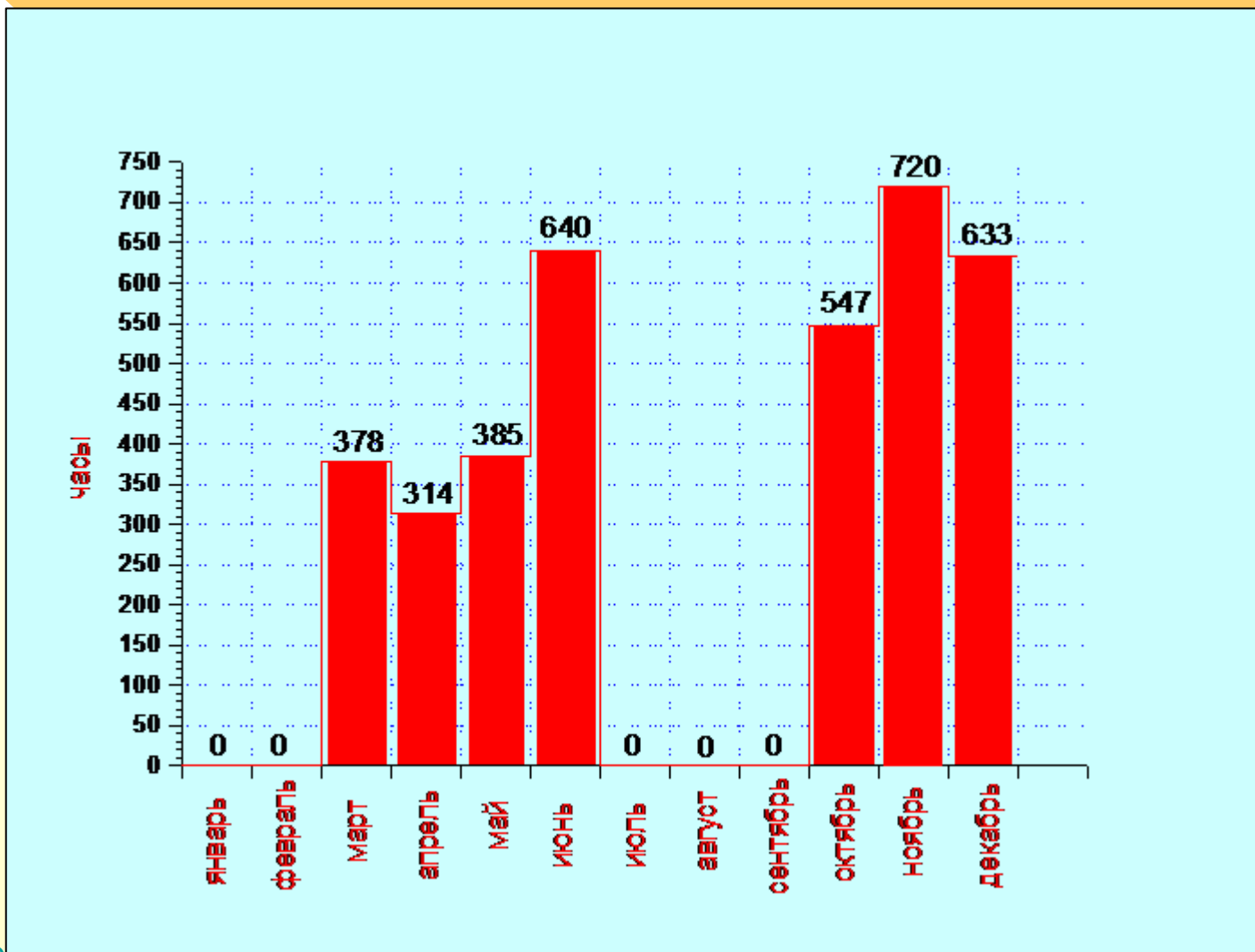


Ускорительный отдел в 2008 году

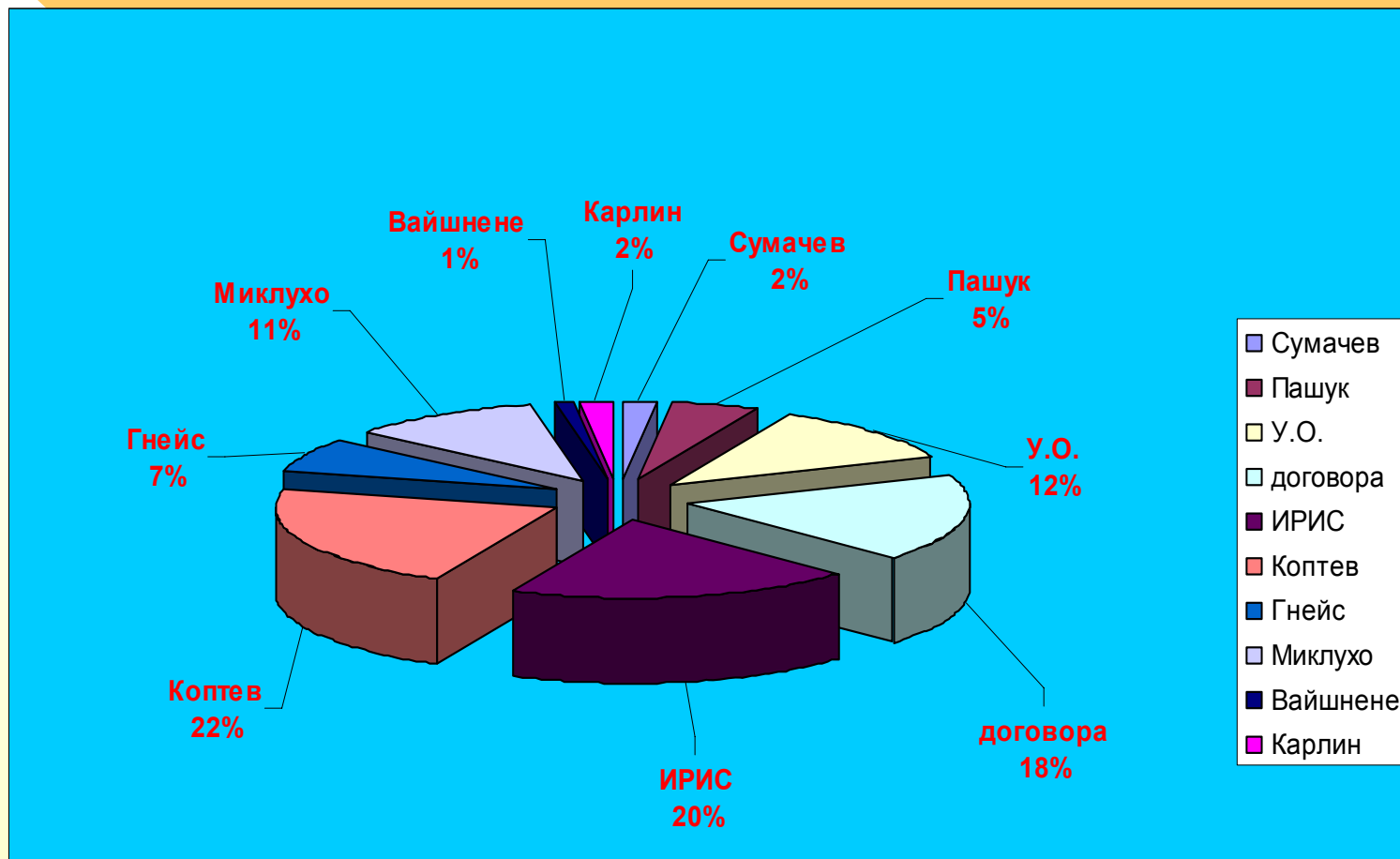
План доклада

1. Синхроциклотрон
2. Протонная терапия
3. Изохронный циклотрон
 - 3.1 Магнитная система
 - 3.2 Н-- источники
4. Проект центра ядерной медицины
5. Радиационные испытания
6. Малые ускорители

1.1. Ускоритель отработал в 2008 году: всего 3617 часов; на эксперимент 2706 часов.

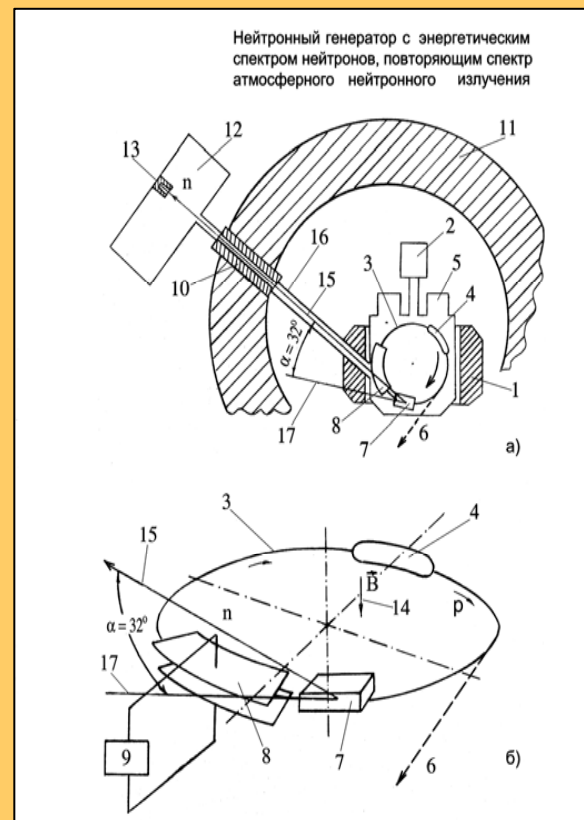
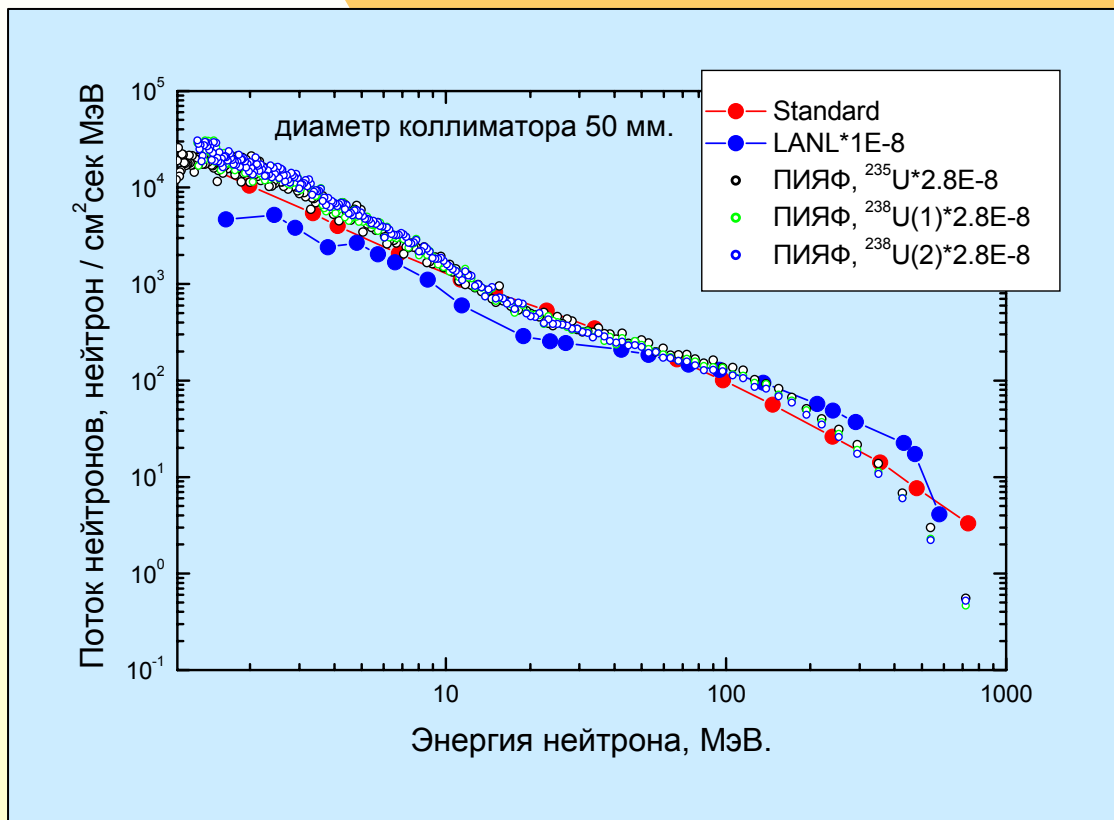


