



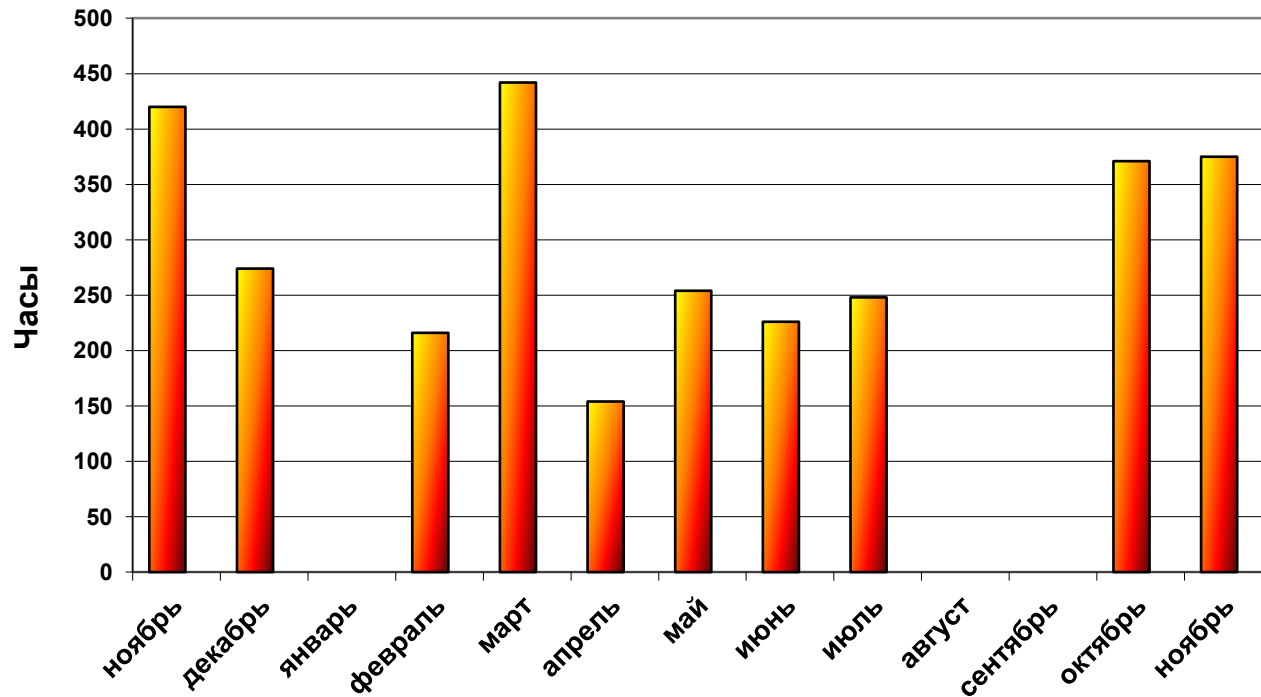
# Ускорительный отдел.



