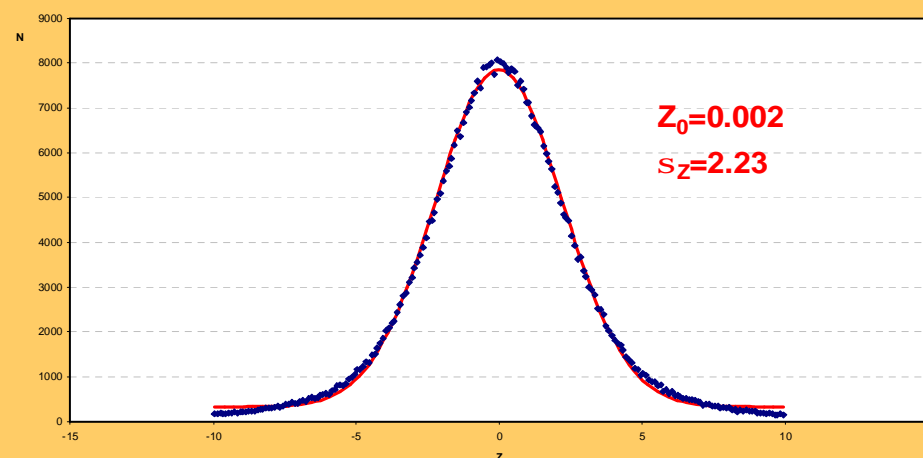


# 2.8. Параметры пучка 200 МэВ в зале облучения ( Монте-Карло моделирование)

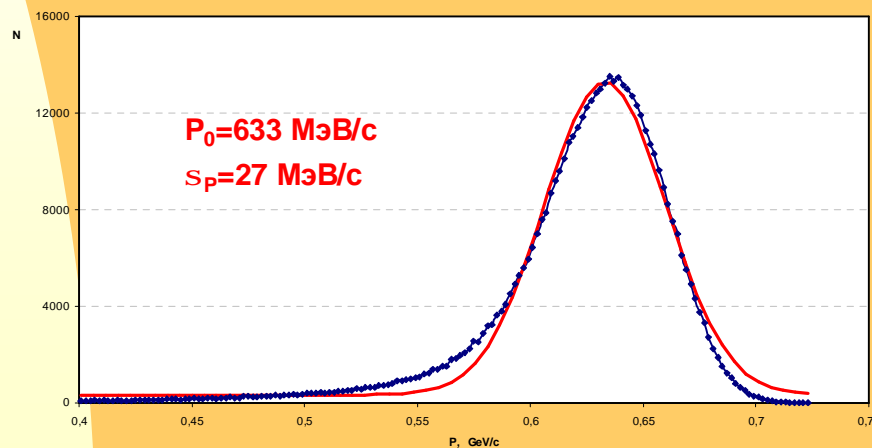
X-распределение



Z – распределение



P- распределение



$I = 10^9 \text{ р/сек}$   
 $p_0 = 633 \text{ Mev/c}$   
 $\sigma/p_0 = 4.2 \%$   
Поглощенная доза  
 $D = 12.3 \text{ Гр/мин}$

## 2.9. Для облучений на пучке 200 МэВ необходимо выполнить следующие работы:

- n Создание дистанционно регулируемого с точностью 1% поглотителя (как в Дубне)
- n Создание кресла для облучения с системой наведения пучка (как в Дубне и ИТЭФ)
- n Приобретение комплекса программ планирования дозы облучения ( как в Loma Linda)
- n Создание новых систем диагностики и дозиметрии (как в Дубне и ИТЭФ)



## 2.10. Перспективы развития комплекса протонной терапии в Гатчине

На базе существующего комплекса р-терапии в Гатчине без проведения новых строительных работ и при сравнительно скромных затратах можно создать универсальный комплекс р-терапии со следующими возможностями:

- § Лечение больных пучком 1000 МэВ по «гатчинскому методу»
- § Лечение больных традиционным методом с использованием пика Брэгга пучком 200 МэВ
- § Лечение рака глаз и кожи пучком 80 МэВ
- § Создание диагностики для р-терапии на основе PET томографии и изотопов от циклотрона
- § Производство мед. изотопов для Северо-Западного региона

