

Construction of the proton-ion complex (PROTION) for early diagnostics and oncology therapy in Dubna Special Economic Zone

A.Malakhov

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

*JINR (Dubna), Blokhin Russian Oncological Scientific Center
(Moscow), Moscow machine-building production enterprise "Salyut",
Open joint-stock company "Granit" (Moscow), Closed joint-stock
company "Cryoinnovatsija" (Dubna), Group of the Companies
"Praktika" (Moscow)*

The XX International Baldin Seminar on High Energy Physics Problems

Dubna, October 4-9, 2010

The therapies of cancer

- Major surgery
- Chemotherapy
- Radiotherapy

- Approximately 15 % of all cancer cases are candidates for radiotherapy.

Why we need to develop nuclear therapy?

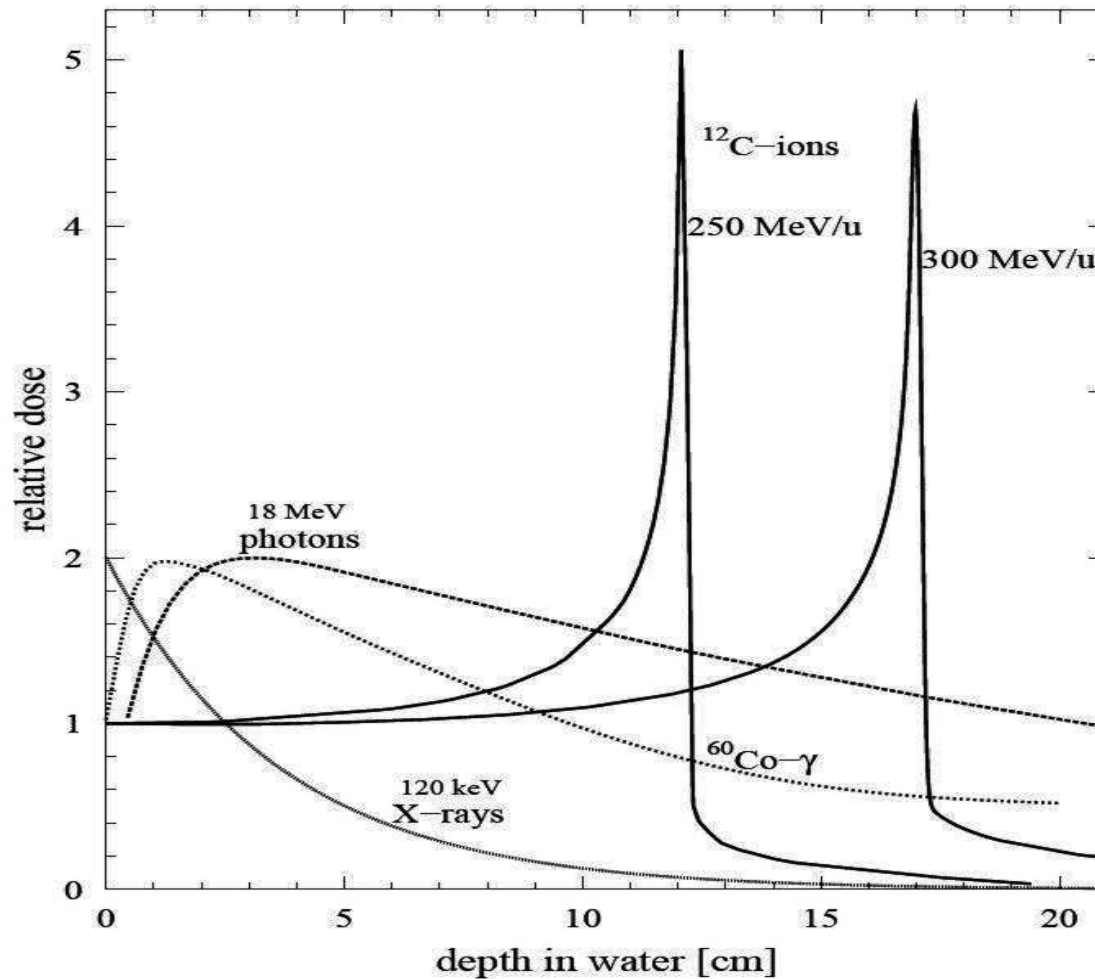
Protons and heavy ions are charged particles that possess a well- defined range of penetration by both the beam's energy and the density of the tissue through which it passes.

As the particle beam penetrates the body, the particles slow down.

As each particle nears the end of its range, the dose it deposits increases sharply, a phenomenon known as the Bragg peak.

By modulation the Bragg peak across the diseased area, the physician can deliver a full, localized, uniform dose of energy to the treatment site with relatively few beam paths.