1.2. Распределение времени по отдельным потребителям



1.3.a Модификация нейтронного спектрометра ГНЕИС для имитации потока нейтронов в атмосфере для радиационных испытаний электроники. (УО и гр. Щербакова О.А.)

Грант РАН «Поддержка инноваций» «500 т.руб»



1.3.6 Модификация нейтронного спектрометра ГНЕИС для имитации нейтронного потока в атмосфере.

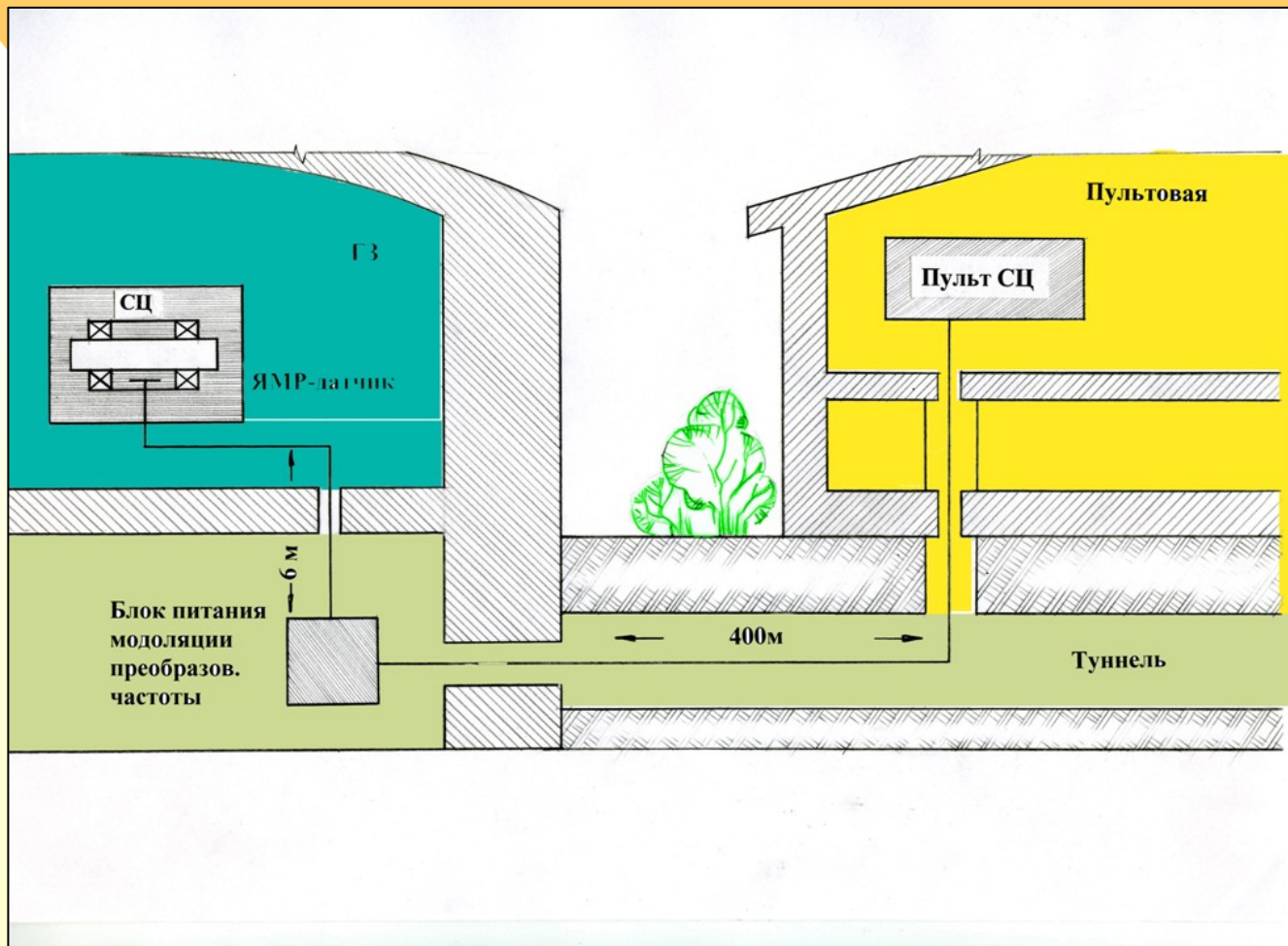
ЭТАП 2008

- **Получен спектр нейтронов, аналогичный пучку в LAMPF и рекомендованный EDEC – стандартом**
- **Получен патент России по созданию устройства нейтронного генератора, отличающейся возможностью регулировать временной спектр от импульсного до непрерывного**

ЦЕЛЬ

- **Создать единственный в Европе центр радиационных испытаний радиокомпонентов на нейтронах для коммерческого использования и созданию конкуренции для LAMPF и Uppsala**

1.5a Введение в эксплуатацию ЯМР-отметчика для выставления магнита по полю для стандартизации энергии и положения пучка



1.56 Введение в эксплуатацию ЯМР-отметчика для выставления магнита по полю для стандартизации энергии и положения пучка

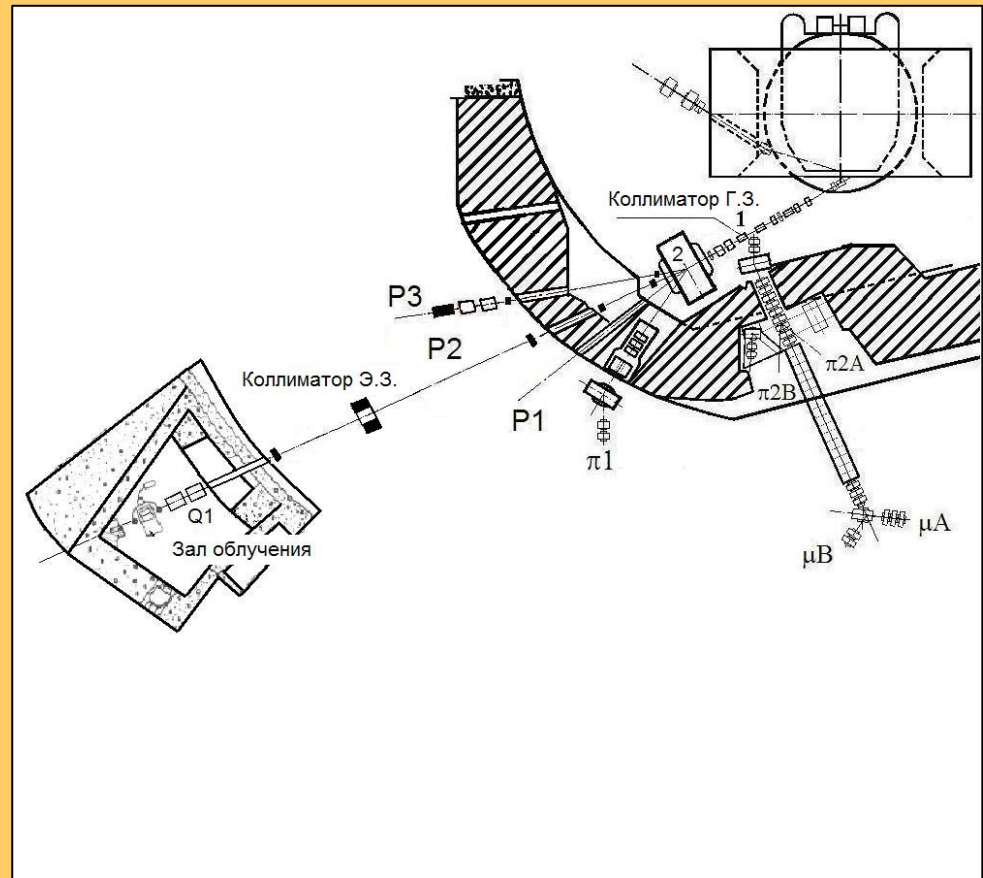
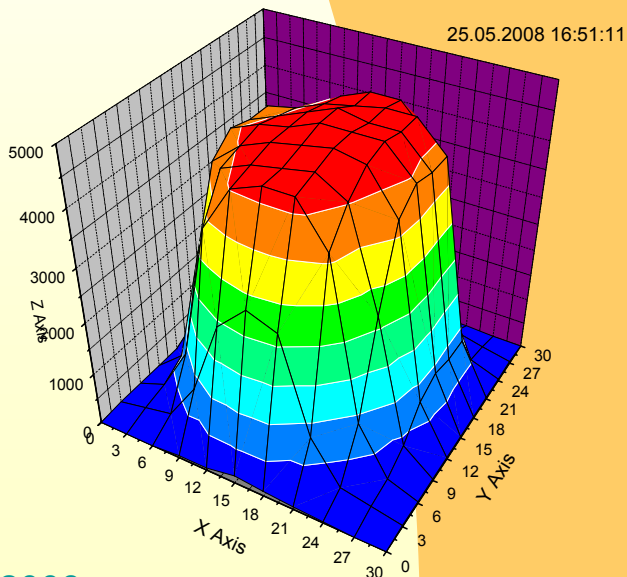