## **3. Изохронный циклотрон**

### **3.1. Договор с НИИЭФА по разработке документации**

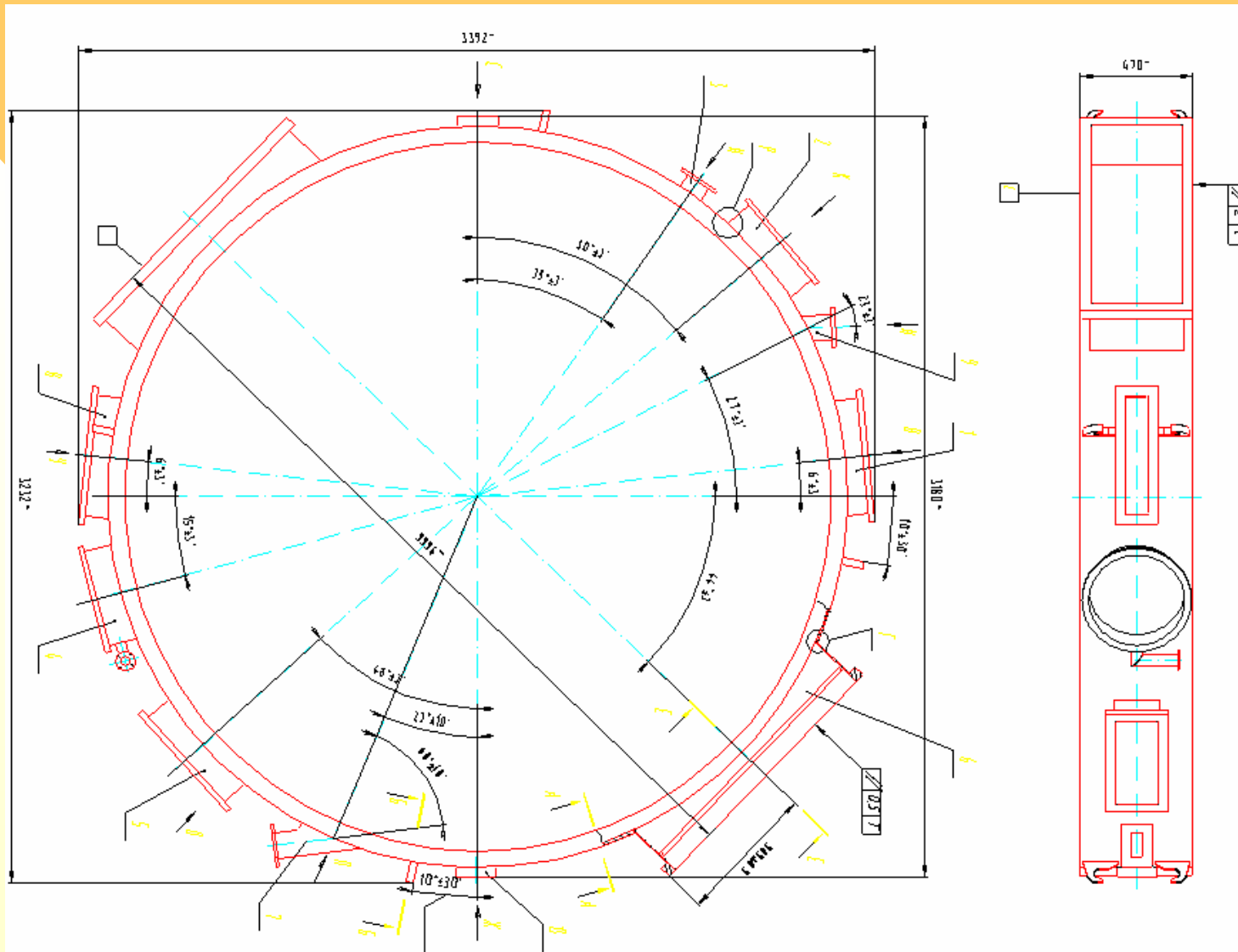
#### **Корректировка проекта ГИЦ:**

- упрощение откачной системы за счет перехода только на внешнюю инжекцию;
- отказ от технологии изготовления плакировки методом взрыва и коррекция чертежей вакуумной камеры, ускорительной системы.

**В 2005 году выполнены рабочие чертежи новой круглой камеры.**

**В 2006 году – рабочие чертежи новой резонансной системы. Разработана система аксиальной инжекции.**

## 3.2. Чертеж новой камеры ГИЦ



Нерж. сталь. Вес 980 кг. Диаметр 3,3 м. Высота 0,5 м.

### 3.3. Камера циклотрона для Словакии, разработанная в Дубне

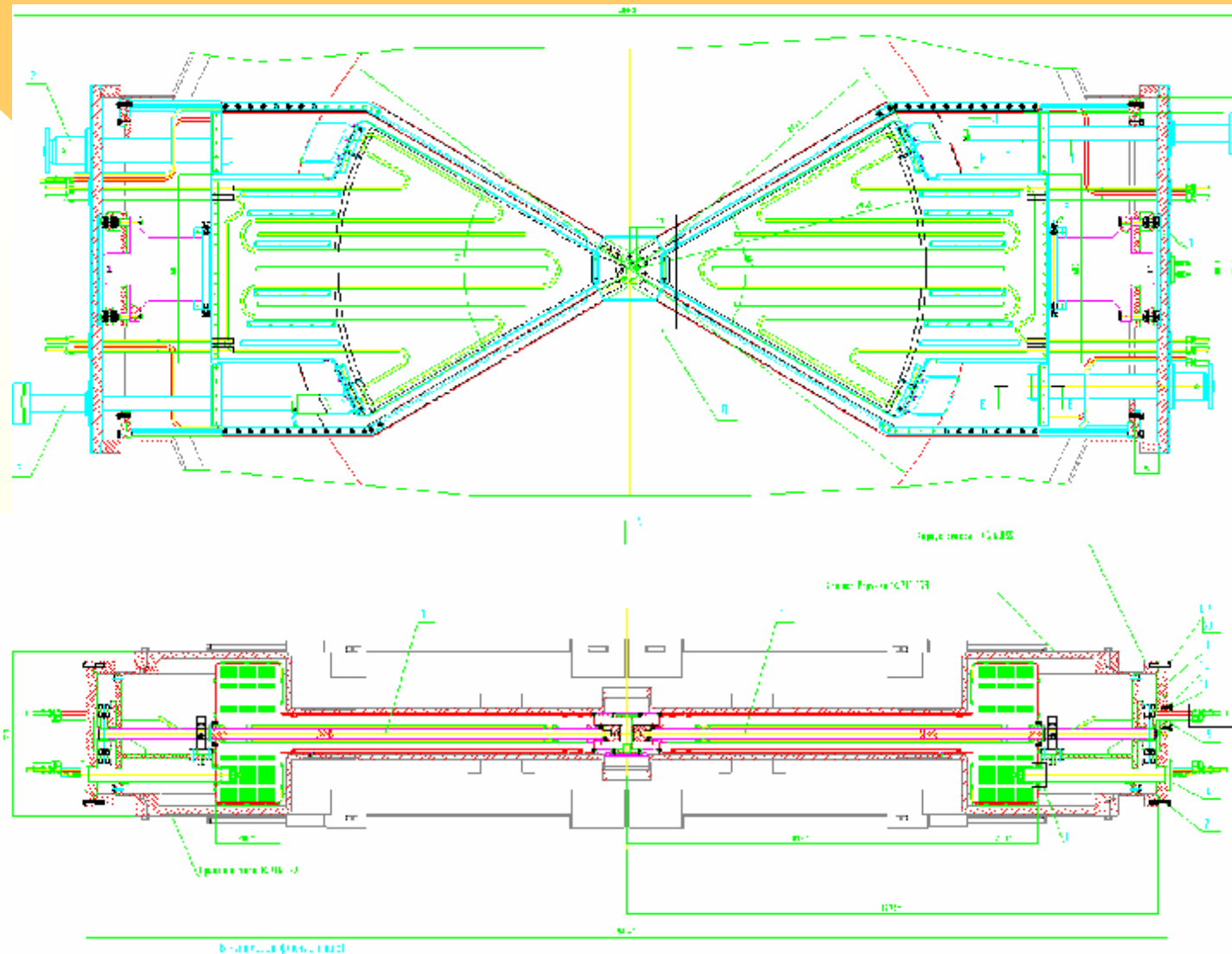


25.12.2006

Рябов Г.А.