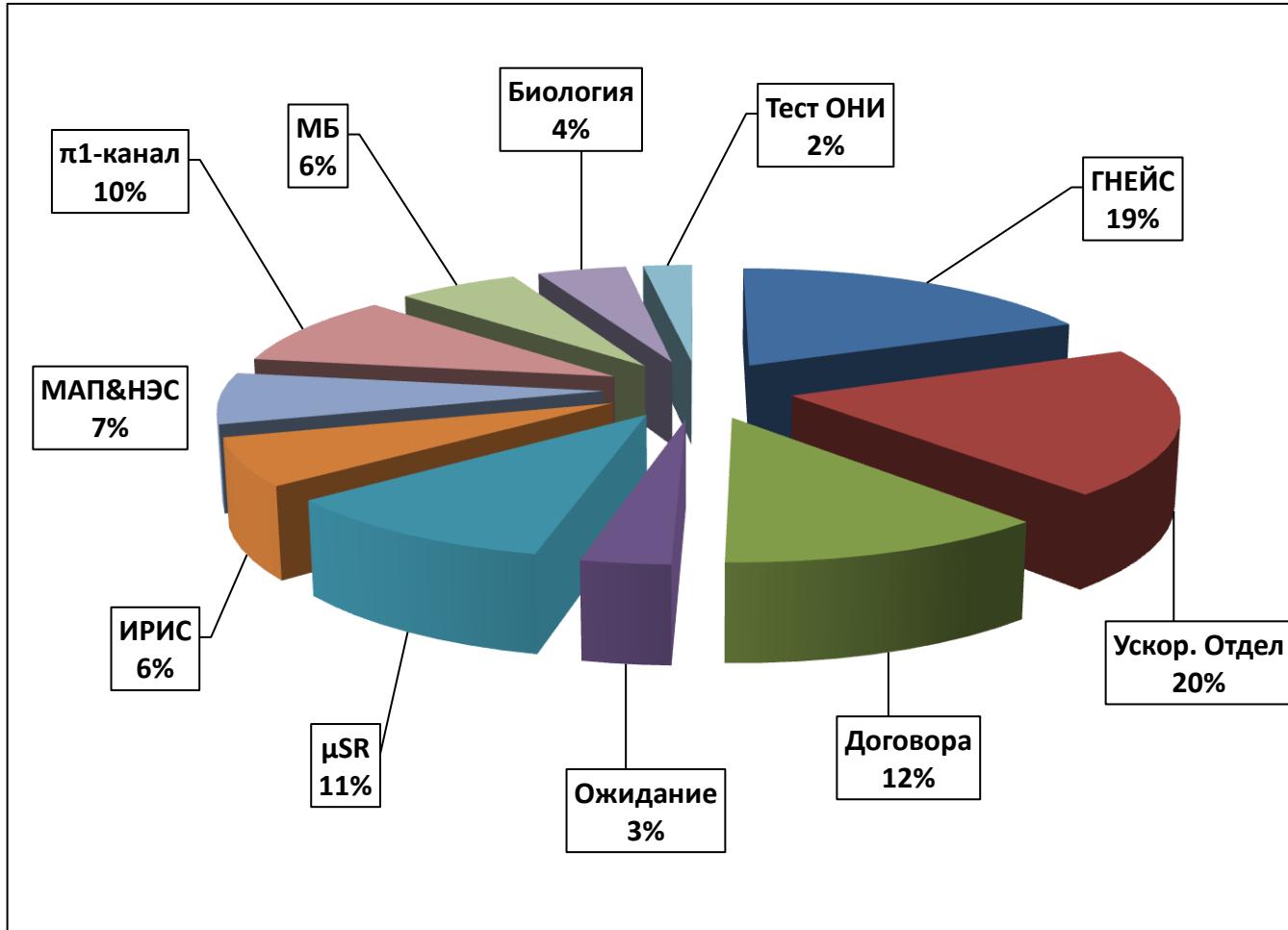
Декабрь 2019



**Работа ускорителя в 2018 - 2019 г.  
(всего 2980 часов за период ноябрь 2018 - ноябрь 2019 г.)**



**ноябрь 2018 - ноябрь 2019**





## Производственная деятельность отдела

1. Выполнена программа технологических работ Ускорительного комплекса.
2. Капитальный ремонт высоковольтной электрической машины ЗСД, питающей магнит синхроциклотрона Е-9. Запуск в эксплуатацию.
3. Выполнен капитальный ремонт приточной вентиляции машинного зала к.2А (замена калориферов и запорной арматуры ПЗ П4).
4. Выполняются работы по замене форвакуумных механических насосов и насосов черновой откачки.
5. Выполнена экспертиза промышленной безопасности ПС УК.
6. 16.12.2019 подписан контракт с ООО «АКЦЕПТ ЭКО» на выполнение комплекса организационных и технических мероприятий, направленных на продление срока эксплуатации стационарных радиационных источников НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ сверх назначенного (проектного) срока эксплуатации.



## Затраты на содержание и эксплуатацию комплекса в 2019 году

Эксплуатация СЦ-1000	Стоимость
Эл.энергия СЦ-1000 (1500*4,3*3000)	19 350 000,00
Годовой ФОТ ускорительного отдела (1200000*12)	14 400 000,00
Материалы и оборудование из бюджета ОПР	* 2 260 094,00
Материалы и оборудование из ЦЕНТРа	5040,00
ИТОГО:	36 015 134,00

\* Финансирование:

- В 2019 г. (65,5 руб./\$) 2 265 135 руб. (\$ 34 000)
- До 2011 г. (30 руб./\$) 6 000 000 руб. (\$ 200 000)
- Для эксплуатации необходимо по 8 000 000 руб./год на ближайшие 4-5 лет



## НАУЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПРОДУКЦИЯ НИЦ КИ ПИЯФ, ПОЛУЧЕННАЯ НА УСКОРИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ПИЯФ В ПЕРИОД 2017 г. ÷ 2019 г.

Публикации	Конференции	Доклады и сообщения	Патенты	Участие в Проектах	Комм. деятельность, руб.	Конкурс Курчатова и прем. Губ. ЛО	Регистрац ия программ
61	31	53	13	7	42 591 200	3+1	5



## Испытания ЭКБ.

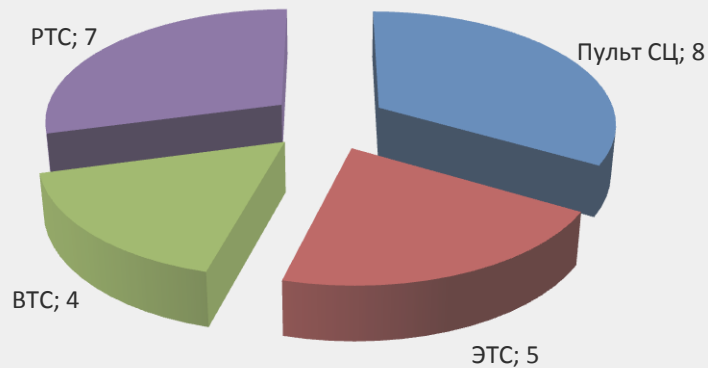


Выполнено договоров на сумму **10 000 000** рублей.