1.6 Синхроциклотрон

Создание р-пучка и оборудование места для радиационных испытаний и тестовых испытаний ионизационных камер

Требования заказчика:

- Интенсивность 10^8 р / см²
- Диагностика и измерение размеров пучка
- Мониторинг
- Дозиметрия
- Сканирование образца вдоль пучка



1.7. Усовершенствование инфраструктуры

Этап 2008г:

- Продолжение работ по ремонту силовых трансформаторов 6, 7, 8, 9. (600т.руб)
- Прокладка “воздушного” кабеля между пультом и насосной (100т.руб)
- Косметические ремонты на корпусах 2 и 2а

Разрабатывается план использования для физического пуска ПИК (5 МВт) силовых кабелей синхроциклотрона (2,5 МВт) и высоковольтных переключающих ячеек, что нарушит нормальную работу СЦ

В 2008г. институт не выделил квот на ремонт крыш зданий ускорительного комплекса



2.1. Протонная терапия

200 МэВ пучок для медицины

Г.А.Рябов (ЛФТУ), М.Г.Тверской(ЛРФ)

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

Требования к пучку:

- Энергия $E=200$ МэВ, $I \sim 10^8 - 10^9$ с⁻¹,
 $D \sim 1$ Гр / мин $k_B \sim 1.5$
- Транспортировка пучка в зал облучения

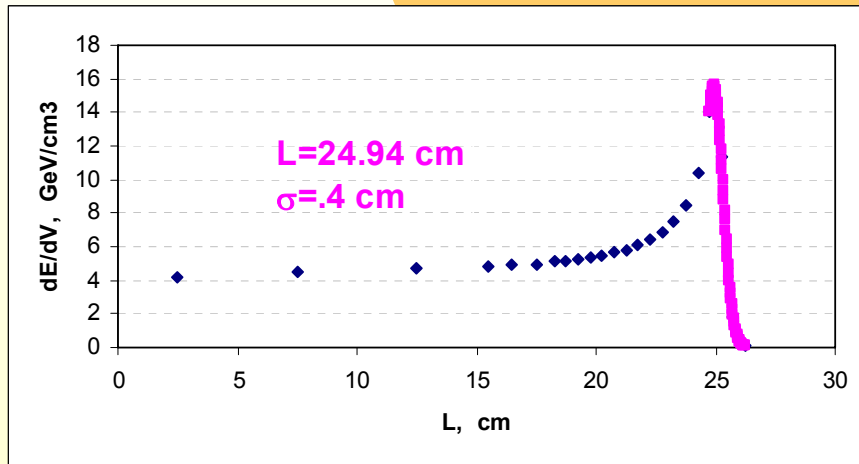


2.2. 200 МэВ пучок для медицины

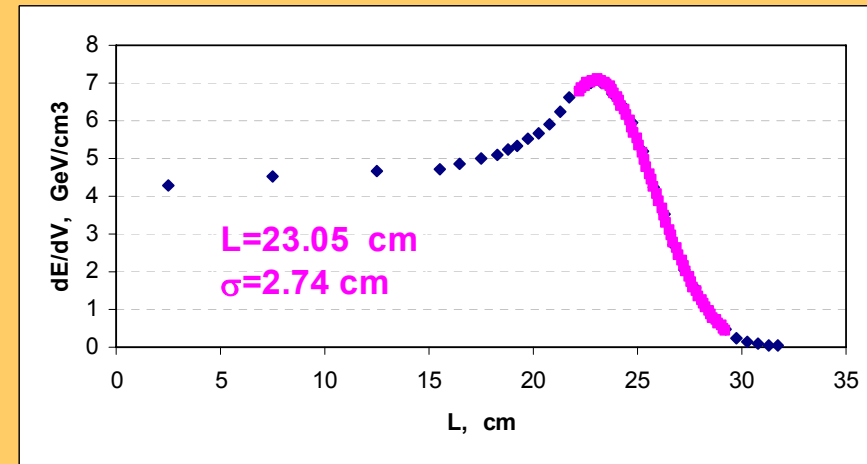
ЗАДАЧА- Определить какой пучок обеспечивает оптимальное распределение дозы

ПРИМЕР - РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗЫ ВДОЛЬ ПРОБЕГА В ВОДНОМ ФАНТОМЕ ПРИ ЭНЕРГИИ ПРОТОНОВ 200 МэВ и размерах пучка $\sigma_x, \sigma_z \sim 2$ см

DP=1 МэВ/с



$\Delta P=16$ МэВ/с



Энергетическая неоднородность в пучке определяет пик Брэгга

2.3. 200 МэВ пучок для медицины

Параметры дозового распределения для набора типовых (модельных) пучков

Модель	σ_x , см,	$\sigma_{x'}$, мрад,	σ_p , МэВ/с	D_{in} ГэВ/см ³ (на 10 ⁴ частиц)	D_{max} ГэВ/см ³ (на 10 ⁴ частиц)	k_B	M_D Гр/мин (для 10 ⁹ частиц)	σ_{xmax} см	σ_{ymax} см	σ_R см
1	2,	0.001,	1	4.2	15.6	3.70	15.0	2.12	2.1	0.4
2	2,	0.001,	16	4.3	7.1	1.66	6.8	2.19	2.19	2.7
3	0.01,	0.001,	1	1.12E5	81	7.22E-4	77.8	0.65	0.65	1.0
4	0.01,	0.001,	16	1.13E5	32.5	2.88E-4	31.2	0.94	0.95	3.9
5	1,	0.001,	1	16.7	44.5	2.67	42.7	1.32	1.29	0.4
6	1,	0.001,	16	16.8	18	1.07	17.3	1.37	1.37	2.8
7	6,	X/50,	1	1.5	5.9	3.93	5.6	2.95	2.55	0.6
8	6,	X/50,	16	1.5	3.1	2.09	3.0	2.95	2.57	2.8

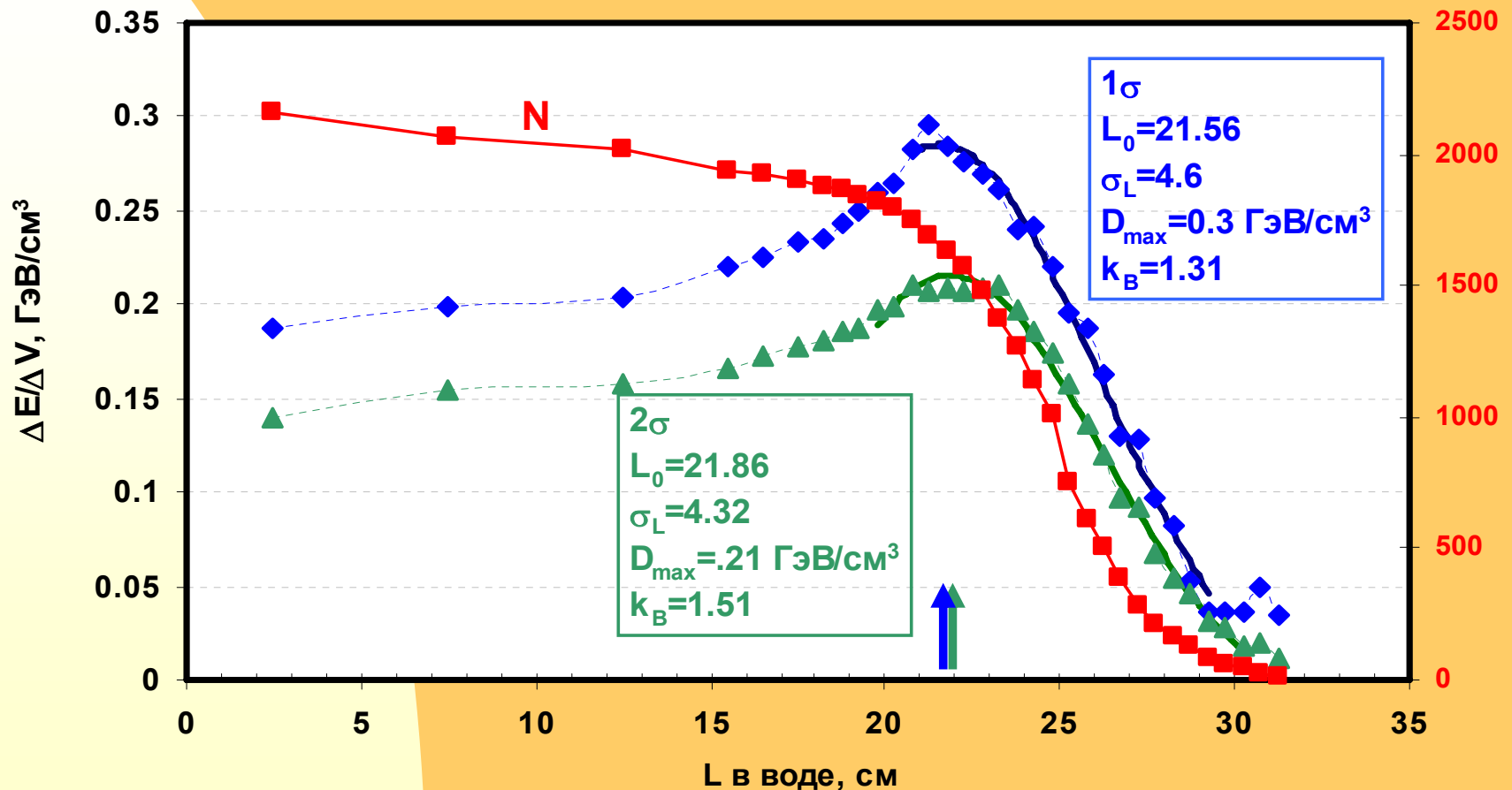
2.4. 200 МэВ пучок для медицины

Резюме по требованиям к пучку.