24

## 3.4. ВЧ система ГИЦ



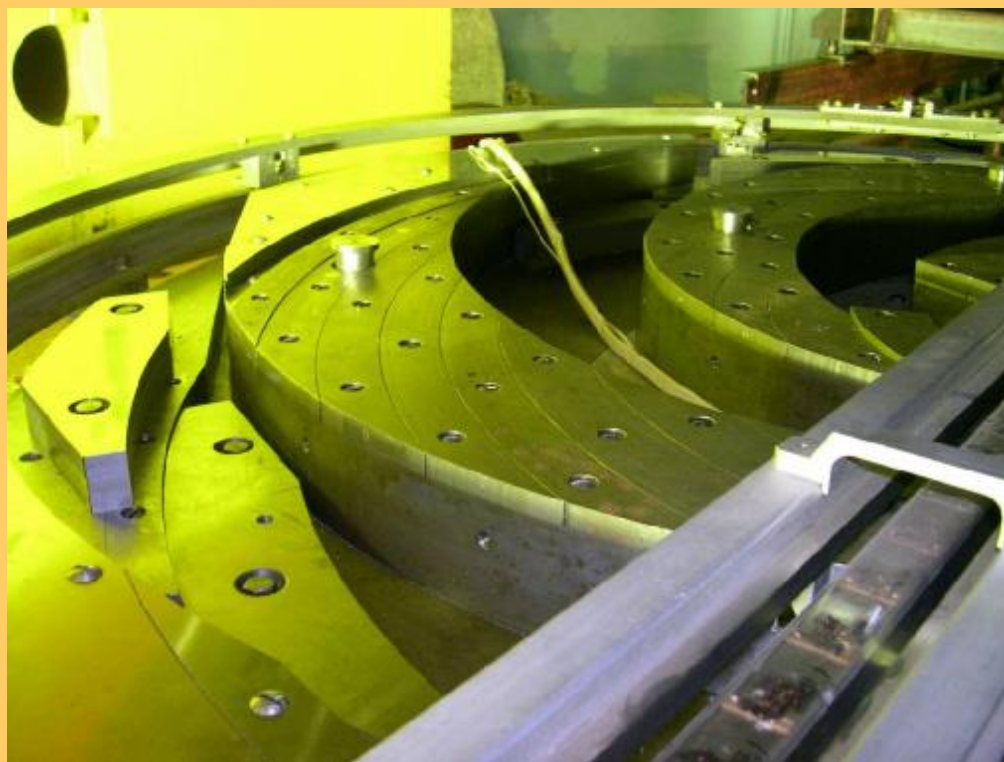
Частота ускорения -41,2 МГц. Напряжение на дуантах -60 кВ. Мощность питания -47 кВт.

## 3.5. Магнитная система - 2006

Елисеев В.А., Артамонов С.А., Гресь В.П.

### Требования к магнитному полю

- § Получение магнитной жесткости 1.32 Т·м и энергии 80 МэВ
- § Обеспечение Z-фокусировки за счет азимутальной вариации
- § Ограничение Н- диссоциации до ~2% ( $B < 17$  кГс)
- § Обеспечение изохронности с точностью ~5 Гс





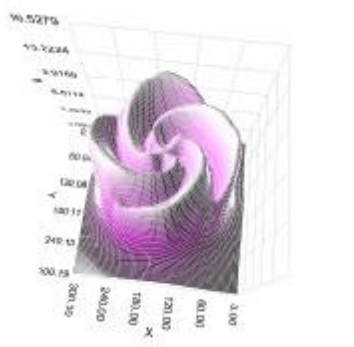
## 3.6. Результаты экспериментального шиммирования среднего поля на конец 2006 г.

- Получена изохронность с точностью  $\sim 150$  Гс:
- Для улучшения изохронности до 20 Гс предлагается изменить полюсные накладки как это указано на чертеже



# 3.7. Тестовый 3D расчет магнита

Артамонов С.А.