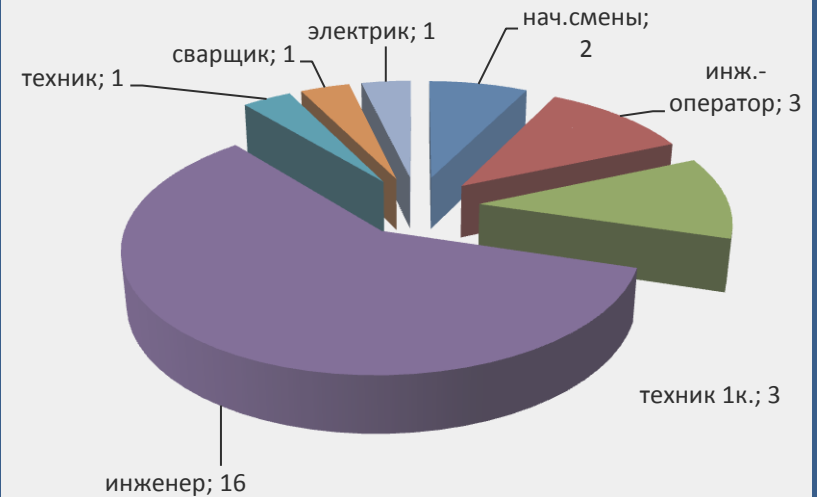


## НЕПОСРЕДСТВЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСКОРИТЕЛЯ

Службы и их численный состав 2019



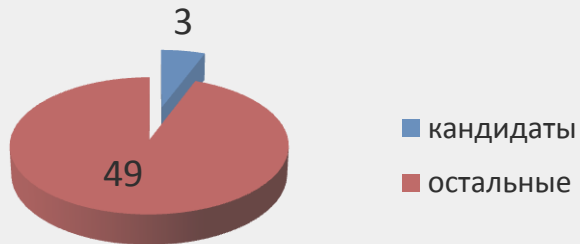
Квалификация и численный состав  
Эксплуатационного персонала 2019.  
27 сотрудников.