Comparison of the depth dose profiles of X-rays and gamma rays with carbon ions of 250 and 300 MeV/n



The major advantage is the production of positron emitting carbon isotopes ^{10}C and ^{11}C that can be measured from outside by the coincident registration of the annihilation quanta. Using this modified positron emission tomography (PET) the distribution of the positron emitters and consequently of the primary carbon ions can be monitored and compared to the planned distribution

Another plus of the carbon ions represents the small amount of nuclear fragmentation of the projectile ion

Why Dubna is the very suitable place
of engineering development of the
new medical accelerator?

Dubna has already collected some experience in radiotherapy

- Medical center for nuclear oncology therapy is under operation on the base JINR phasotron since 1967
- There is an infrastructure for providing treatment in Dubna Hospital No.9 – the radiology department for 20 in-house patients
- Three-dimensional proton conformal radiotherapy was applied for 100 patients

КОНСОРЦИУМ

ГУ «Российской онкологической научной центра им. Н.Н.Петрова»
ММО «Объединение институтов ядерных исследований»
ЗАО «Криотерапия»
Группа компаний «Практика»
ФГУП «Московское машиностроительное предприятие «Салют»
ОАО «Головное научно-производственное объединение «Гранит»

АВАНПРОЕКТ

«Создание протонно-ионного терапевтического комплекса
«Протон» для лечения онкологических заболеваний»

Пояснительная записка



Москва 2009

Why our proposal is competitive one?

Ever-growing use of cryogenics and superconductivity allows having several advantages

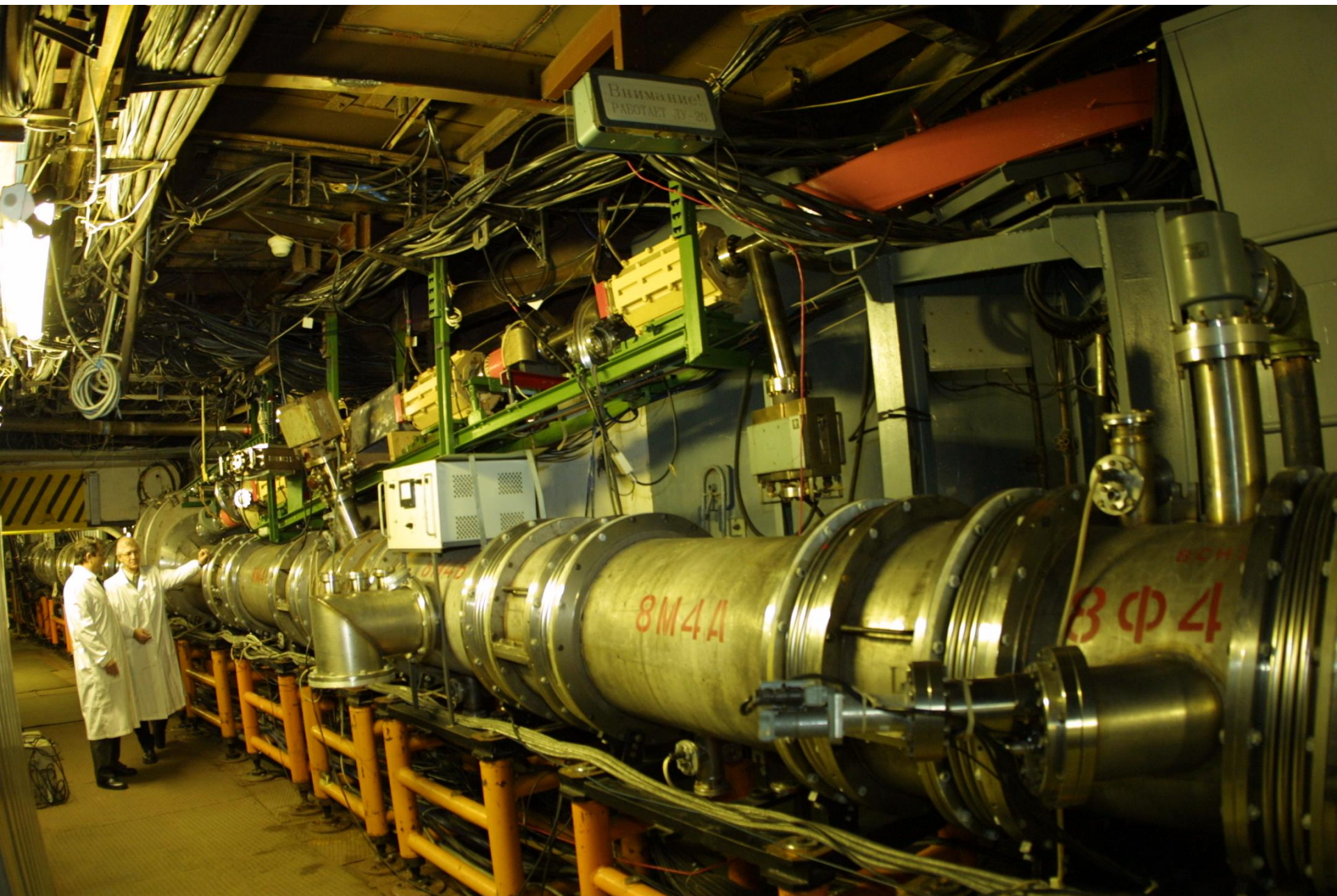
- ❑ The capital required to build magnet systems on the base superconductivity and the metal content are significantly reduced
- ❑ The operating expenses, most of which are due to the cost of electrical energy, are also greatly lowered
- ❑ Large decrease in the size of the magnet systems, which allows practically all their elements to be prepared in high accuracy at simple machine tools of ordinary dimensions