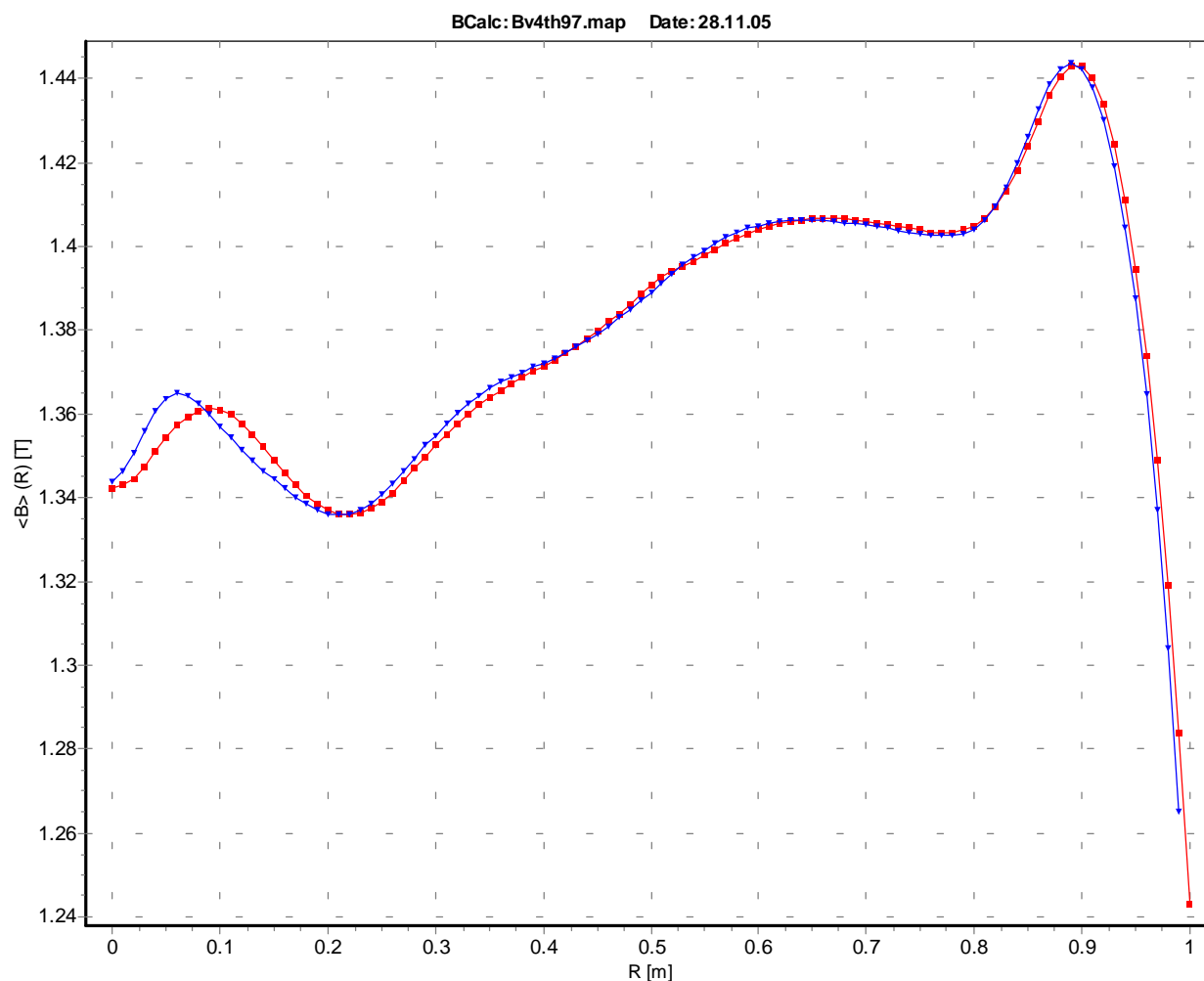


Среднее поле

Расчет - - - - -

Эксперимент - - - - -

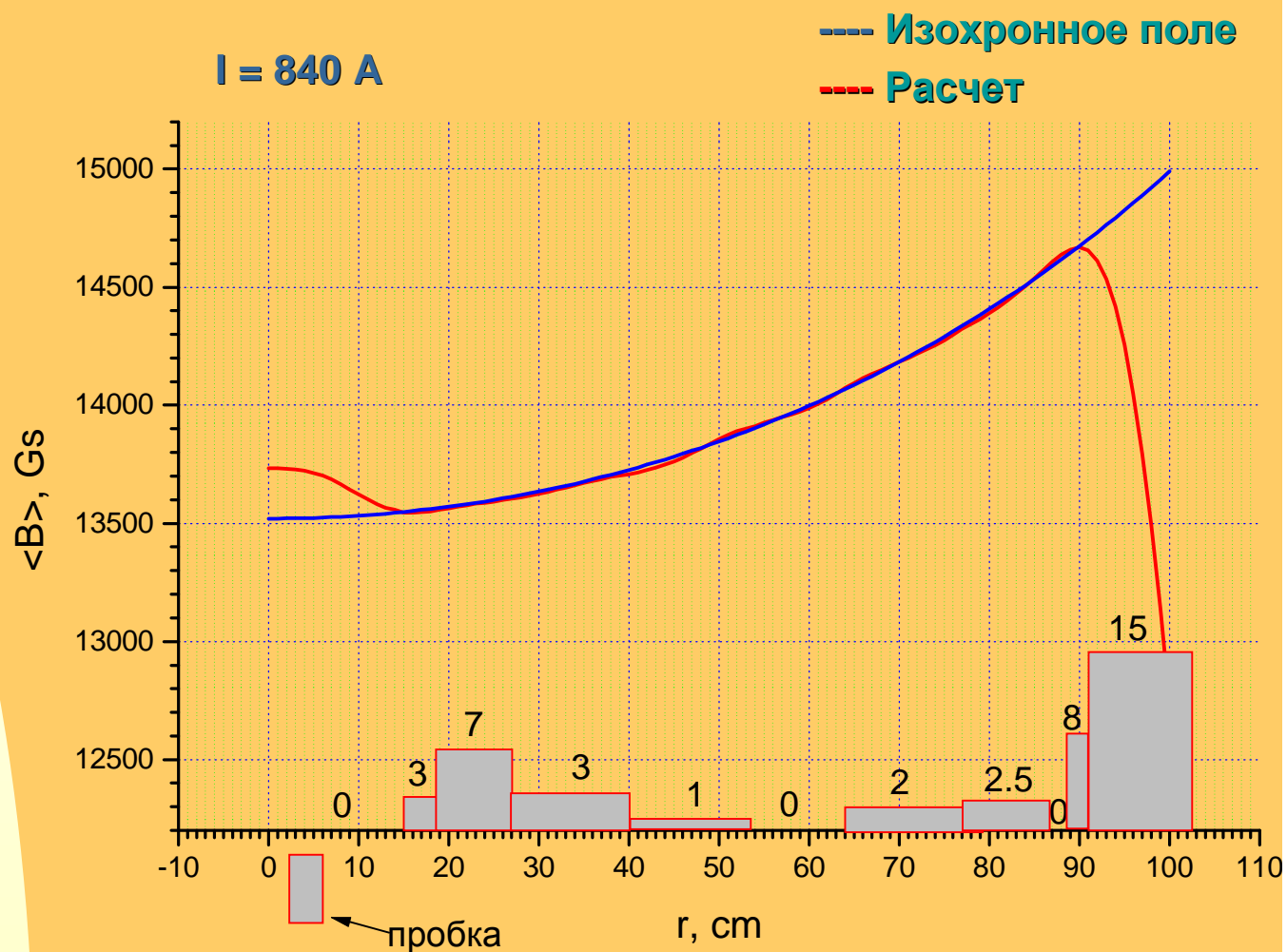
$\Delta B \sim 10 - 20Gs$



## 3.8. 3D расчет - предложение по другому варианту набора шимм

Предлагается:

- Снять повсюду накладки  $h=18\text{мм}$
- Снять с первого кольца 30 мм
- Поставить новый набор сравнительно тонких накладок, указанных на чертеже
- Поднять ток 840 А



# 3 Изохронный циклотрон ГИЦ

## 3.9. Поверхностно-плазм. H<sup>-</sup> источник.

Смолин В.А., Токарев Б.Б.



§ В 2005 г. для увеличения тока H<sup>-</sup> ионов увеличена мощность разряда до 1 кВт и введено охлаждение катода и анода, где созданы каналы охлаждения диам. 1 мм.

§ В 2006 г. реализована схема подачи высокочистого водорода на базе ГВЧ-6

§ Исследована возможность использования Al катода для уменьшения его распыления

## 3 Изохронный циклотрон ГИЦ

### 3.10. H<sup>-</sup> источник. (установка для охлаждения)



25.12.2006

§ В 2006 запущен источник с новой системой охлаждения под давлением 15 атмосфер

§ Получен стационарный ток H<sup>-</sup> ионов 400 мкА без цезия

§ Предполагается, что применение цезия позволит увеличить ток в 6-10 раз

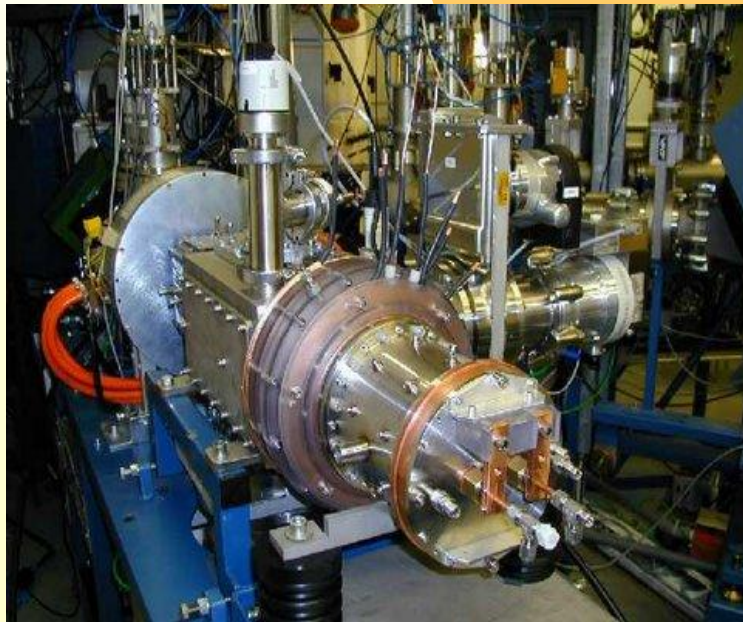
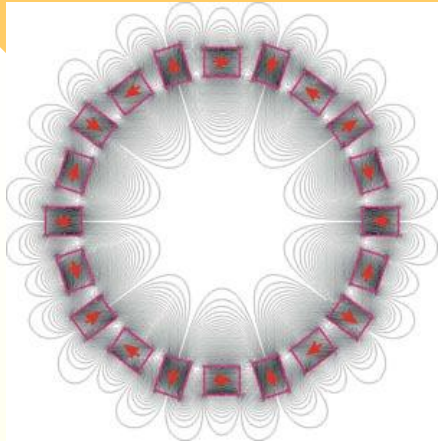
§ На будущее остается проблема долговременной работы источника и подбора материала катода

