

**Создание установки для проведения измерений с
тестовыми пучками электронов в ЛЯП.**

ЛИНАК-200.

М. Госткин

НТС ЛЯП

12 апреля 2018

Авторы проекта.

РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА :

КОБЕЦ В.В.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРОЕКТА:

ГОСТКИН М.И.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА:

ШИРКОВ Г.Д.

ЛЯП: Акоста Э., Баранов В.Ю., Бруква А.Е., Будагов Ю.А., Гаранжа Н.И., Глаголев В.В., Госткин М.И., Грицай К.И., Давыдов Ю.И., Демин Д.В., Дятлов А.С., Жемчугов А.С., Кобец В.В., Коровяков В.Д., Красноперов А.В., Ноздрин А.А., Пороховой С.Ю., Сорокин А.Г., Шабратов В.Г., Ширков Г.Д., Шокин Д.С., Юненко К.Е.

ЛФВЭ: Следнева А.С.

УНЦ: Белозеров Д.С., Верламов К.А., Гикал К.Б., Злыденный Д.А., Ноздрин М.А.

Цель проекта

Создание новой базовой установки ЛЯП:
линейного ускорителя ЛИНАК-200 с
тестовыми пучками электронов с энергией
до 800 МэВ.

Тестовые пучки

- Одна из основных задач ЛЯП – создание детекторов для экспериментальных физических установок
- Изучение характеристик детекторов в ходе научно-методических работ:
 - космика
 - радиоактивные источники
 - тестовые пучки

Научный центр	Год создания ускорителя/пучков	Тип частиц	Диапазон энергий [МэВ]	dP/P [%]	Количество оборудованных линий
BTF (Фраскати, Италия)	1997/2003	e^{\pm}	25-750	1	1
ELPH (Тохоку, Япония)	1997/2006	e^{\pm}	< 850	1	1
БЕРС-II (ИФВЭ АН КНР, Пекин)	2008	e^{-} e^{\pm} (втор.)	1100 - 1500 400 - 1200	1	3
FTBL (КЕК, Япония)	1998/2007	e^{-}	500-3400	0,4	1
DESY-II (Германия)		e^{-}	1000-6000	1	3
CERN PS (Швейцария)	1960	e , адроны, μ	$(1-15) \cdot 10^3$		4
CERN SPS (Швейцария)	1976	e , адроны, μ	$(10-400) \cdot 10^3$		4
FTBF (FNAL, США)	1999	e^{-} , π^{-} , μ	$(1-66) \cdot 10^3$		1
SLAC (США)	1999	e^{-} e , адроны (втор.)	$13,6 \cdot 10^3$ $(0,1-13,6) \cdot 10^3$	0,1-1,3	1
ИФВЭ (Протвино, РФ)	1967	e , адроны, μ	$(1-45) \cdot 10^3$		4
ИЯФ СО РАН (Новосибирск, РФ)	1994/2012	e^{-}	100-3500	1,8-2	1
ФИАН (Троицк, РФ)	1974	e^{-}	300-1300		0
ЕрФИ (Армения)	1967	e^{-}	75 6000		0
LINAC-200 (ОИЯИ)	1975/2020	e^{-}	20 - 800	1	6

Историческая справка

- 1975 – Medium Energy Accelerator (МЕА) на энергию 800 МэВ изготовлен для NIKHEF корпорацией Haimson Research
- 1980 - ввод в эксплуатацию на 700 МэВ
- 1990 - модернизация
- 1998 – вывод из эксплуатации
- 1999-2000 переезд в ОИЯИ в рамках проекта DELSY
- 2001 – 2017 монтаж первой очереди линейного ускорителя, с минимальными ресурсами
- 2011 – получен пучок 20 МэВ
- 2014 – по поручению КПП УНЦ начал разрабатывать образовательную программу на базе ускорителя
- 2014 – начало облучения детекторов группами ЛЯП в ходе пусконаладки ускорителя
- Август 2017 – физический пуск на 220 МэВ.

Главная задача:

Физический пуск → тестовые пучки.

- Технический проект/Ввод в эксплуатацию.
- Получение оптимальных параметров работающей части ускорителя и создание тестовых пучков с энергией до 200 МэВ
- Увеличение энергии до 800 МэВ
- Создание тестовых пучков с высокой энергией

Модернизация ускорителя

Основные элементы ускорителя (ускоряющая структура, модуляторы, клистроны) находится в хорошем состоянии и имеет достаточный ресурс для продолжительной работы

Часть технологических систем нуждается в модернизации или замене

	Стоимость (kUSD)
Вакуумная система – замена насосов	240
Разработка АСКУ	60
Диагностика пучка	30