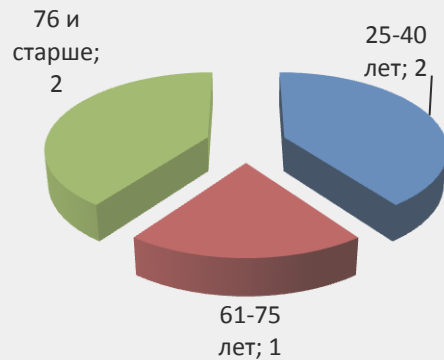




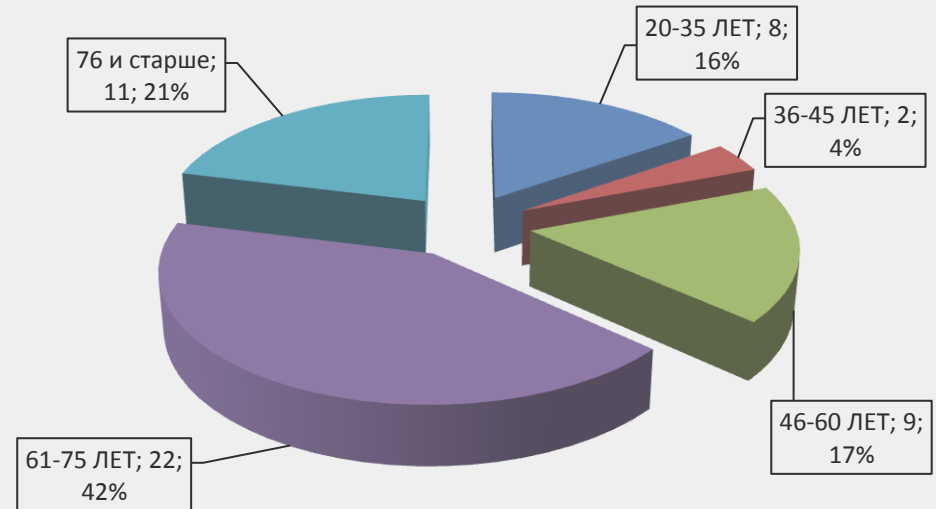
### Научный потенциал отдела 2019



### Научные сотрудники по возрастам 2019



### Возрастной состав всего отдела 2019. Всего 52 сотрудника.





1. **С.А. Артамонов**, Школа по ЯМ и ускорительной технике 2019.
2. **Д.А. Амерканов**, **Е.М. Иванов**, **Н.А. Иванов**, **О.В. Лобанов**, **В.В. Пашук**. «Абсолютный монитор пучков протонов на основе воздушной ионизационной камеры с поперечным электрическим полем». Радиационная стойкость электронных систем, «СТОЙКОСТЬ-2019», Научно-технический сборник, выпуск 22, М., 2019, с. 73-74
3. **Д.А. Амерканов**, **Е.М. Иванов**, **Н.А. Иванов**, **О.В. Лобанов**, **В.В. Пашук**. «Возможности облучения протонами объектов большой площади». Радиационная стойкость электронных систем», «СТОЙКОСТЬ-2019», Научно-технический сборник, выпуск 22, М., 2019, с. 77-78
4. **Д.А. Амерканов**, **Г.И. Горкин**, **Е.М. Иванов**, **С.В. Косьяненко**, **О.В. Лобанов**, **В.Г. Муратов**, **В.В. Пашук**, **О.А. Щербаков**, **В.А. Тонких**, **А.С. Воробьев**, **В.С. Анашин**, **П.А. Чубунов**. «Приборная база систем диагностики и транспортировки протонного и нейтронного пучка для радиационных испытаний электроники на синхроциклотроне 1000 МэВ НИЦ КИ ПИЯФ». Радиационная стойкость электронных систем, «СТОЙКОСТЬ-2019», Научно-технический сборник, выпуск 22, М., 2019, с. 75-76
5. **Д.А. Амерканов**<sup>1</sup>, **С.А. Артамонов**<sup>1</sup>, **Е.М. Иванов**<sup>1</sup>, **Ж.С. Лебедева**<sup>1</sup>, **Г.Ф. Михеев**<sup>1</sup>, **В.Г. Муратов**<sup>1</sup>, **Г.А. Рябов**<sup>1</sup>, **В.А. Тонких**<sup>1</sup>, **О.А. Щербаков**<sup>1</sup>, **А.С. Воробьев**<sup>1</sup>, **В.С. Анашин**<sup>2</sup>, **П.А. Чубунов**<sup>2</sup> (<sup>1</sup> НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ, <sup>2</sup>ОАО «ОРКК»–«НИИКП», Москва) «Комплекс для радиационных испытаний Электронной Компонентной Базы на синхроциклотроне СЦ-1000 НИЦ КИ ПИЯФ», доклад на молодежной конференция по теоретической и экспериментальной физике, МКТЭФ- 2019, Москва, Россия
6. **С.А. Артамонов**, **Е.М. Иванов**, **Г.А. Рябов**, **В.А. Тонких**. «Расчет тракта пучка для офтальмологической лаборатории на циклотроне Ц-80 в Гатчине». VI Всероссийский молодежный научный форум «OPEN SCIENCE 2019», Гатчина, Россия
7. **С.А. Артамонов**, **Е.М. Иванов**, **Г.А. Рябов**, **В.А. Тонких**, **Д.А. Амерканов**. «Вариант тракта транспортировки протонного пучка для онко-офтальмологического центра ПЛТ в НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ», молодежная конференция по теоретической и экспериментальной физике, МКТЭФ- 2019, Москва, Россия



## PNPI, High Energy Physics Division: Main scientific activities 2013-2018, Gatchina 2019

1. E.M. Ivanov, S.A. Artamonov, G.F. Mikheev, G.A. Riabov and the accelerator staff.  
“50 years of the PNPI proton synchrocyclotron SC-1000”. PNPI, High Energy Physics Division: Main scientific activities 2013-2018, Gatchina 2019, pp. 6-14
2. D.A. Amerkanov, S.A. Artamonov, E.M. Ivanov, G.F. Mikheev, G.A. Riabov, V.I. Yurchenko and the accelerator staff (NRC KI PNPI, Gatchina), Yu.N. Gavrish, A.V. Galchuck, S.V. Grigorenko, A.N. Kuzhlev, V.G. Mudrolyubov (JSC “NIIIEFA”, St. Petersburg). “Status of the PNPI H-minus isochronous cyclotron C-80”. PNPI, High Energy Physics Division: Main scientific activities 2013-2018, Gatchina 2019, pp. 15-20
3. D.A. Amerkanov, S.A. Artamonov, E.M. Ivanov, J.S. Lebedeva, G.F. Mikheev, G.A. Riabov, O.A. Shcherbakov, A.S. Vorobyev (NRC KI PNPI), and P.A. Chubunov, V.S. Anashin, L.R. Bakirov, A.E. Koziukov (United Rocket and Space Corporation, Moscow). “Universal proton and neutron centre for radiation resistance of avionic space electronics and other applications at the 1 GeV synchrocyclotron at PNPI”. PNPI, High Energy Physics Division: Main scientific activities 2013-2018, Gatchina 2019, pp. 386-389
4. S.A. Artamonov, E.M. Ivanov, N.A. Ivanov, J.S. Lebedeva, G.A. Riabov.  
“Numerical simulation and optimization of the variable energy 60-1000 MeV proton beams at the PNPI synchrocyclotron for testing the radiation resistance of electronics”. PNPI, High Energy Physics Division: Main scientific activities 2013-2018, Gatchina 2019, pp. 390-396
6. S.A. Artamonov, D.A. Amerkanov, G.I. Gorkin, V.P. Gres, E.M. Ivanov, G.A. Riabov. “  
Magnetic field of the PNPI 40–80 MeV H-minus isochronous cyclotron and 3D calculations”. PNPI, High Energy Physics Division: Main scientific activities 2013-2018, Gatchina 2019, pp. 397-403
6. S.A. Artamonov, E.M. Ivanov, G.A. Riabov, V.A. Tonkikh.  
“High-efficiency stripping extraction at the PNPI 80 MeV H-minus isochronous cyclotron “. PNPI, High Energy Physics Division: Main scientific activities 2013-2018, Gatchina 2019, pp. 404-408