Рябов Г.А.

31



# 3.11. Источники H<sup>-</sup> ионов



Петров И.А. и др.

Мультипольный источник:

Этап 2006:

- § Изготовлен выпрямитель 6 кВ x 200 мА для вытягивающего электрода
- § Получен ток H<sup>-</sup> I=500 мкА при 2.5 кВ на выт. электроде
- § На стенде НИИЭФА проводится:
  - ü Настройка магнитной системы
  - ü Установка нового вытягивающего электрода. Получение тока 1-1.5 мА

## 3.12. Стенд настройки источника в НИИЭФА



25.12.2006

Рябов Г.А.

33



## 4.1 Радиационные испытания на СЦ ПИЯФ в 2006

- § Договор на облучение с компанией СПЭЛС -120 тыс. руб.
- § Договор на облучение с «Электронстандартом» в процессе обсуждения

Dr German A. RIABOV  
Petersburg Nuclear Physics Institute  
Gatchina Leningrad District, 188350  
Russia

Grenoble, January 16<sup>th</sup> 2006

Dear Dr Riabov,

I am involved in radiation testing of VLSI electronic devices for natural radiation environment in the atmosphere and at ground level. At the present time we consider in particular neutron effects using facilities like the ones located at Uppsala (TSL), Los Alamos (LANSCE) or Triumf at Vancouver (Ca). We are looking for other facilities located in Europe or Russia.

As you know a neutron energy spectrum similar to the atmospheric spectrum can be obtained by using a high energy proton beam impinging on a High Atomic mass material such as Tungsten. In this context, could you:

- Tell me what should be the neutron flux expected by using your 1GeV proton beam on a tungsten target ?
- Tell me if you have already performed such experiments and if so would you be interested in developing such a neutron beam for applied research with the cooperation of Europe Community and industry partners from Europe ? In such case we can help you with this project, as well as perform experiments at your facility to create correlations with existing neutron beams.

Thanks in advance for your feedback on my request.

Best regards,

  
Dr Rémi GAILLARD

PS: You can contact me using my e-mail address ([Remi.Gaillard@iroctech.com](mailto:Remi.Gaillard@iroctech.com))

25.12.2006

Dear Dr Riabov,

**I am involved in radiation testing of VLSI electronic devices for natural radiation environment in the atmosphere and at ground level. At the present time we consider in particular neutron effects using facilities like the ones located at Uppsala (TSL), Los Alamos (LANSCE) or Triumf at Vancouver (Ca). We are looking for other facilities located in Europe or Russia.**

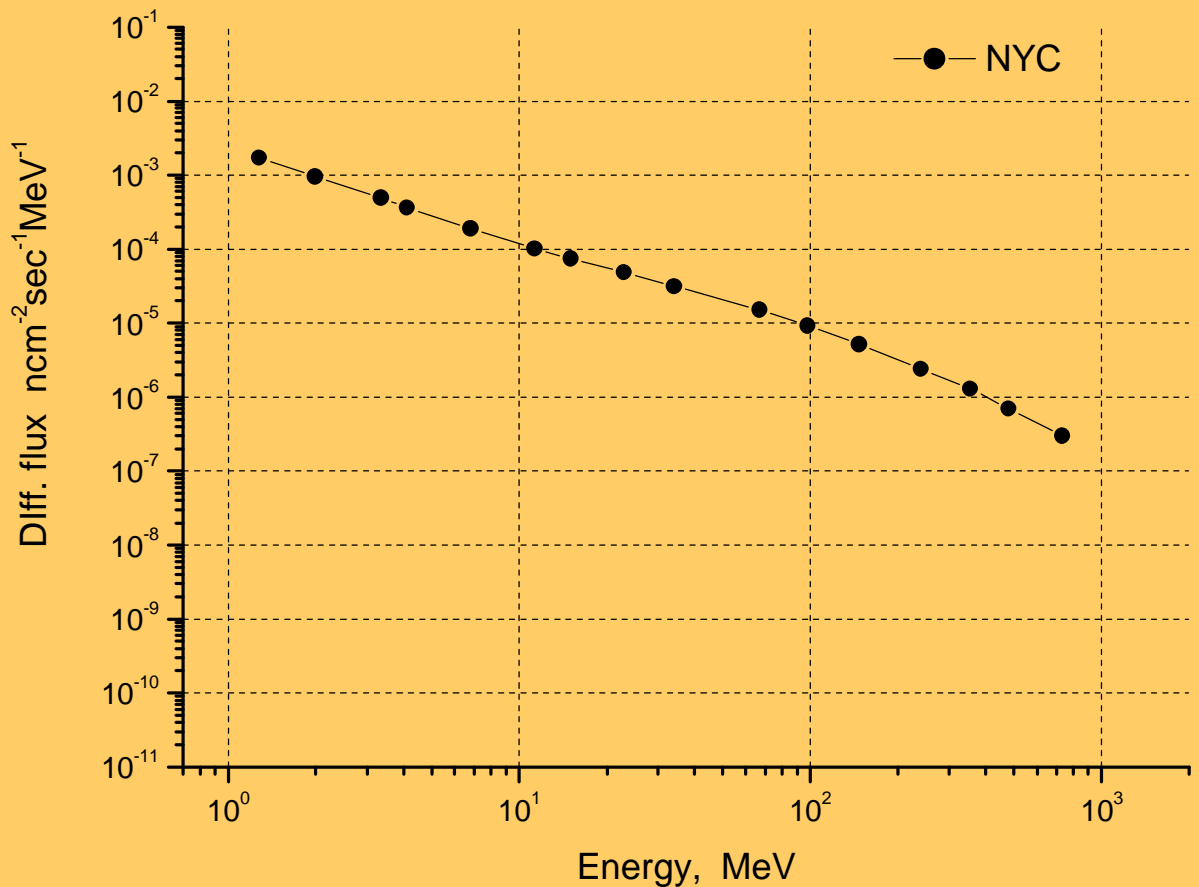
As you know a neutron energy spectrum similar to the atmospheric spectrum can be obtained by using a high energy proton beam impinging on a High Atomic mass material such as Tungsten. In this context, could you:

- Tell me what should be the neutron flux expected by using your 1 GeV proton beam on a tungsten target ?
- Tell me if you have already performed such experiments and if so **would you be interested in developing such a neutron beam for applied research with the cooperation of Europe Community and industry partners from Europe? In such case we can help you with this project, as well as perform experiments at your facility to create correlations with existing neutron beams.**

## 4.2. Спектр нейтронов в атмосфере на широте NY, используемый как тест для испытания микросхем

Рабочая группа из Ускорительного Отд., Щербакова О.А., Коптева В.П., Тверского М.Г.

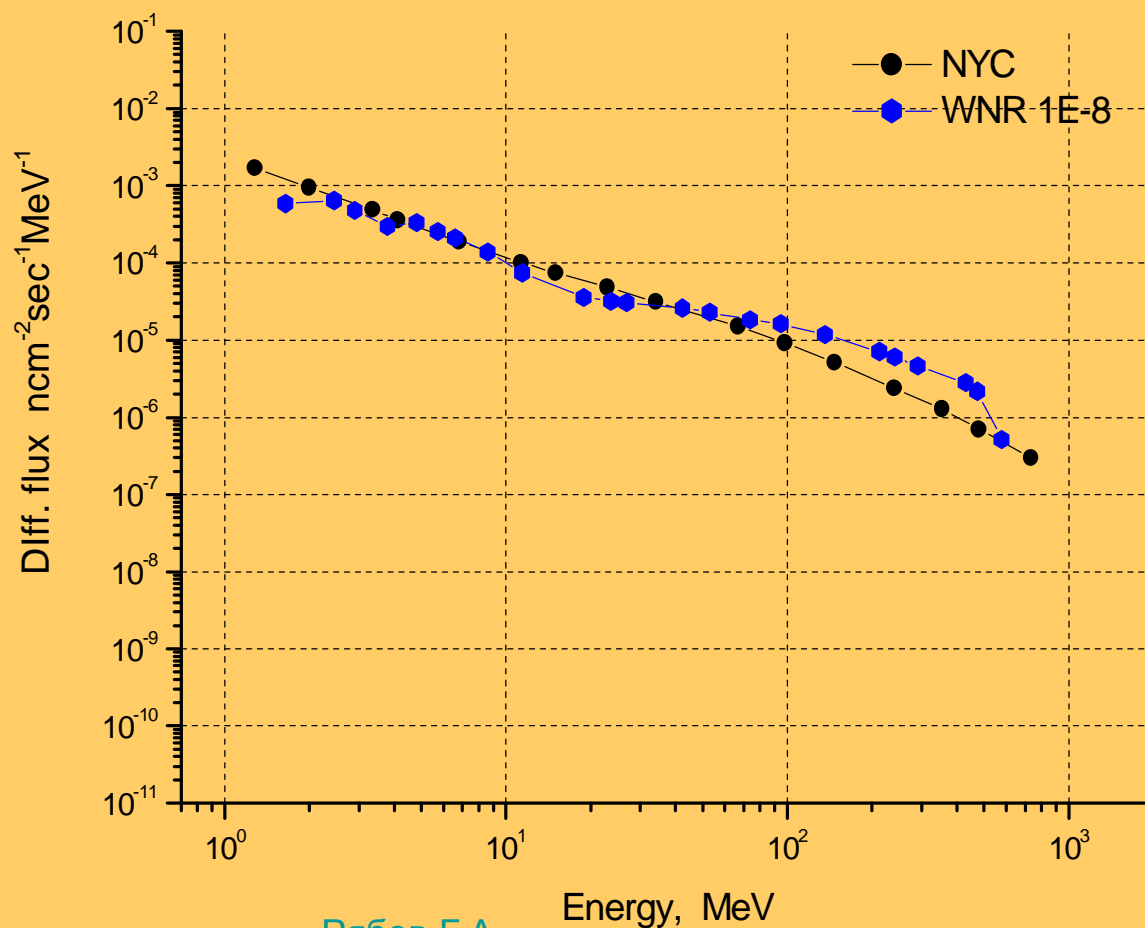
Согласно JEDEC STANDARD все микросхемы для авиации должны проходить испытания на радиационную стойкость, в частности под действием нейтронов



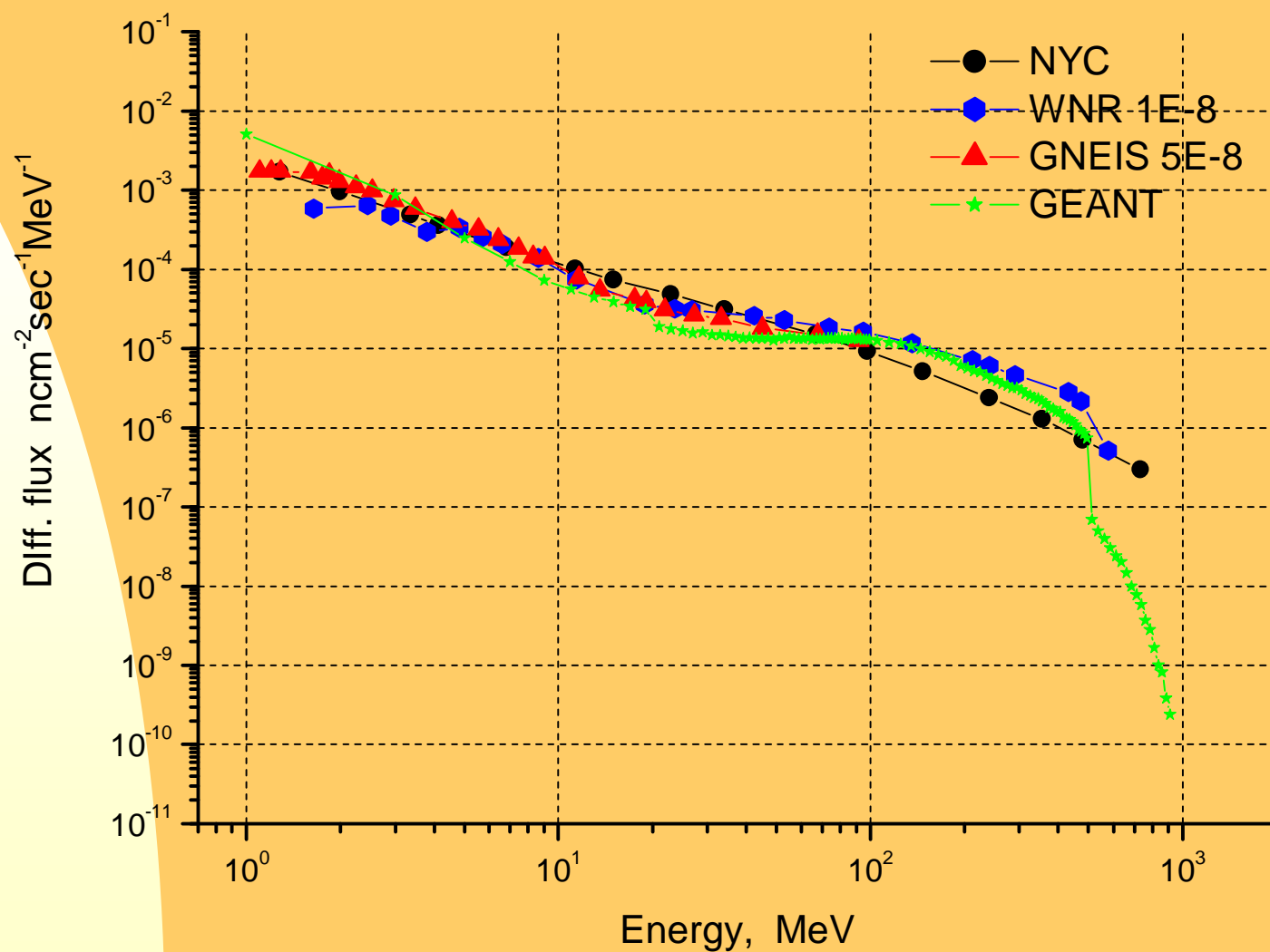
## 4.3. Спектр NY и спектр нейтронного пучка Los-Alamos'a