- С точки зрения получения концентрации дозы в мишени облучения ключевым параметром является монохроматичность пучка.
- Пучок с размером менее 1 см нецелесообразно применять из-за многократного рассеивания пучка в теле пациента.
- Увеличение размеров пучка приводит к увеличению k_B . Однако, при этом падает доза. Нужен запас интенсивности.
- При растровом методе облучения, предложенном и используемым в PSI (Швейцарии) и GSI (Германия) целесообразно применять пучок размером не более 1 см. При этом превышение дозы на входе в тело к дозе в мишени облучения определяется коэффициентом Брэгга, который не превышает величины 2.67. Это есть ограничение этого метода облучения.
- Наибольшая концентрация дозы в мишени облучения достигается при облучении с разных направлений (до 1:150). Это можно осуществить различными путями. В том числе и последовательным облучением с нескольких Направлений. Наиболее успешно преимущества данного метода проявляются при использованием гантри

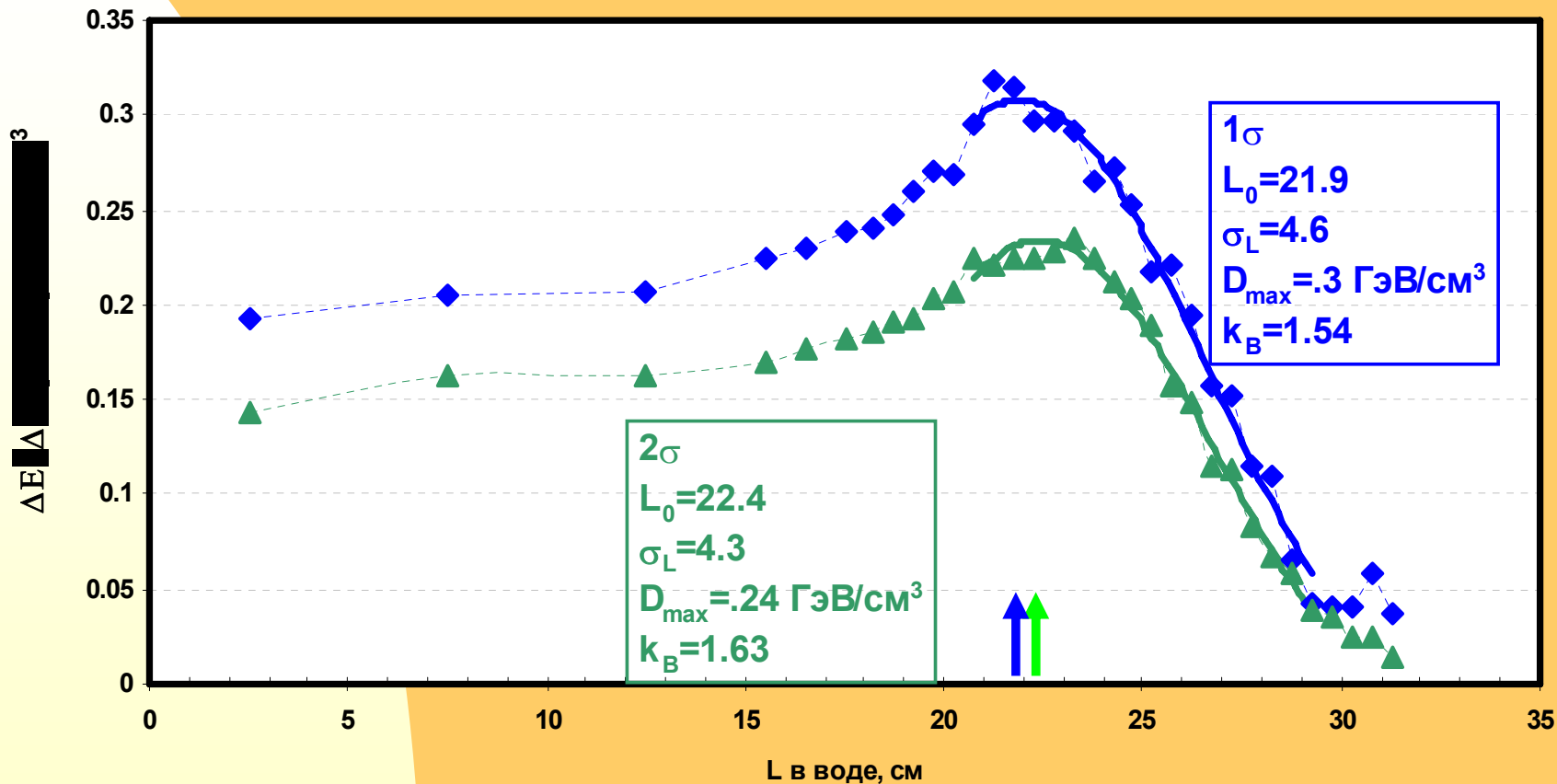
2.5. 200 МэВ пучок в зале облучения (дублет)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГЛОЩЕННОЙ ДОЗЫ ПО ДЛИНЕ ВОДНОГО ПОГЛОТИТЕЛЯ



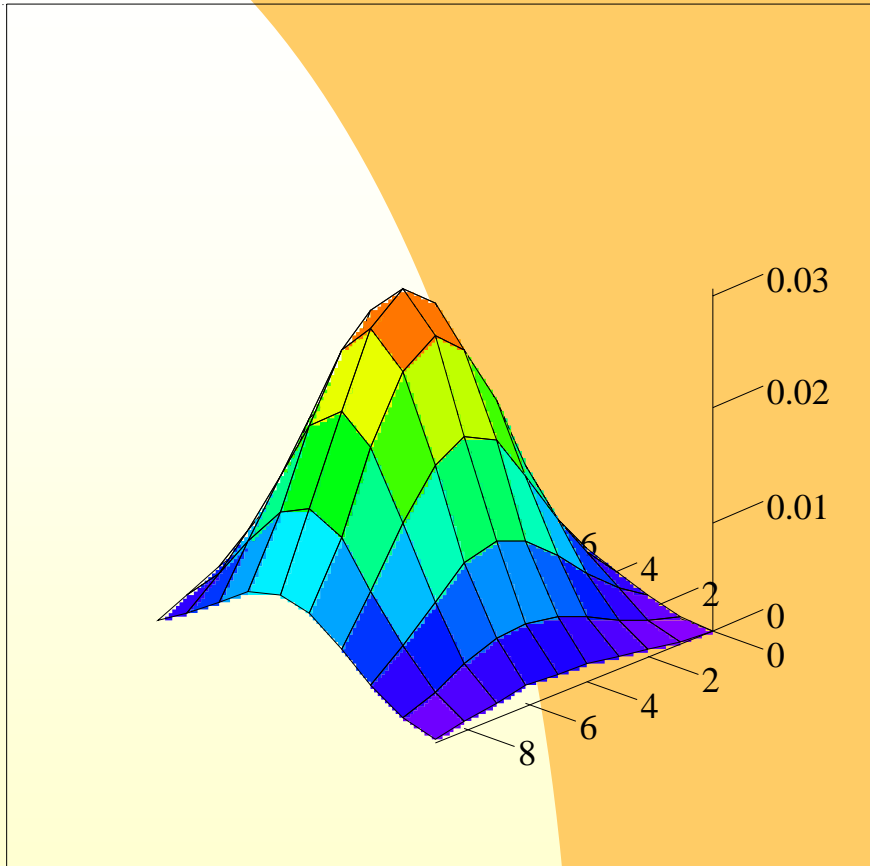
2.6. 200 МэВ пучок для медицины

БИОЛОГИЧЕСКИ – ЭФФЕКТИВНАЯ ДОЗА

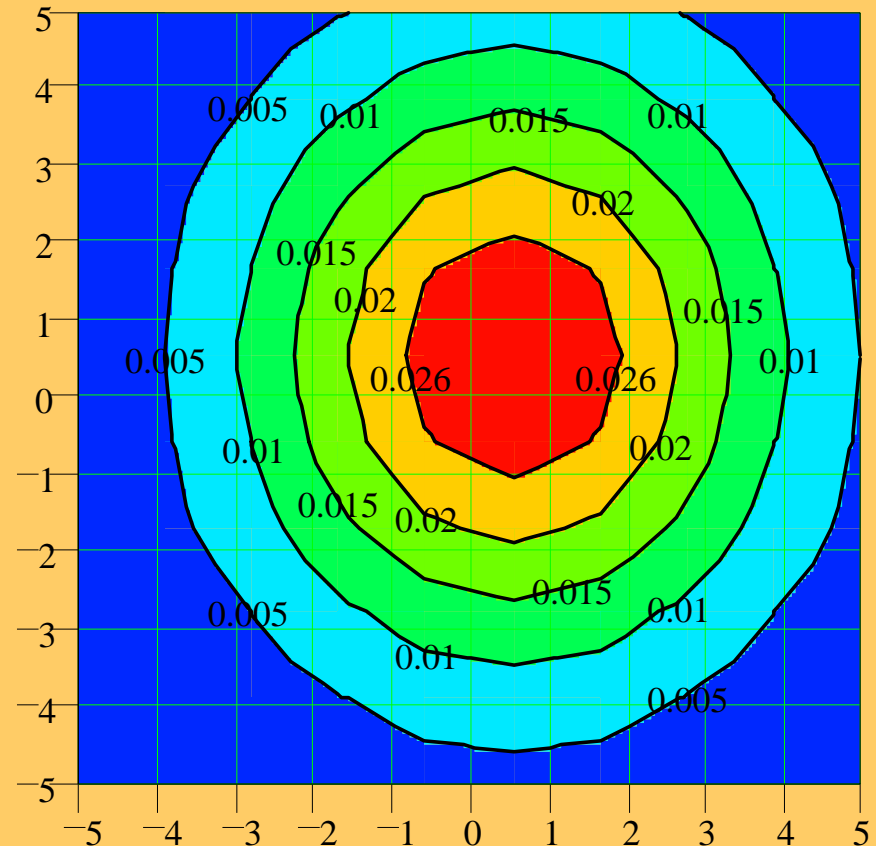


2.7. 200 МэВ пучок для медицины

Пространственное распределение поглощенной дозы



$$\sigma_x=2.32, \sigma_y=2.61$$



Линии постоянной дозы.