JINR already has successfully operated prototypes for the majority of the elements of the system:

- *NUCLOTRON ITSELF*
- *ELECTRON STRING ION SOURCE ON THE BASE OF SUPERCONDUCTING SOLENOID*
- *THE SUPERCONDUCTING MAGNET SYSTEM WITH A CRYOCOOLER*

Nuclotron as prototype for future medical accelerator





Basic Nuclotron Parameters

- Maximum design energy of particles, GeV/n 6.0
- Perimeter, m 251.5
- Max. magnetic field, T 2.0
- Stored energy, MJ 2.35
- Temperature, K 4.5

- Total static heat leak, kW
1.75
- Dynamic heat releases (at 0.5 Hz), kW 2.9
- Frequency, Hz up to 1.0
- Total “cold” mass, tons 80

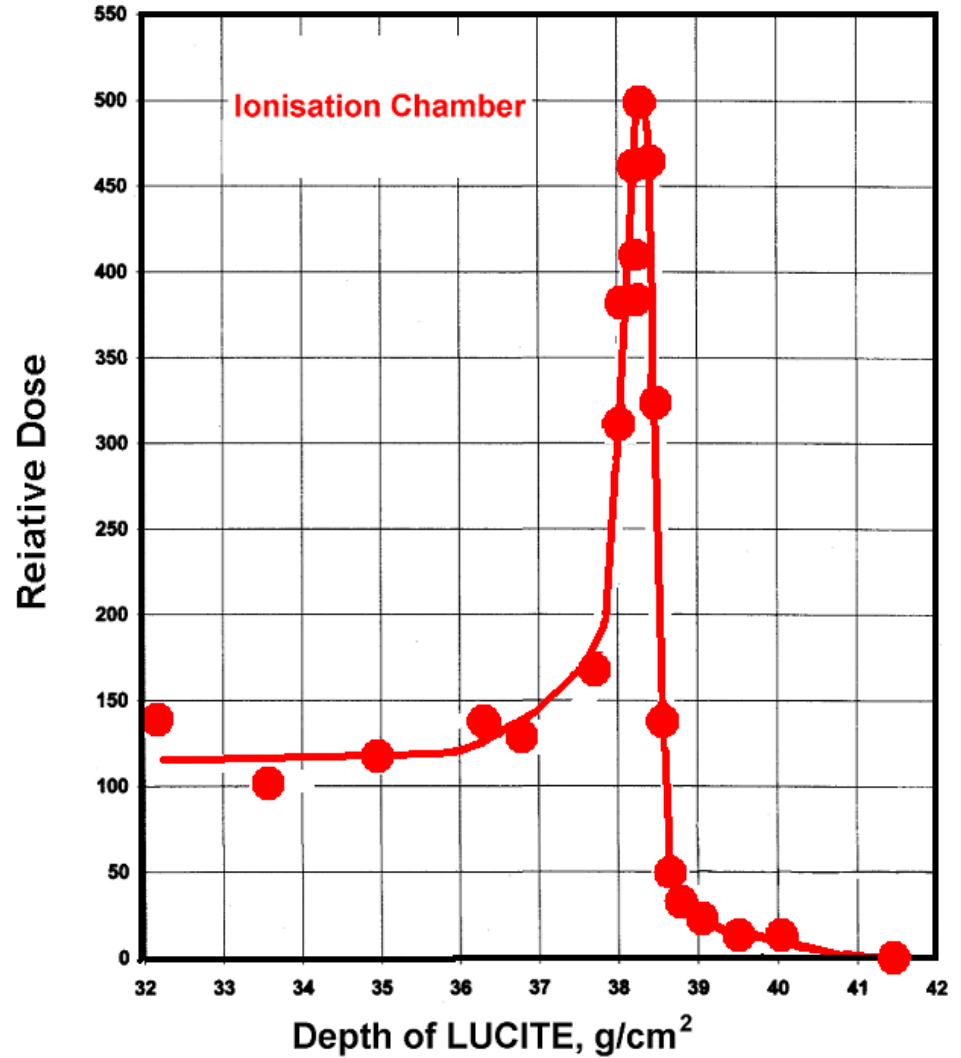
- Cool down time, h 80

Nuclotron beams

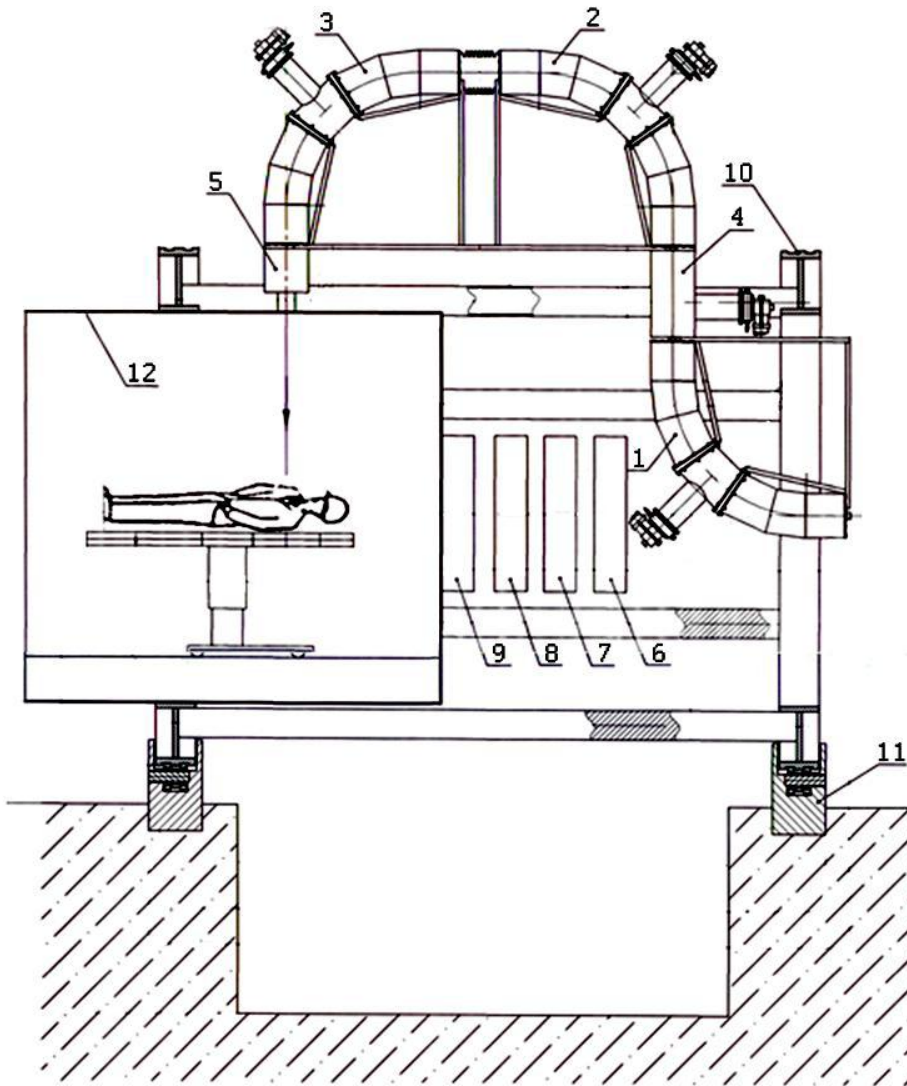
BEAM	INTENCITY (particles per cicle)
p	$1 \cdot 10^{11}$
d	$5 \cdot 10^{10}$
^4He	$3 \cdot 10^9$
^7Li	$1 \cdot 10^9$
^{10}B	$2 \cdot 10^8$
^{12}C	$2 \cdot 10^9$
^{14}N	$1 \cdot 10^7$
^{16}O	$7 \cdot 10^8$
^{24}Mg	$1 \cdot 10^8$
^{40}Ar	$3 \cdot 10^7$
^{56}Fe	$1 \cdot 10^6$
^{84}Kr	$5 \cdot 10^3$
^{131}Xe	$1 \cdot 10^3$



The Bragg peak of ^{12}C ions
JINR NUCLOTRON
500 A-MeV



Superconductive gantry



- 1 – first dipole magnet;
- 2 – second dipole magnet;
- 3 – third dipole magnet;
- 4 – focusing solenoid or quadrupole ;
- 5 – a warm scanning magnet;
- 6 – hermetic joints on the rotation axis;
- 7 – a join forvacuum pipe line
- 8 – a slithering contacts of the power supply;
- 9 - a drives of the cryocooler valves;
- 10 - revolving frame;
- 11 – handhold;
- 12 – screen of the procedural room;

“Dry” Superconducting Magnet

The peculiarities of this system are stipulated by using of **a cryocooler 1 W** in power for the refrigeration of the magnet.

Four coils ensure induction of a magnetic field on the axes of the source of up to 3T.