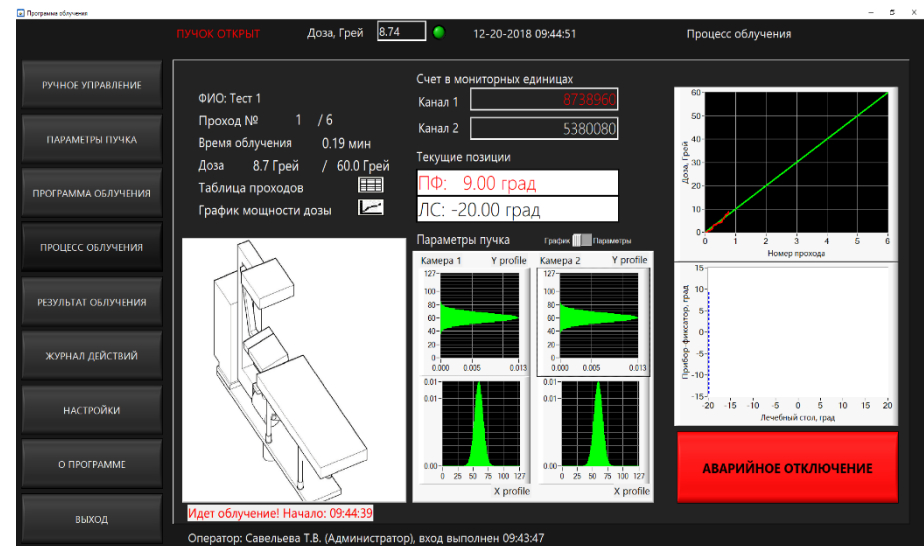


1. **Иванов Е.М., Михеев Г.Ф. Патент** на изобретение № 2687083 «Способ измерения частот поперечных некогерентных колебаний заряженных частиц, ускоряемых в синхроциклотроне». Заявка № 2018123628, приоритет изобретения 28 июня 2018 г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 07 мая 2019 г.
2. **Иванов Е.М., Михеев Г.Ф., Артамонов С.А., Анашин В.С., Козюков А. Е., Бакиров Л.Р. Патент** на изобретение № 2680151 «Устройство для радиационного облучения электроники авиакосмического назначения протонами с использованием синхроциклотрона». Заявка № 2018105230, приоритет изобретения 12 февраля 2018 г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 18 февраля 2019 г.
3. **Иванов Е.М., Максимов В.И., Михеев Г.Ф., Патент** на изобретение № 2704012 «Способ авторегулирования и стабилизации интенсивности синхроциклотрона при протонно-лучевом облучении больших и устройство для его осуществления». Заявка № 2019103788, приоритет изобретения 11 февраля 2019 г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 23 октября 2019 г.
4. **Иванов Е.М., Михеев Г.Ф. Патент** на полезную модель № 187624 «Устройство защиты дуантной системы синхроциклотрона от электрических разрядов и пробоев». Заявка № 2018136914, приоритет полезной модели 19 октября 2018 г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 14 марта 2019 г.
5. **Иванов Е.М., Михеев Г.Ф. Патент** на полезную модель № 190041 «Устройство защиты подшипников вариатора синхроциклотрона». Заявка № 2019111335, приоритет полезной модели 15 апреля 2019 г. Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 17 июня 2019 г.
6. **Артамонов С.А. «Программа** для расчета статических равновесных орбит и параметров движения в изохронном циклотроне на элементе периодичности». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019663358. Заявка № 2019662148, дата поступления 02 октября 2019 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 15 октября 2019 г.



## Модернизация УПСТ

- Модернизирована система рентгеновской центрации.
- Создано автоматизированное рабочее место врача
- Разработана новая программа управления



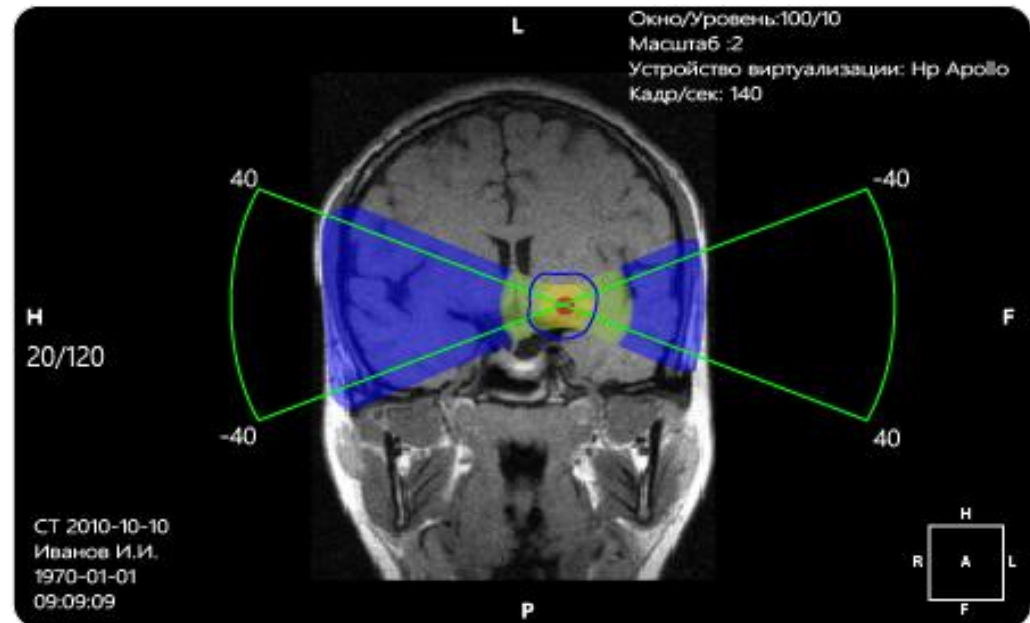
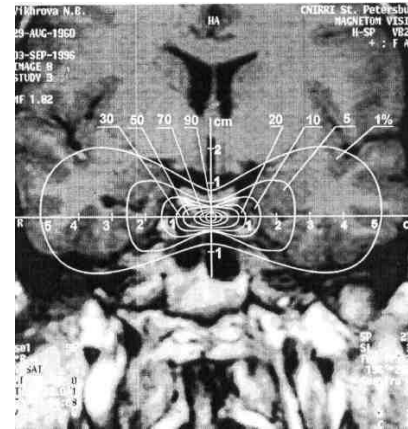


## Система планирования

**система дозиметрического планирования.**

Без современной системы планирования, соответствующей мировым стандартам лучевой терапии, невозможно приступить к этапу регистрации.