0.015 соответствует
среднеквадратичному размеру

2.8. Пучок в зале облучения (дублет)

Результаты для протонов энергий 140-230 МэВ

Пучок	P	E	I	σ_p	σ_x	σ_y
230	682	221.4	7.70E+08	24.2	2.30	2.51
200	631	197.1	5.41E+08	28.0	2.56	2.56
180	602	170.1	4.13E+08	24.0	2.28	2.56
160	549	148.9	3.15E+08	36.2	2.25	2.55
140	507	128.3	2.53E+08	41.2	2.21	2.62

Пучок	R	σ_R	D_{in}	D_{max}	k_B	M_d	σ_x	σ_y
	см	см	ГэВ/см ³	ГэВ/см ³		Гр/мин	см	см
230	28.86	3.62	0.236	0.310	1.31	.74	2.58	2.67
200	21.56	4.60	0.187	0.296	1.58	.70	2.47	2.64
180	17.40	3.18	.181	.248	1.37	.53	2.39	2.71
160	13.76	3.63	.140	.223	1.64	.46	2.35	2.64
140	9.35	3.03	.125	.206	1.62	.42	2.26	2.67

2.9. 200 МэВ пучок для медицины

РЕЗЮМЕ

- 1. Закончена расчетная работа и получены параметры дозного распределения**
- 2. Результаты необходимо обсудить с медиками**
- 3. В 2009 – Желательно провести тестовый эксперимент**
- 4. В случае успеха создание такого пучка позволило бы без значительных затрат и без капитального строительства через 2-3 года начать лечение онкологических заболеваний в Гатчине до создания специализированного ускорителя.**

3. Изохронный циклотрон

Договор с НИИЭФА

- **В 2008г не были выделены средства (1млн руб) на договор с НИИЭФА, поэтому не было закончено выполнение сборочных чертежей циклотрона ГИЦ в электронном варианте**

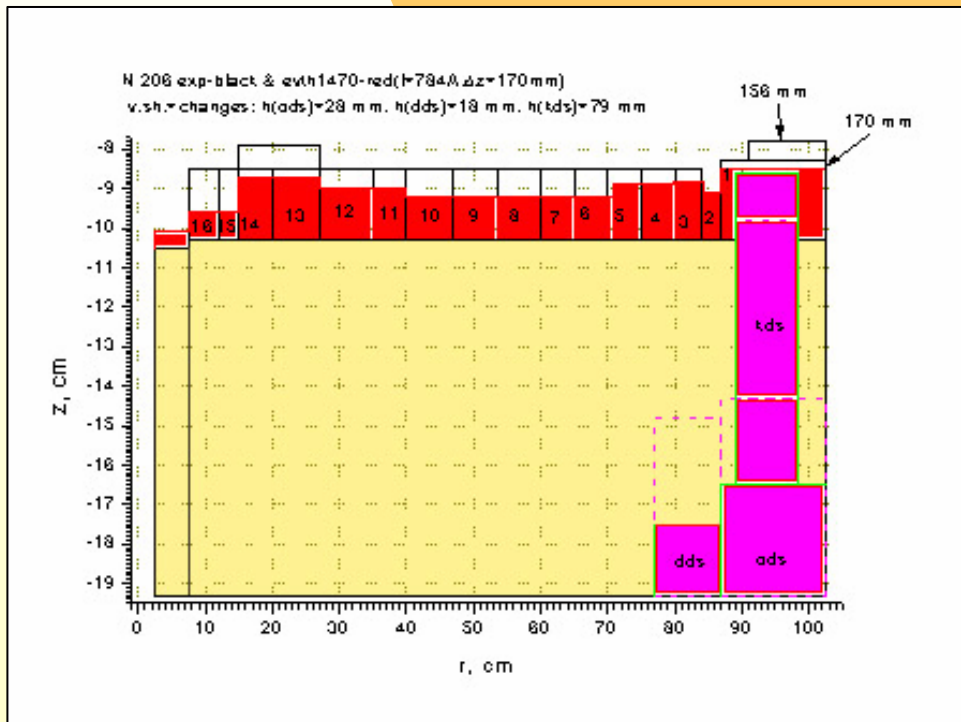
3. Изохронный циклотрон

3.1-1. Магнитная система - 2008

Этапы 2008г.:

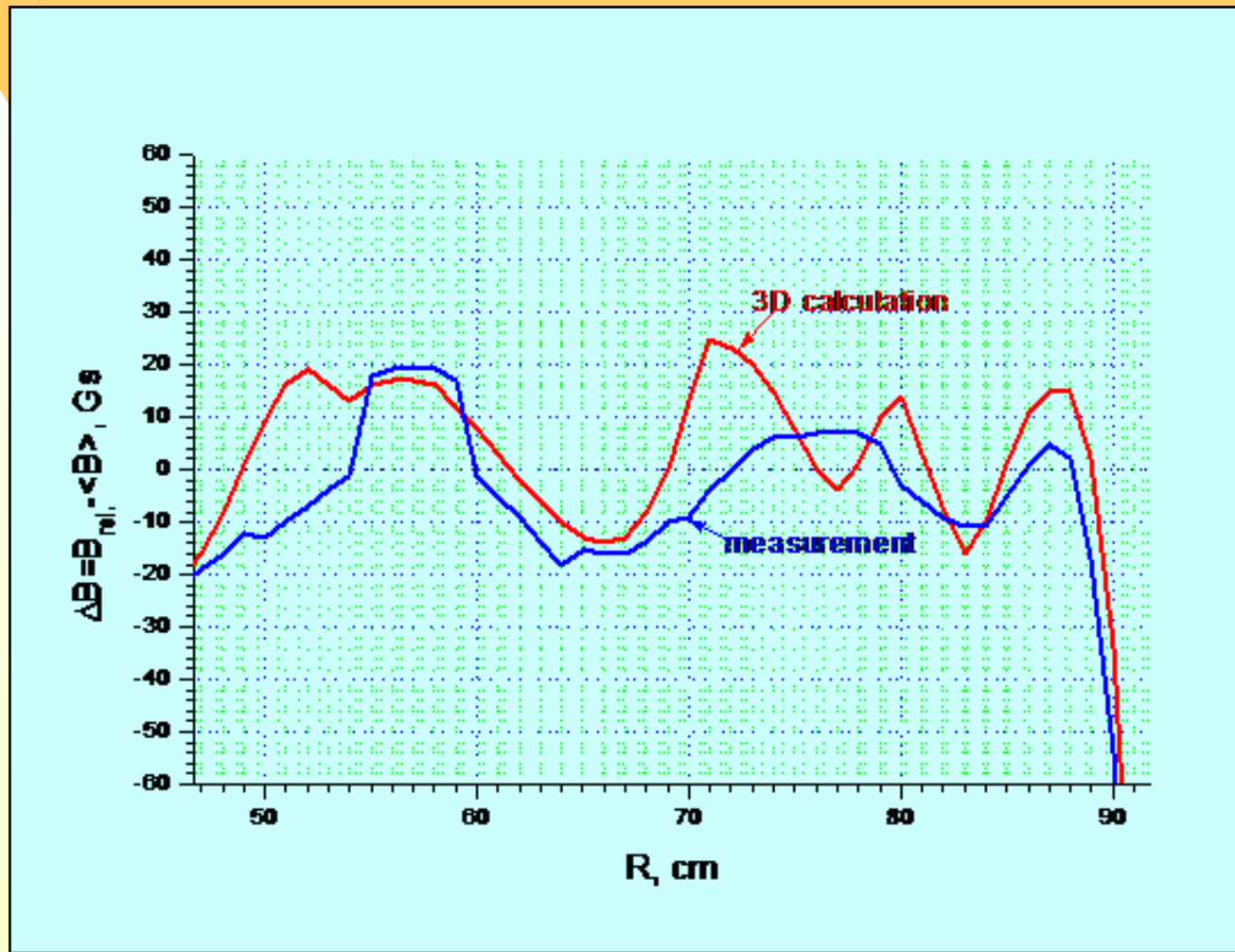
- Установка полученного 3D расчетом и изготовленного в ЦЭО набора шимм на полном круге (а не на 1\4) и переход к измерениям на нем (**75 МэВ**).
- Поиск и получение на основе 3D расчетов нового набора шимм, который обеспечивает финальную энергию **80 МэВ**.

Артамонов С.А., Елисеев В.А.