Solved problems:

- Large forces of interaction between the coils and surrounding iron yoke
- Indirect refrigeration
- New technology of the superconducting magnet protection - "cold" diodes and resistances
- High temperature superconducting current leads

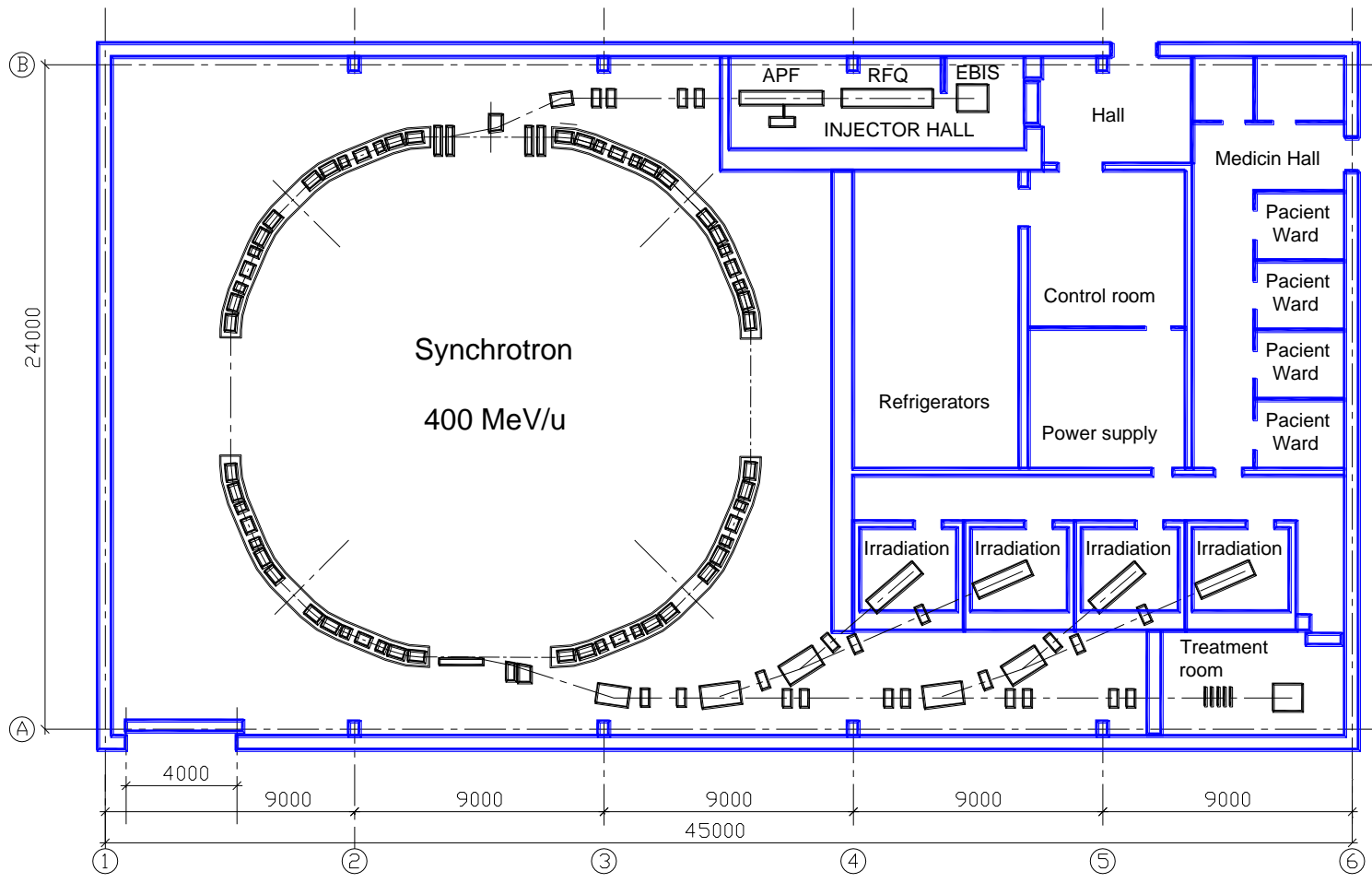
Electron String Ion Source



Parameters of the New Medical Superconducting Synchrotron

Ions	p, ^{12}C
^{12}C maximum energy	450 A·MeV
p maximum energy	250 MeV
$\Delta p/p$	0.05%
Intensity of C beam	10^7 - 10^9
Intensity of p beam	10^8 - 10^{10}
Extraction duration	0.5-10 s
The cross-section beam size, x-y (FWHM)	0.5-1.0 cm
Emittance	5π mm·mrad
Stability of beam position	0.5 mm
Perimeter	~ 60 m
Maximum dipole field	1.8 T
Dipole number	24