### Свойства пучка Los-Alamos'a

- n Мишень W, 32 см, угол рождения 30 град., ток протонов 1.6 мкА, пролетная база 30 метров.
- n 1 час облучения соответствует 100 годам полета
- n Стоимость пучка 600-800 \$ в час



## 4.4. Спектры NY, Los-Alamos'a, GNEIS'a и Гатчины





# 4.5. Варианты организации нейтронного пучка в Гатчине

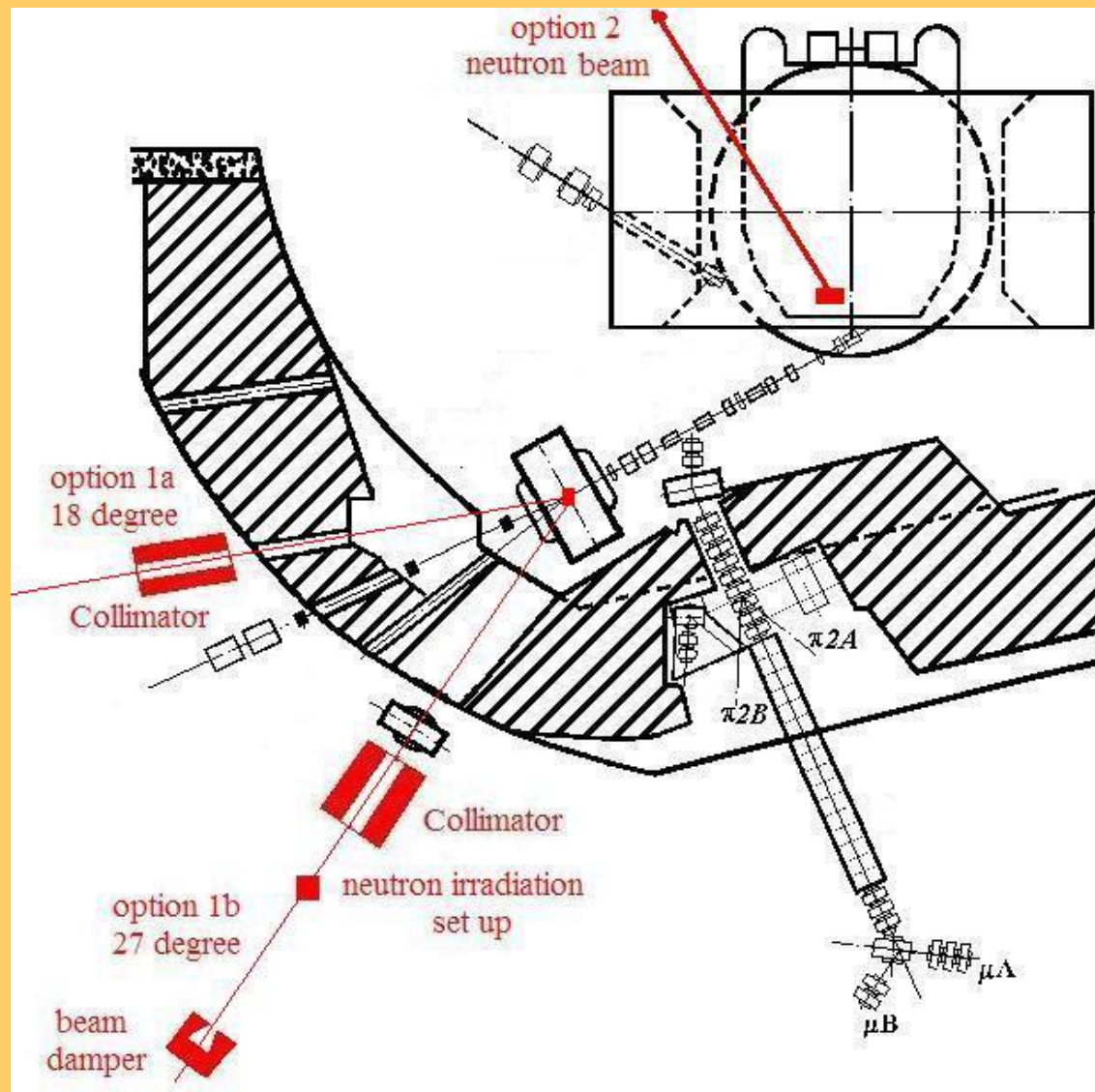
Необходимое

оборудование пучка:

- § Толстая водоохлаждаемая мишень из W или Pb
- § Ловушка нейтронов
- § Коллиматоры из Fe и Cu
- § Камера деления

Оборудование рабочего места:

- § Помещение
- § PC и Internet
- § Рад. уст. ТВ установка
- § И др. (WC, комната отдыха, кофе-машина)



25.12.2006

Рябов Г.А.