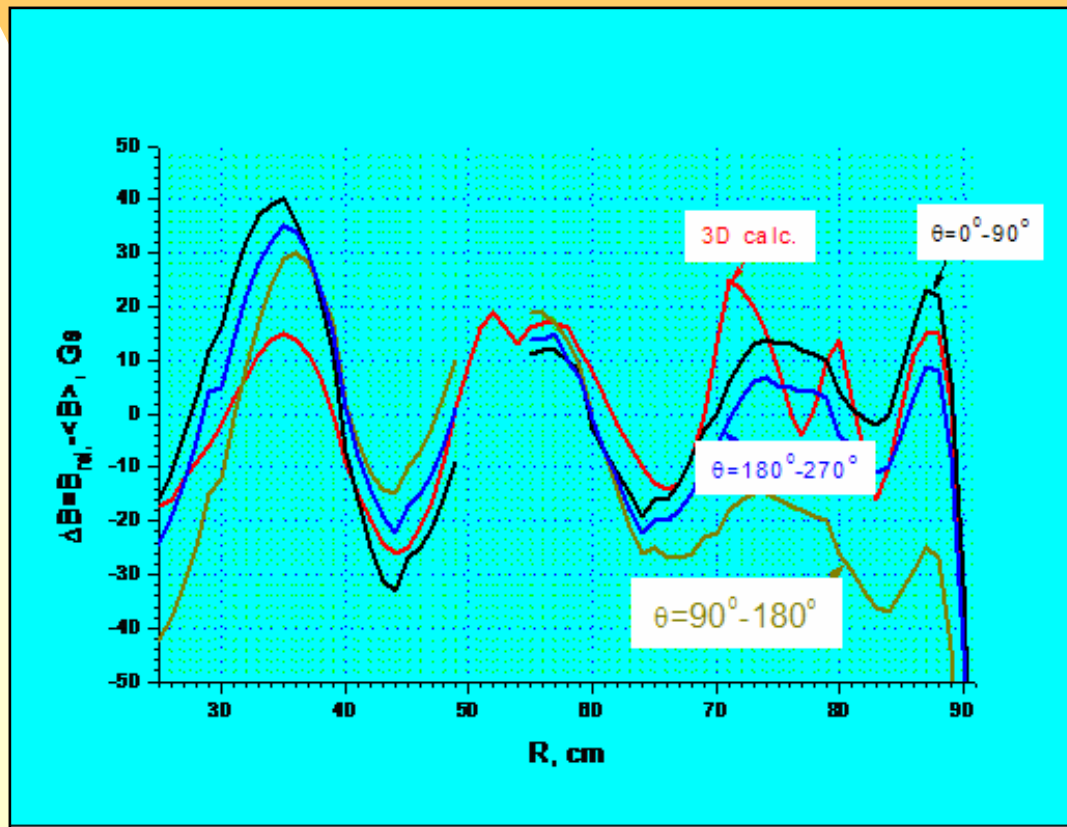
3.1-2. Магнитная система - 2008

- Сравнение магнитных полей 3D расчета (red) и измерения на полном круге



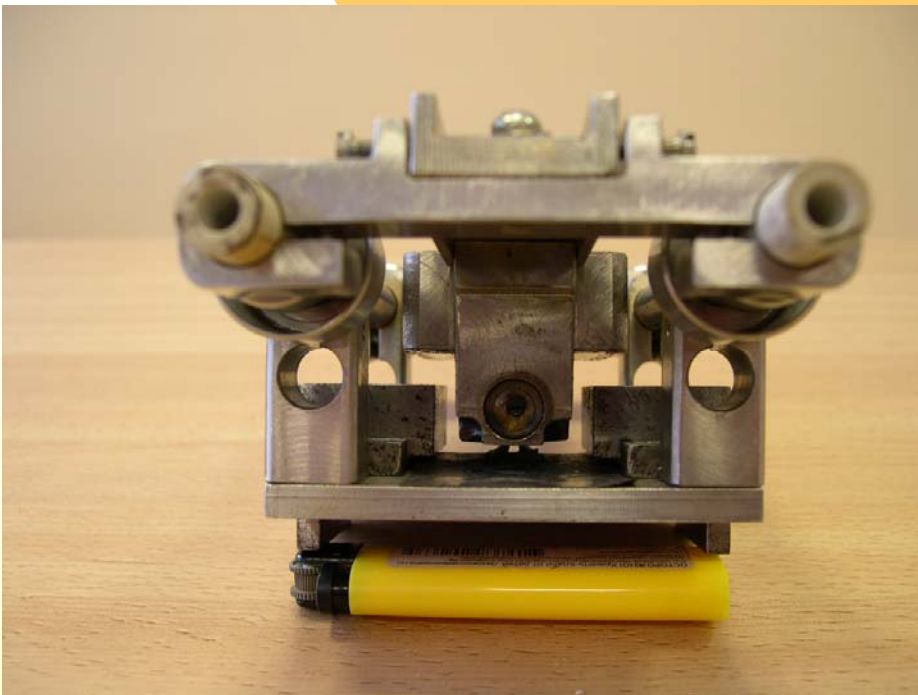
3.1-3. Магнитная система - 2008

- Разница в полях, измеренных в отдельных секторах



3.2-1. Поверхностно-плазменный ИСТОЧНИК

Смолин В.А., Токарев Б.Б.



Состояние на 2008 г. :

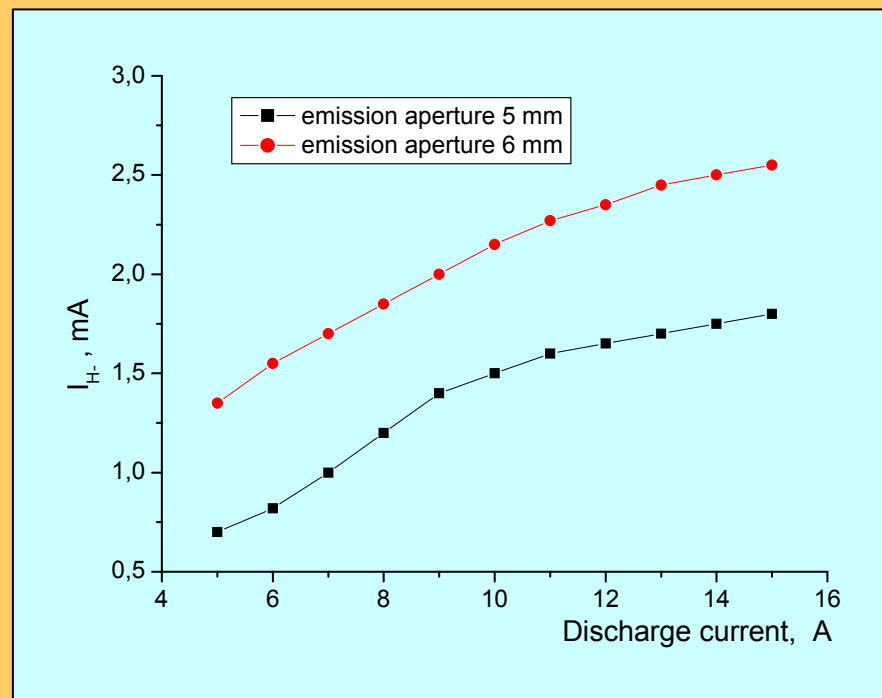
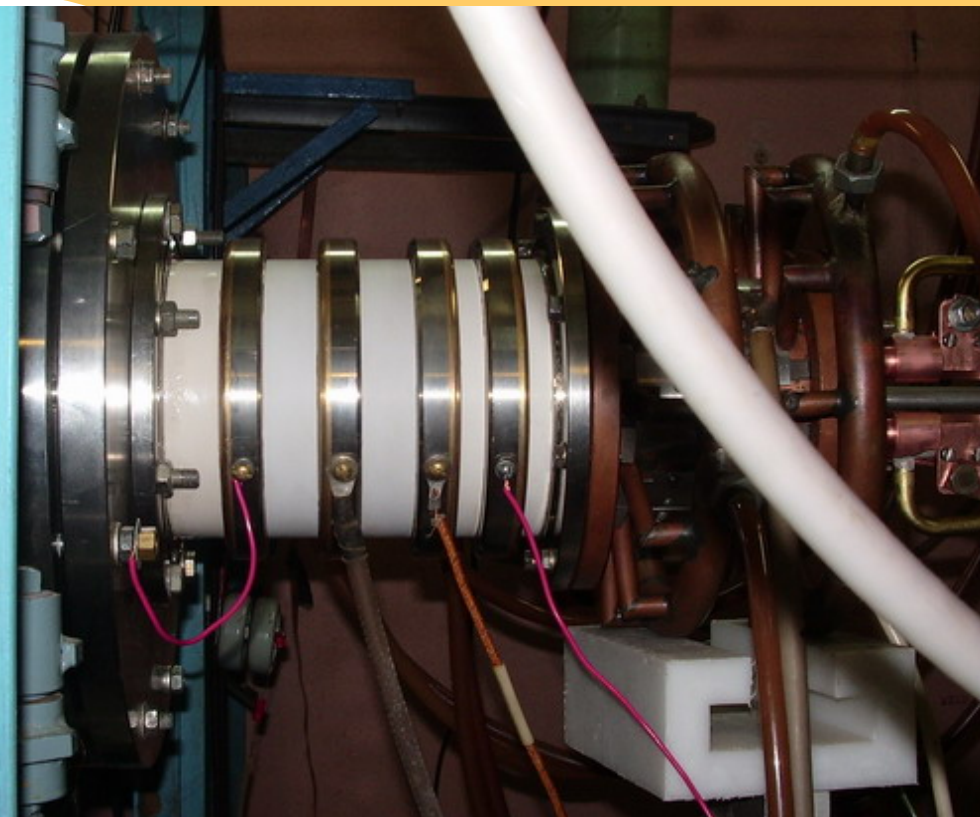
- $I_n = 2$ мА при $E_n = 5$ кэВ, $I_p = 4$ А и $U_p = 70-150$ В с Cs
- Время жизни катода ~ 6 часов
- Проблема- быстрая диссипация катода из-за увеличенной мощности разряда

РЕЗЮМЕ:

- приостановить работы по ППИ и сосредоточиться на работе с мультиполюсным источником

3.2-2. Мультипольный источник H- ионов

Петров И.А. и др.



Этап 2008:

- Проведена оптимизация режимов с новым электродом
- Получен ток $I = 3-4$ мА

Проблема долговременной работы катода

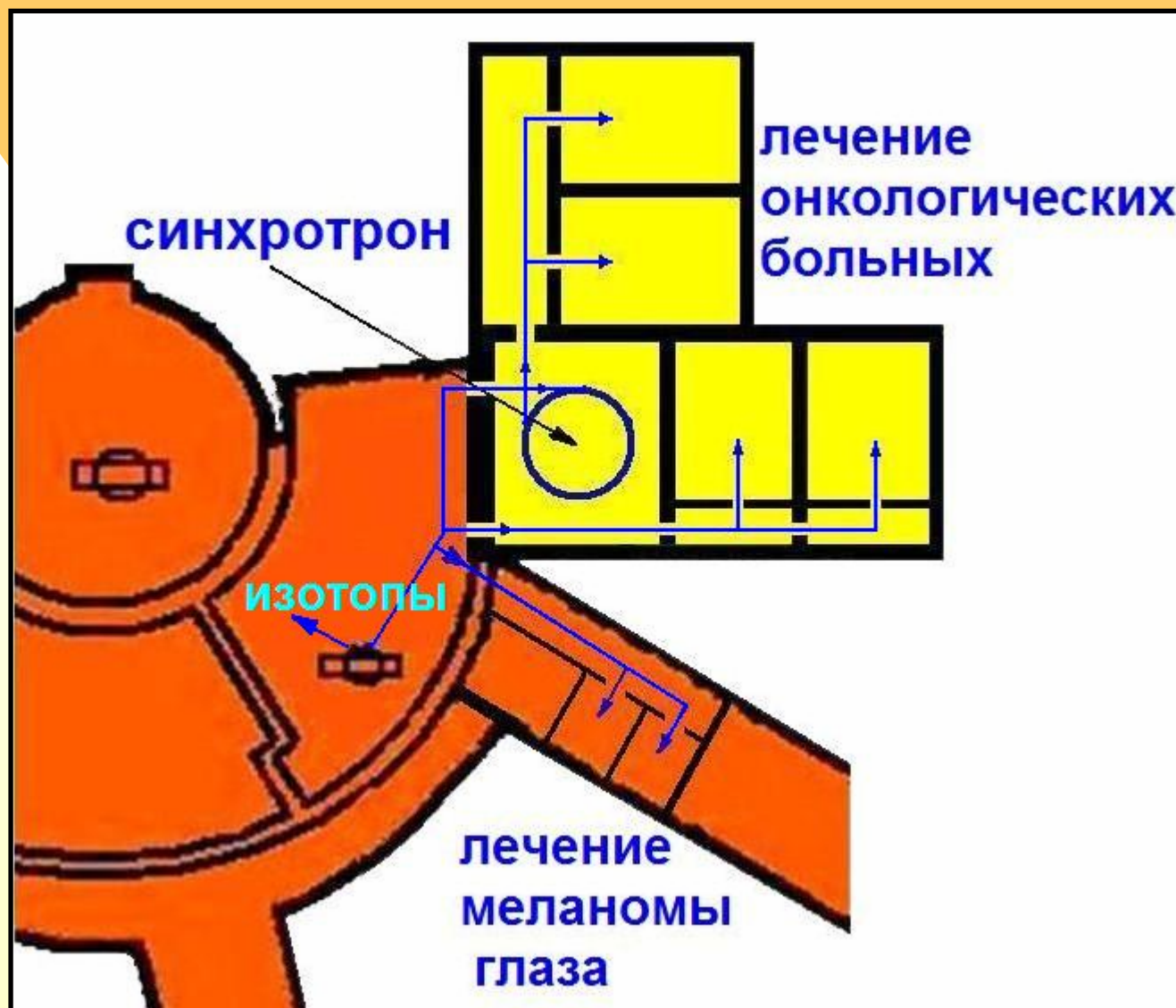
4.1 Проект центра ядерной медицины в ПИЯФ

ЭТАП-2008г.

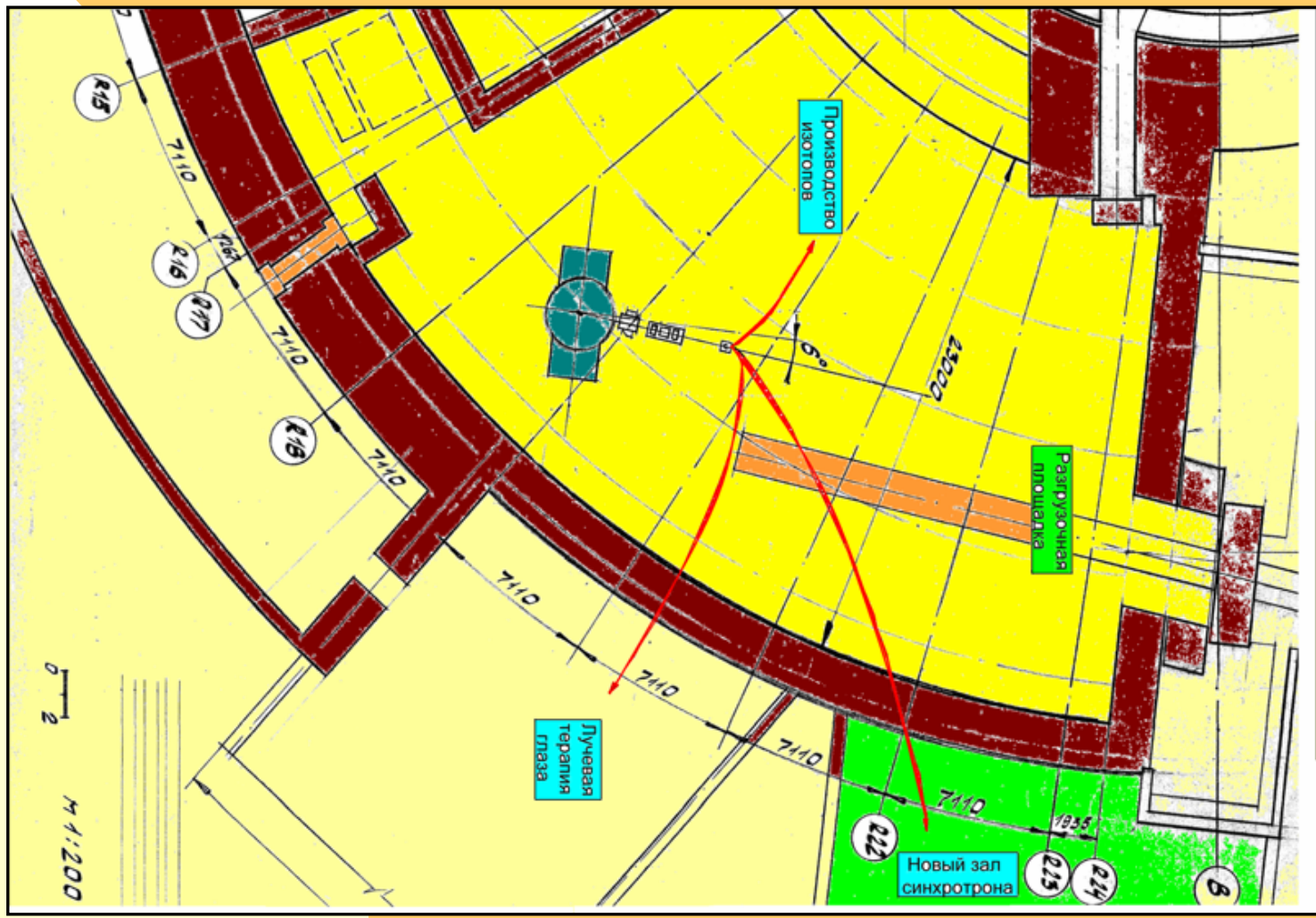
- Участие в формулировке предложения и обсуждение проекта в ЦНИРРИ с Ковальчуком В. и в Общественной палате России.
- Концепция центра (2 слайда)
- Расчёт системы вывода пучка из циклотрона- Дипломная работа 1 (1 слайд)
- Тракт пучка для производства изотопов- Дипломная работа 2 (1 слайд)
- Тракт пучка и требования к пучку для лечения меланомы- Дипломная работа 3
- Биологическая защита (Миронов Ю. Т.)

План 2009 г. Продолжение проработки проекта, проработка строительных и организационных вопросов, подготовка ТЕО

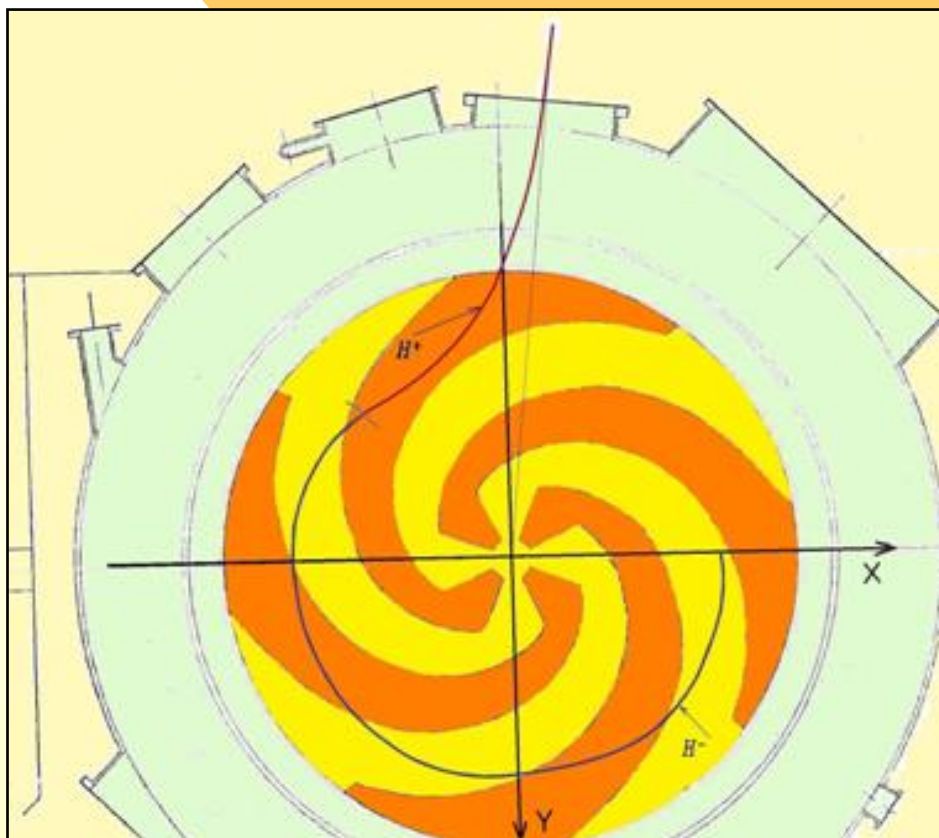
4.2. Схема ядерного медицинского центра в ПИЯФ