Система планирования служит для проведения аналитического расчета распределения терапевтической дозы в тканях.





1. Kotb O.M., Paston S.V., Ezhov V. F., Gulevich E.P., Brozhik D.S., Karlin D.L., Pak F.A., Khalikov A.I. // « **DNA STRUCTURAL ALTERATIONS IN AQUEOUS SOLUTIONS INDUCED BY HIGH ENERGY PROTON BEAM RADIATION**» PROGRAM AND ABSTRACT BOOK MODERN PROBLEMS OF POLYMER SCIENCE, 15th International Saint Petersburg Conference of Young Scientists October 28 – 31, 2019 //
2. Котб О.М., Пастон С.В., Гулевич Е.П., Брожик Д.С., Карлин Д.Л., Пак Ф.А., Халиков А.И. // «**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ МОЛЕКУЛЫ ДНК, ВЫЗВАННЫХ ОБЛУЧЕНИЕМ ПРОТОНАМИ И ГАММА-КВАНТАМИ**», СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ VI СЪЕЗДА БИОФИЗИКОВ РОССИИ: в 2 томах, том 2 – Краснодар: Полиграфическое объединение «Плехановец», 2019.
3. Иванов Е.М., Карлин Д.Л., Максимов В.И., Пак Ф.А., Халиков А.И., Кoryтов О.В., Майстренко Д.Н. **Статус и перспективы развития протонной стереотаксической терапии на синхротроне НИЦ КИ ПИЯФ СЦ-1000** // рецензируемый научно-практический журнал «ИССЛЕДОВАНИЯ И ПРАКТИКА В МЕДИЦИНЕ», с. 82
4. Korytova L.I., Vinogradova Y.N., Korytov O.V., Yalynich N.N., Gerasimov S.V., Kartashov A.V., Shalek R.A., Maksimov V.I., Ivanov E.M., Karlin D.L., Khalikov A.I. **Experience in proton therapy with beam energy 1000 MeV** // NRF Special session on hadron therapy / Book of Abstracts, p. 3
5. Выставка г. Санкт-Петербург, ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, выставка инновационных проектов медицинского научно-образовательного кластера «Трансляционная медицина», 05.06.2019 Кузора Н.А., Пак Ф.А., Брожик Д.С. **Стендовый доклад.**
6. Конференция Микросимпозиум "Ядерная медицина" (2-3 июля) в рамках Европейской конференции по рассеянию нейтронов (ECNS-2019) 30 июня - 5 июля 2019 г. Кузора Н.А., Пак Ф.А., Брожик Д.С., Халиков А.И., Карпович Н.И. "Стереотаксическая протонная терапия в НИЦ "Курчатовский институт" – ПИЯФ. **Стендовый доклад.**
7. VI Ежегодный всероссийский молодежный научный форум «Open Science 2019». Россия, Гатчина, 13 – 15 ноября 2019 г. «Клиническая дозиметрия в протонной терапии на СЦ-1000». Д.С. Брожик , Н.И. Карпович, Н.А. Кузора, Ф.А. Пак, А.И. Халиков. **Устный доклад.**
8. Молодежная конференция по теоретической и экспериментальной физике (МКТЭФ-2019). Россия, Москва, 25 – 28 ноября 2019 г. «Комплекс протонной терапии на СЦ-1000. Текущее состояние и приведение к современным стандартам ВМП». Д.С. Брожик , Д.Л. Карлин, Н.А. Кузора, Н.И. Мамедова, Ф.А. Пак. **Устный доклад.**



1. Колхидашвили М.Р., Савельева Т.В., Лазарев В.И., Лысенко В.В., Пак Ф.А. // **Программа** управления установкой протонной стереотаксической терапии. Свидетельства о гос. Регистрации программ для ЭВМ №2019613375, дата регистрации в реестре 15.03.2019.
2. Муратов В.Г., Кузора Н.А., Халиков А.И. // **Программа** управления магнитными элементами синхроциклотрона СЦ-1000. Свидетельства о гос. Регистрации программ для ЭВМ №2018618400, дата регистрации в реестре 12.07.2018.
3. Колхидашвили М.Р., Савельева Т.В., Лазарев В.И., Лысенко В.В., Пак Ф.А., Карлин Д.Л., Кузора Н.А., Иванов Е.М., Брожек Д.С., Максимов В.И., Мамедова Н.И., Халиков А.И. // **Описание программы** управления установкой для протонной стереотаксической терапии. 2019 г. Препринт 3040.