40

## 4.6. Резюме по нейтронному пучку

На Гатчинском СЦ можно организовать единственный в Европе нейтронный пучок для тестирования электроники со спектром очень близким с тестовым спектром на ширине Нью-Йорка и с интенсивностью пучка такой же как в Лос-Аламосе.

Для реализации проекта и доведения пучка до коммерческого использования необходимо получить грант.

Проект нейтронного пучка включен в предложение в Министерство Образования и Науки по созданию центра коллективного пользования (ЦКП) на СЦ ПИЯФ

## 5. Малые ускорители в 2006 г.

Смолин В.А., Токарев Б.Б., Лебедев В.М.

В группе малых ускорителей проводятся работы по разработке ППИ Н<sup>-</sup> ионов, представленные выше.

Кроме того на ЭСУ проведены исследования:

1. Продолжено исследование механизмов старения газо-разрядных детекторов для экспериментов на ЛНС (с ОФВЭ) -1 публикация;
2. Начаты исследования обладающих люминесцентными свойствами халькогенидных стеклообразных полупроводников ( $As_2Se_3$ ), модифицированных редкоземельными. Применяются в фотонике и оптоэлектронике. Совместно с ФТИ - 3 публикации
3. Исследуются состав и структура новых фуллеренсодержащих материалов (совместно с лабораторией химии и спектроскопии ОНИ, Ю.С. Грушко)
4. Продолжение исследований МДП (металл-диэлектрик-полупроводник) – структур, содержащих оксиды редкоземельных элементов (с Самарским Государственным университетом) - 2 публ.

В 2005 году опубликовано 7 печатных работ.

# Список публикаций УО за 2006

- 1. N.K.Abrosimov, Yu.A.Gavrikov, E.M.Ivanov, D.L.Karlin, A.V.Khanzadeev, N.N.Yalynych, G.A.Riabov, D.M.Selivers-tov, V.M.Vinogradov.**  
«1000 MeV Proton beam therapy facility at Petersburg Nuclear Physics Institute Synchrocyclotron». Journal of Physics: Conference Series 41 (2006) 424-432.
- 2. G.A.Riabov, V.G.Riabov, M.G.Tverskoy**  
«Application of Monte-Carlo method for design and optimization of beam lines», Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A558, 2006, pp. 44-46.
- 3. К.Абросимов, Е.М.Иванов, Д.Л.Карлин, Г.А.Рябов, Д.М.Селиверстов.**  
Доклад «Комплекс протонной лучевой терапии на синхроциклотроне ПИЯФ РАН в г. Гатчине». Рабочее совещание «Ускорители для медицины» при Научном Совете РАН по проблемам ускорителей заряженных частиц. 14-15 июня 2006г., ОИЯИ, Дубна, Россия.
- 4. В.М.Лебедев, А.А.Васильев, М.Е.Взнуздаев, П.А.Кравцов, Л.М.Коченда, М.С.Микиртычьянц, В.А.Трофимов.**  
"Изготовление, определение состава и толщины самоподдерживающихся тонких углеродных пленок". Сборник трудов V Между-народной конференции «Аморфные и микрокристаллические полупроводники», 19-21 июня 2006г., Санкт-Петербург, Издательство Политехнического университета, с. 114-115, 2006.
- 5. В.Х.Кудоярова, С.А.Козюхин, К.Д.Цендинн, В.М.Лебедев, Е.А.Бабенко**  
«Исследование состава аморфных пленок As<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> модифицированных комплексным соединением Ln(thd)<sub>3</sub> (Ln=Er), по данным ядерного микроанализа и ИК-спектроскопии", Сборник трудов V Международной конференции «Аморфные и микрокристаллические полупроводники», 19-21 июня 2006г., С-Петербург, Издательство Политехнического университета, с. 188-189, 2006.

# Список публикаций УО за 2006

6. **Х.Кудоярова, С.А.Козюхин, К.Д.Цендин, В.М.Лебедев, Е.А.Бабенко.**

«Состав аморфных пленок  $As_2Se_3$  модифицированных комплексным соединением  $Ln(thd)_3$  ( $Ln=Er$ ), по данным ядерного микроанализа", Неорганические материалы, 2006, т.42 № 8, с.939-944.

7. **А.М.Гурьянов, Н.В.Латухина, В.М.Лебедев**

«Профили распределения компонентов в структурах оксид редкоземельного элемента - кремний». Материалы и технологии XXI века. Сборник статей IV Междун. Научно-техн.конф. Пенза, 23-24 марта 2006. С.23-26, 2006.

8. **А.М.Гурьянов, А.В.Пашин, Н.В.Латухина, В.М.Лебедев**

«Распределение компонентов в кремниевых МДМ-структурах с диэлектрическими пленками из оксидов редкоземельных элементов», Вестник самарского государственного университета. Естественно-научная серия. 2006, № 2, с. 147-154.

9. **М.Лебедев, А.Г.Крившич, В.А.Смолин**

«Исследование старения газоразрядных детекторов частиц методом ядерных реакций», Тезисы докладов 56 Международной конференции по проблемам ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (ЯДРО 2006), Саратов, 4-6 сентября 2006 г, с.313-314.

10. **V.V.Brazhkin, E.A.Ekimov, A.G.Lyapin, S.V.Popova, A.V.Rakh-manina, S.M.Stishov, V.M.Lebedev, Y.Katayama, K.Rato.** «Lattice parameters and thermal expansion of super conducting boron-doped diamonds», Physical Review B 74, N 14, 2006. P. 140502-1 - 140502-4 (Rapid communications).



## **6. Ускорительный отдел в 2006 году**

### **Наши проблемы**

**1 Неясность с финансированием на 2007 г.**

**2 Кадры.**

**Кадровая проблема в 2006 году из критической стадии перешла в драматическую (в связи со смертью начальника смены Бакланова Ю. Г. и серьезной болезнью оператора Котова О. Г.) . У нас осталось три смены и мы не сможем сохранить старый режим работы ускорителя. Новый режим работы на 2007 год – две-три недели работы и одну- две недели остановки при общем уменьшении часов работы ускорителя.**

**3 Капитальный ремонт оборудования и помещений (кап. ремонт трансформаторов, крыш, системы водоохлаждения)**



п **Успехов в  
Новом Году !**



п **Спасибо за  
внимание!**

# Усовершенствования синхроциклотрона (улучшение параметров пучка)

Разработана схема и выполнен макет ЯМР-отметчика для точного воспроизведения энергии СЦ в различных сеансах.

В 2006 г :

1. Определено место в магнитной цепи Е-9, где «нет» радиационного фона и где можно установить ампулы ЯМР датчика;
2. Решена задача передачи сигнала ЯМР на пульт СЦ (расстояние в 350 м).



25.12.2006

Рябов Г.А.

47