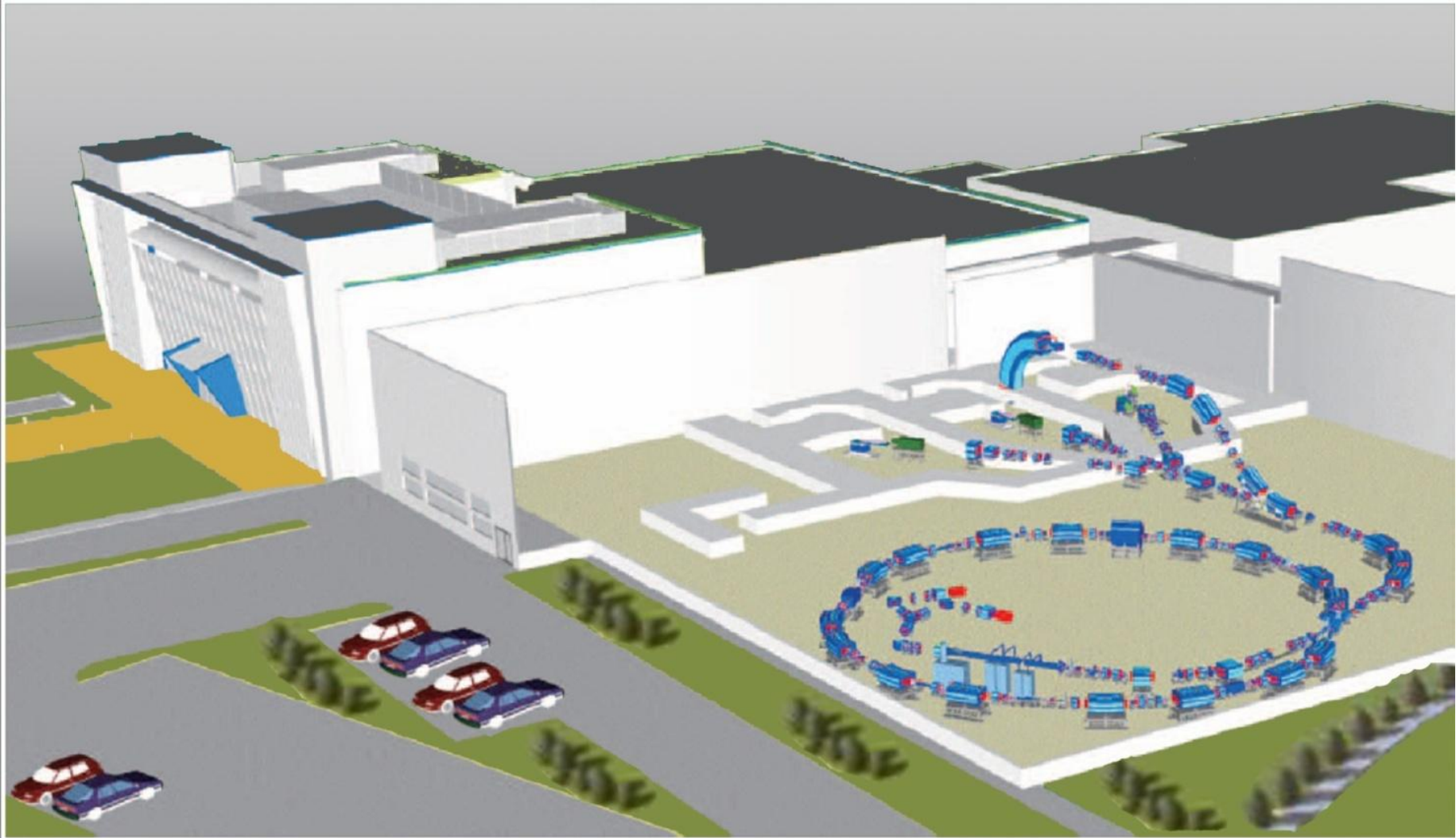
How the new medical accelerator of carbon will look?