4. 3 Проект центра ядерной медицины Зал изохронного циклотрона



4.4.a. Расчёт системы вывода и параметров пучка

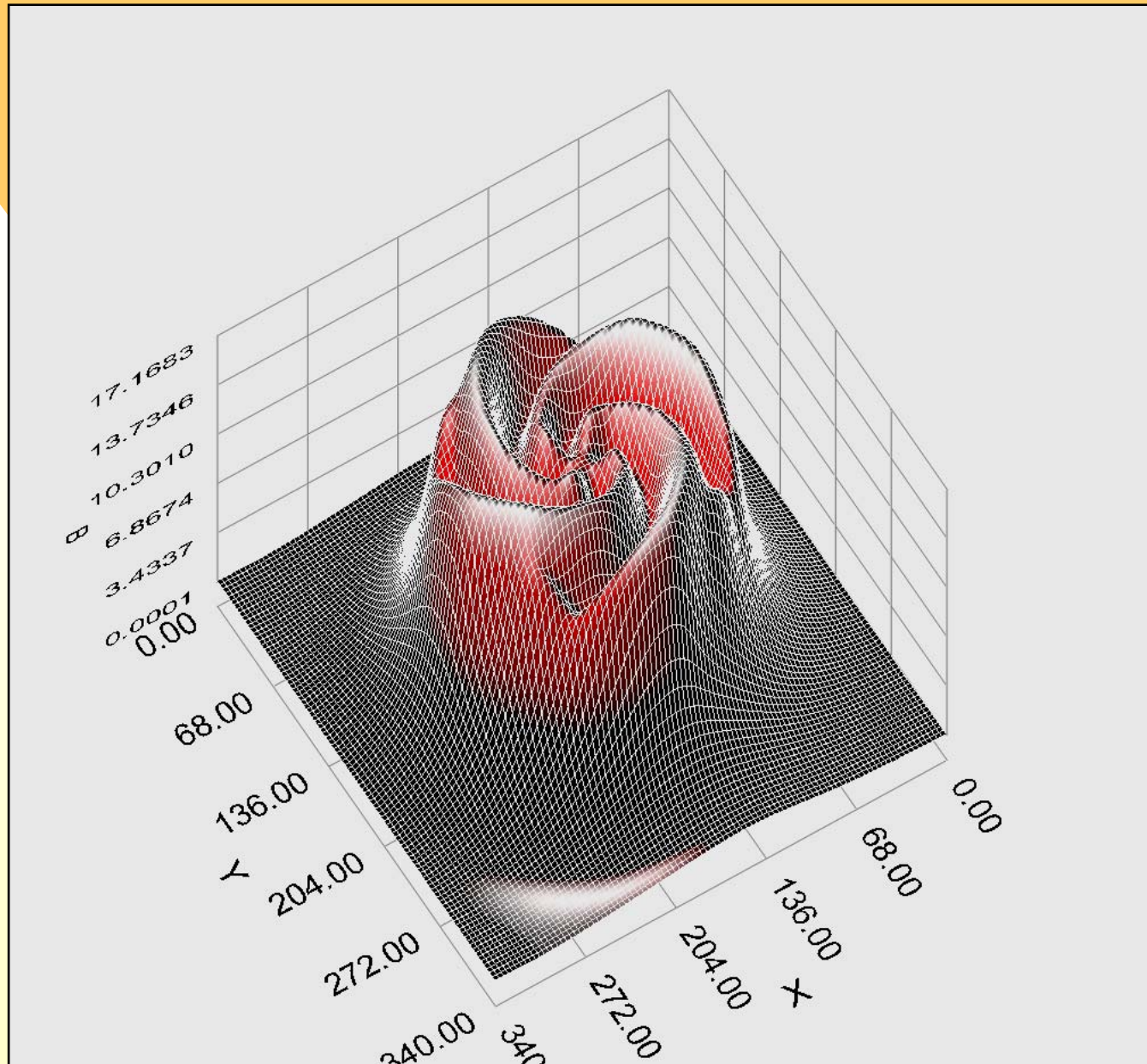


Дипломная работа № 1

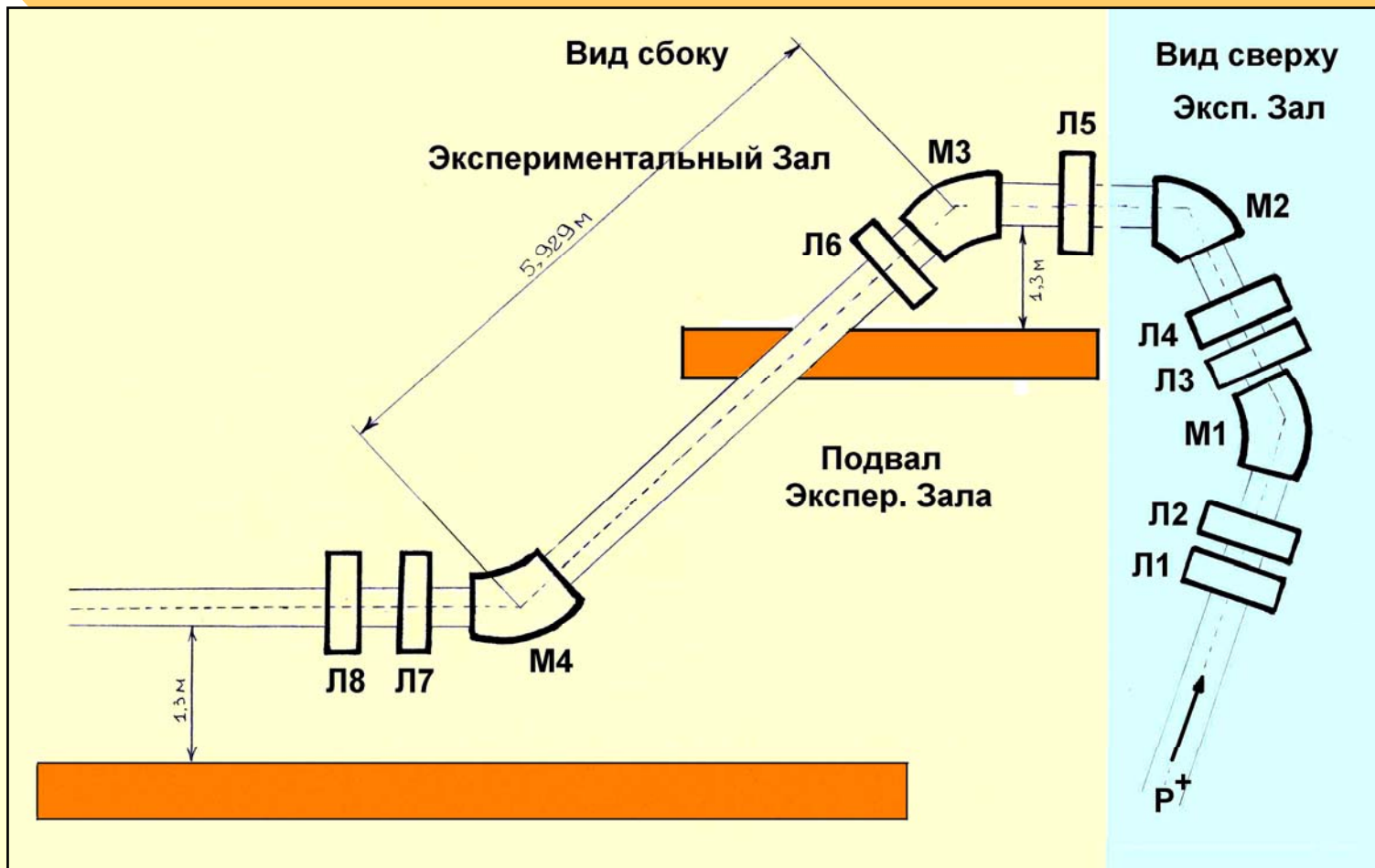
Задачи:

- Создание программы
- Определение магнитного поля, зависящего от R и Θ до радиуса 170 см
- Расчёт размеров и расходимости выведенного пучка, что необходимо для его дальнейшей транспортировки.

4.4.6. Распределение магнитного поля ГИЦ



4.5. Тракт транспортировки пучка для производства изотопов (Дипломная работа № 2)



5. Радиационные испытания на СЦ ПИЯФ в 2008 г.

Увеличение количества договоров в 2008 г.

- 4 договора с «Электронстандартом»
- 2 договора с фирмой «СПЭЛС»
- 2 договора с «Атомэнергомаш»

Всего 650 часов ускорителя за 10000 тыс.

Роль УО- формирование пучков, его диагностика, дозиметрия, участие в облучении.

За счёт договора оплачивается электричество, расходные материалы, накладные расходы и услуги инфраструктуры института, социальные налоги.

По примеру Западных ускорителей средней энергии радиационная тематика на протонных и нейтронных пучках может вместе с медициной стать одним из основных направлений прикладных исследований

6. Малые ускорители в 2008 г

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

В группе малых ускорителей проводились работы по разработке ППИ Н⁻ ионов, представленные выше.

Кроме того на ЭСУ проведены исследования:

1. Продолжено исследование механизмов старения газо-разрядных детекторов (А.Г. Крившич) -
2. Исследование обладающих люминесцентными свойствами халькогенидных стеклообразных полупроводников (As_2Se_3), модифицированных редкоземельными. Применяются в фотонике и оптоэлектронике. Совместно с ФТИ - 5 публикаций
3. Продолжение исследований МДП (металл-диэлектрик-полупроводник) – структур, содержащих оксиды редкоземельных элементов (с Самарским Государственным университетом) - 2 публ.
4. Исследование внутренних покрытий сферического токамака «Глобус-М»- Совместно с ФТИ - 1 публик.

В 2008 году опубликовано 8 печатных работ.

СПИСОК НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ В 2008 г.

- 1) Н.К.Абросимов, С.А.Артамонов, В.А.Елисеев, С.Е.Кучер, Г.А.Рябов.
«Сглаживание и дифференцирование экспериментально измеренного распределения магнитного поля в зазоре электромагнита циклотрона».
Препринт ПИЯФ № 2761, Гатчина, 2008, 16с.
- 2) Н.К.Абросимов, С.А.Артамонов, В.А.Елисеев, С.Е.Кучер, Г.А.Рябов.
«Обработка данных магнитных измерений при формировании магнитного поля изохронного циклотрона».
Препринт ПИЯФ, № 2773, Гатчина, 2008, 24с.
- 3) Н.К.Абросимов, Е.М.Иванов, Г.Ф.Михеев, Г.А.Рябов, О.А.Щербаков.
«Нейтронный генератор с энергетическим спектром нейтронов, повторяющим спектр атмосферного нейтронного излучения».
Заявка в РОСПАТЕНТ № 2008 132 048/22 (040153) на изобретение с положительным решением о выдаче Патента с приоритетом от 04.08.2008.
- 4) Н.К.Абросимов и др.
«Модификация нейтронного спектрометра ГНЕИС для иммитации потока нейтронов в атмосфере».
Научный Отчет. Программа Президиума РАН «Поддержка инноваций и разработок».
Гатчина, 2004, 29 с.
- 5) Н.К.Абросимов, О.А.Щербаков и др.
«Нейтронный генератор с энергетическим спектром нейтронов, повторяющим спектр атмосферного нейтронного излучения»
Препринт ПИЯФ, Гатчина 2008, в печати.
- 6) N.K.Abrosimov, G.A.Riabov, M.G.Tverskoy
«Feasibility study of medical 200 MeV proton beam for oncological treatment at Gatchina synchrocyclotron».
Аннотация доклада, RUPAC -2008, окт.Москва.

■ **Успехов в
Новом Году !**



■ **Спасибо за
внимание!**