## Проект развития циклотронного комплекса



### **$E=75$ МэВ**

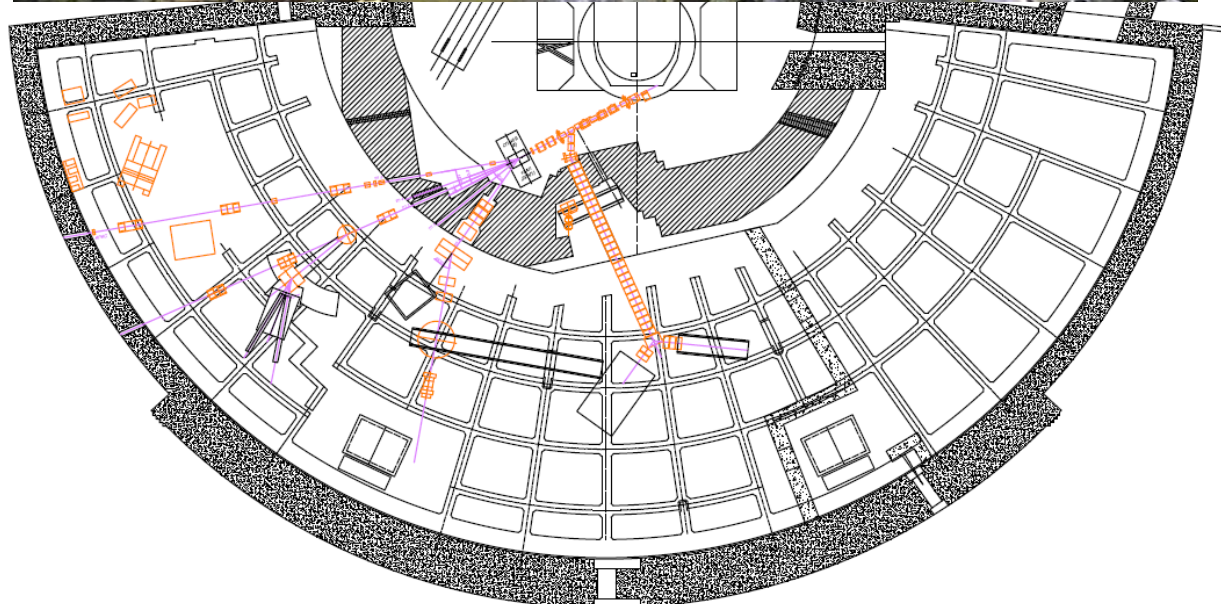
- Ток источника – 800 мкА;
- Частота импульсов – 100 Гц
- Длительность имп. - 0,5 мсек
- Ток в импульсе в камере – 75 мкА (банчер вкл.)
- Ток на первом ЦФ – 70 мкА

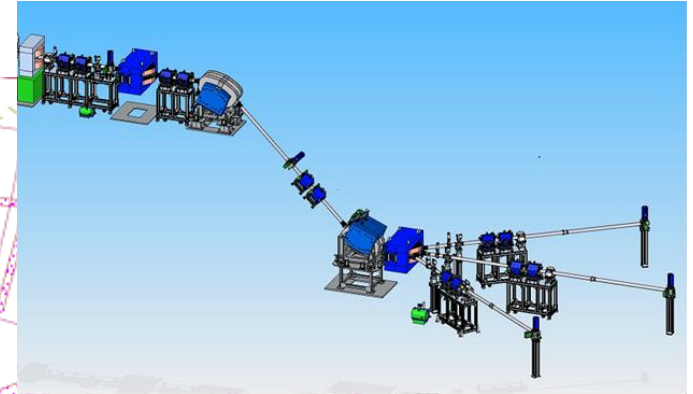
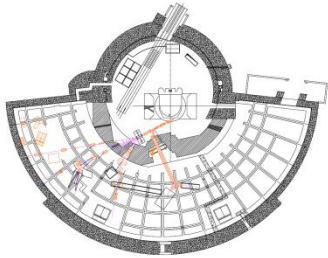
### **$E=50$ МэВ**

- Ток источника – 800 мкА;
- Частота импульсов – 100 Гц
- Длительность имп. - 0,5 мсек
- Ток в импульсе в камере – 110 мкА (банчер вкл.)
- Ток на первом ЦФ – 100 мкА



1. Ноябрь 2016 – март 2017: торжественные мероприятия по запуску Ц-80, **выполнены**
2. Апрель 2017 – май 2018: договор на разработку рабочей документации на капитальный ремонт части помещений корпуса № 2 для обеспечения возможности наработки РФП и проведения исследований по лучевой терапии **Выполнен**
3. Ноябрь 2017, ТЗ на «Разработку, изготовление и монтаж системы вывода второго, постоянно действующего протонного пучка малой интенсивности из циклотрона Ц-80 для целей протонной терапии и модернизация в связи с этим выводной системы основного протонного пучка. Вывод второго протонного пучка для онкоофтальмологии» **Выполнено**
4. Ноябрь 2017, ТЗ на «Изготовление и монтаж тракта формирования и транспортировки протонного пучка малой интенсивности» **Выполнено**
5. 08.12.2017 – 25.12.2018: выполнение работ по разработке и пакета документации, необходимого и достаточного для конструирования, изготовления, сертификации и эксплуатации оборудования медицинского назначения для создания исследовательского онкоофтальмологического комплекса протонной лучевой терапии на базе циклотрона Ц-80 НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ **Выполнено, работы продолжаются**