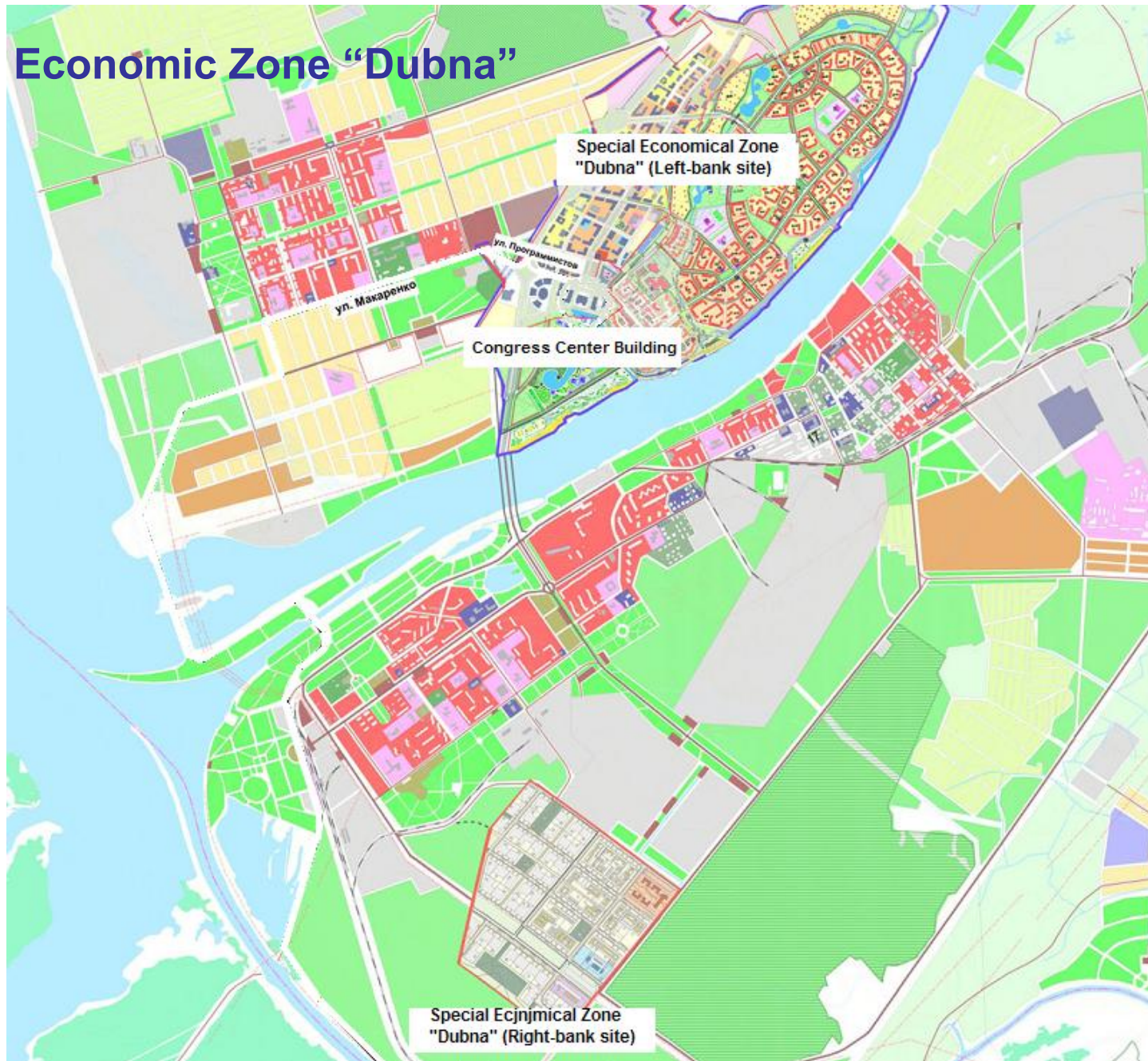
New medical accelerator will be very similar to the model shown in the picture



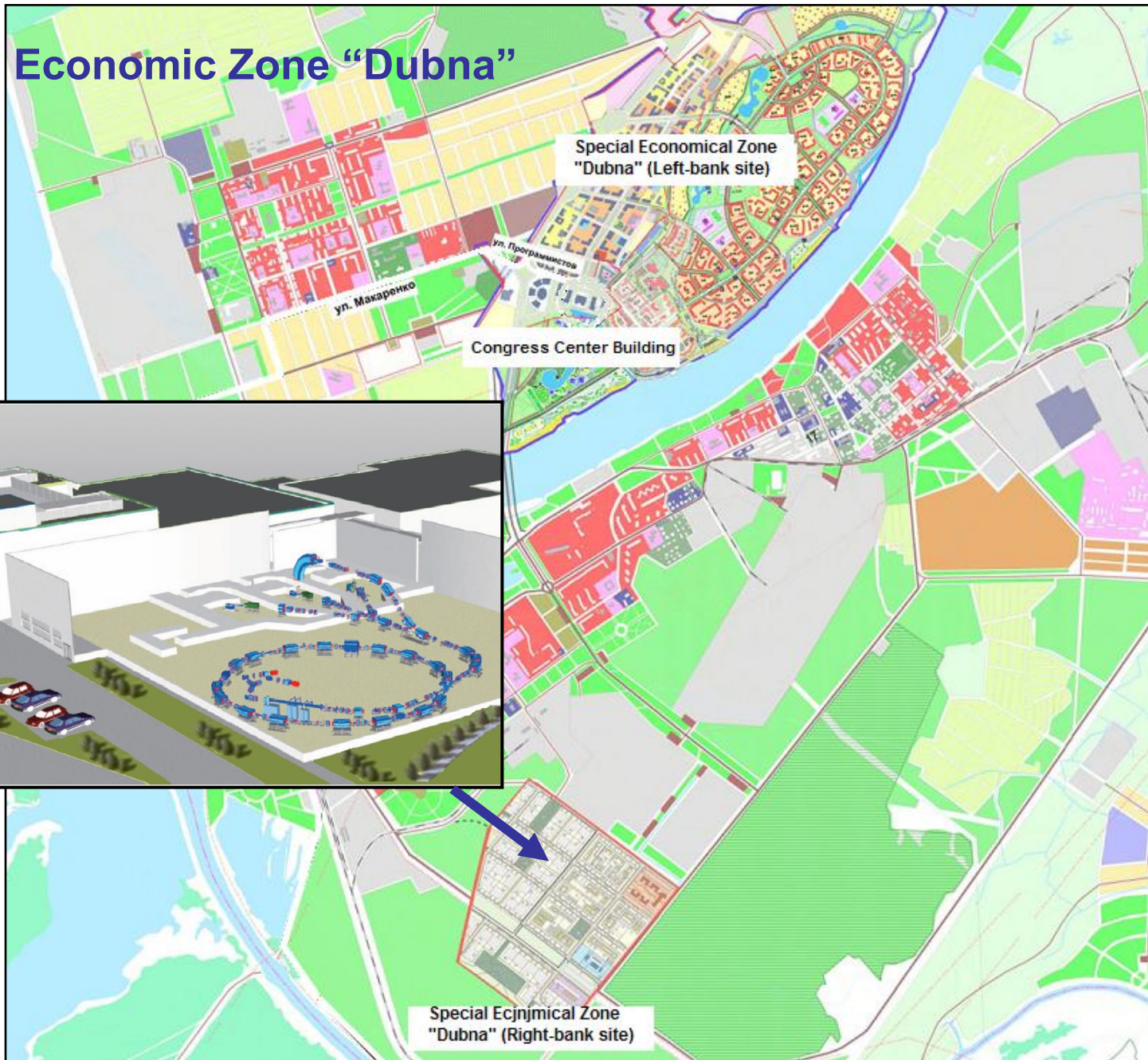
Conceptual view of the Proton-Ion Medical Complex



Special Economic Zone "Dubna"



Special Economic Zone "Dubna"



Thank you for the attention!

№	Элементы, системы	Сума (млн.руб.)
I	Разработка, изготовление и ввод протонно-ионного синхротрона на энергию ускоренных ионов до 450 МэВ на нуклон и протонов до 250 МэВ	900,00
1.1	Подсистемы синхротрона, в составе:	610,00
1.1.1	Разработка, изготовление и ввод источника ионов углерода	25,00
1.1.2	Разработка, изготовление и ввод источника протонов	10,00
1.1.3	Разработка, изготовление и ввод предускорителя-инжектора $E \geq 3$ МэВ на нуклон	125,00
1.1.4	Разработка, изготовление и ввод криостатных блоков с СП-магнитами и другими элементами структуры синхротрона	240,00
1.1.5	Разработка, изготовление и ввод устройств ввода и вывода пучка	60,00
1.1.6	Разработка, изготовление и ввод высоко - частотных задающих и ускоряющих систем	45,00
1.1.7	Разработка, изготовление и ввод вакуумной системы	45,00
1.1.8	Разработка, изготовление и ввод прецизионных источников электропитания и системы защиты магнитов и линз	60,00
1.2	Разработка, изготовление и ввод системы диагностики и АСУ комплекса, включая систему радиационной безопасности	120,00
1.3	Разработка, изготовление и ввод системы криогенного обеспечения комплекса	85,00
1.4	Разработка, изготовление и ввод системы разводки и ввода пучка в процедурные кабины	75,00
II	Медико-техническая часть:	940,00
2.1	Разработка и изготовление 3 сверхпроводящих гантри с системой адресной доставки	210,00
2.2	Разработка технической, медико-технологической документации, изготовление и ввод оборудования приемного отделения пациентов с АРМ врача и медперсонала	50,00

№	Элементы, системы	Сума (млн.руб.)
2.3	Разработка технической, медико-технологической документации, изготовление и ввод оборудования унифицированных модифицируемых подготовительных процедурных	60,00
2.4	Разработка технической, медико-технологической документации, изготовление и ввод оборудования радиационных процедурных с системами позиционирования пациента и мониторинга, в составе:	290,00
2.4.1	кабины с фикс. направлением пучков	40,00
2.4.2	кабины со сверхпроводящей гантри	210,00
2.4.3	системы анализатора энергии пучков с замедлителем	50,00
2.5	Разработка, изготовление и ввод дозиметра и планирования облучения	30,00
III	Общая инфраструктура ПИТК	100,00
	Итого стоимость ПИТК	1 940,00
IV	Разработка проектной документации, строительство сооружений ПИТК. Монтаж и ввод систем инженерного обеспечения.	350,00
V	Сертификация комплекса в целом	200,00
	Итого стоимость ПИТК и здания	2490,00