мкЗв/сек	1,67E-03	3,33E-04
I, мкА	Категория А	Категория Б
1	102	123
5	123	144
10	132	153
20	141	162
30	147	167
40	150	171
50	153	174



## Схема тракта транспортировки пучка для офтальмологии



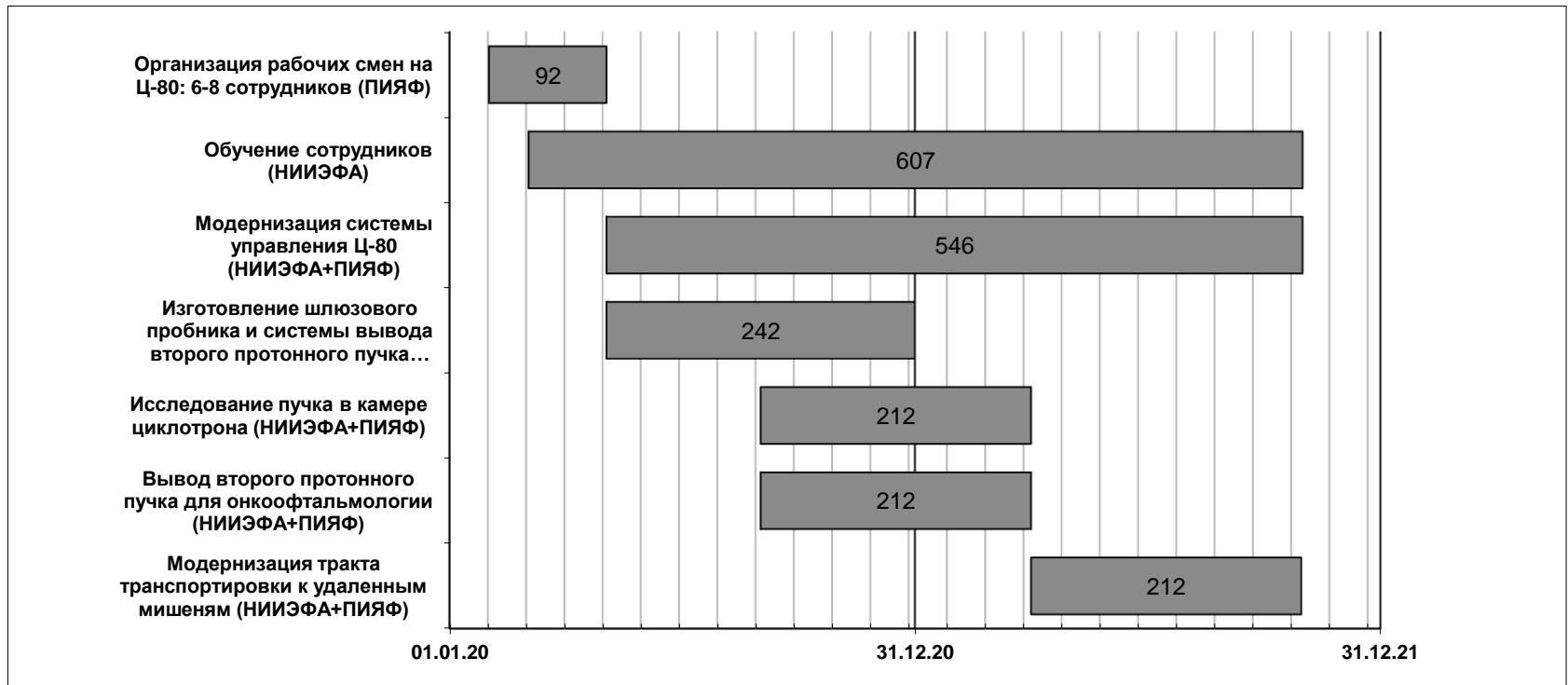


## Список первоочередных работ по запуску Ц-80

1. Организация рабочих смен на Ц-80: 6-8 сотрудников (ПИЯФ)
2. Обучение сотрудников (НИИЭФА)
3. Модернизация системы управления Ц-80 (НИИЭФА+ПИЯФ)
4. Исследование пучка в камере циклотрона (НИИЭФА+ПИЯФ)
  - Изготовление шлюзового пробника и системы вывода второго протонного пучка для онкоофтальмологии (НИИЭФА+ПИЯФ)
  - Вывод второго протонного пучка для онкоофтальмологии (НИИЭФА+ПИЯФ)
5. Модернизация (геометрия) тракта транспортировки к удаленным мишеням (НИИЭФА+ПИЯФ)



## План-график первоочередных работ по запуску Ц-80





## Планы на 2020 год

1. Выполнить работы по продлению срока эксплуатации РИ: комплекс синхроциклотрона, ИРИС, ГНЕЙС.
2. Эксплуатация синхроциклотрона.
3. Капитальный ремонт и модернизация устаревшего оборудования ускорительного комплекса (при наличии финансирования).
4. ~~Модернизация комплекса протонной терапии и подготовка пакета документов для регистрации оборудования как медицинского изделия.~~
5. ~~Провести предварительные исследования ПЗТ с 11В.~~
6. Симуляция потерь пучка в камере циклотрона Ц-80.
7. Создание онкоофтальмологического центра.
  - ~~Вывод второго пучка~~
  - Проект тракта транспортировки к процедурной





**Благодарю за внимание**