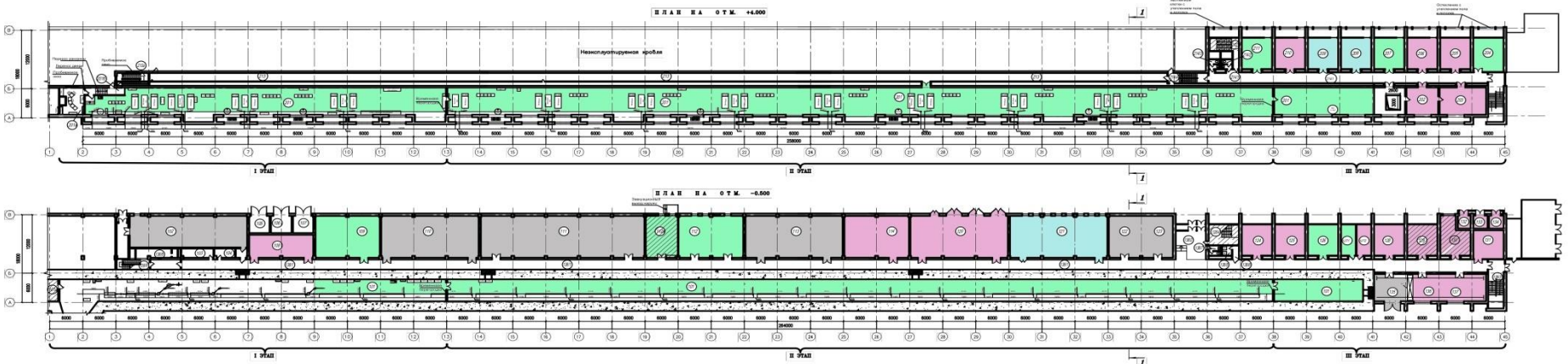






Ремонт 118 корпуса

- ускорительный зал и замена вентиляции-отопления. Устройство лестниц (пути эвакуации).
- документы для ввода в эксплуатацию.



Ремонт 118 корпуса

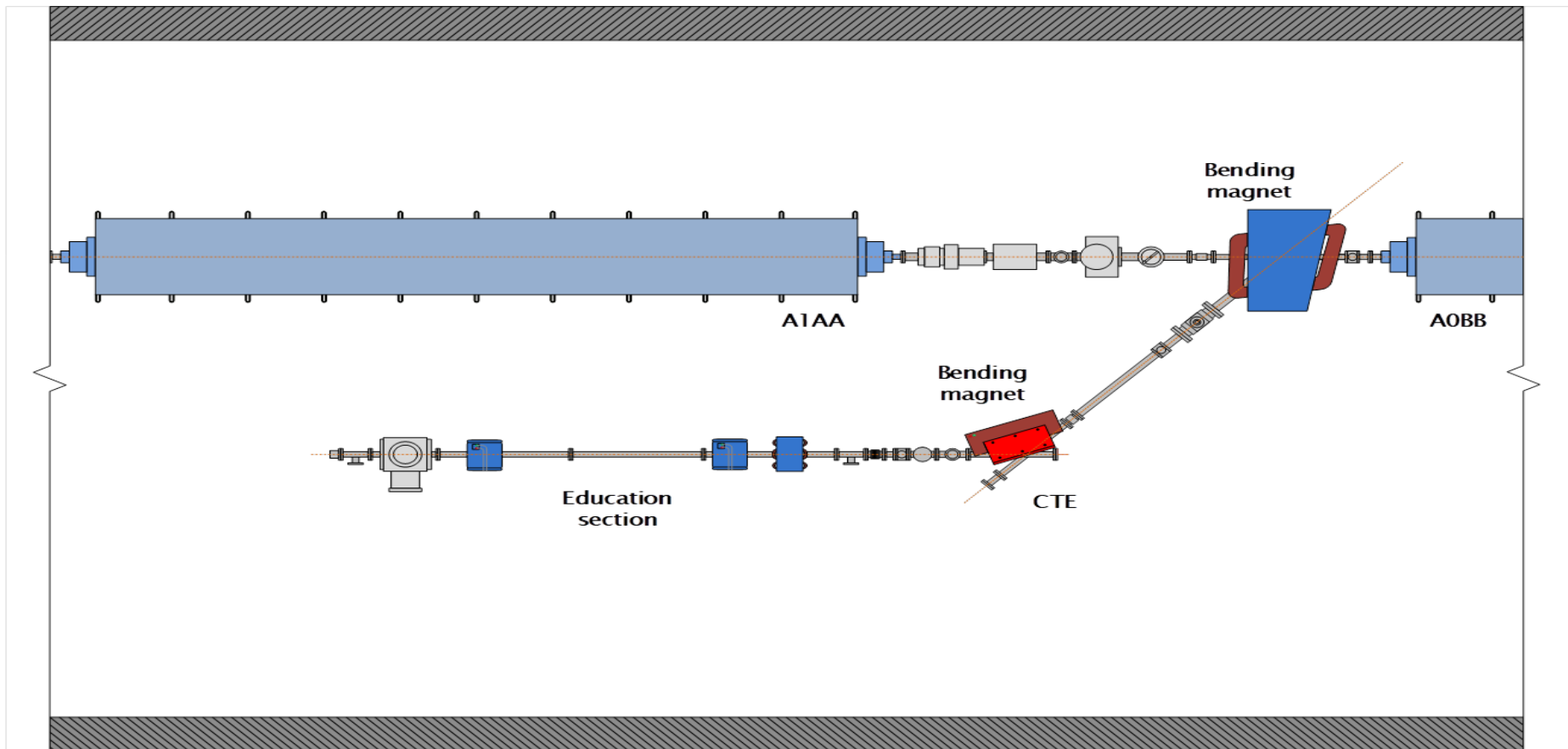
- Замена кабелей и электрооборудования в щитовых
- Ремонт в модуляторном зале
- Коридоры и санузлы
- Остальные помещения (кроме занимаемых сотрудниками ИРЕН, разумеется если ЛНФ не примет финансовое участие)

ЗАО Комета готовит проектную документацию (сдача - май 2018 г)

В бюджет УНЦ на 6 лет семилетки, включая текущий год, заложено ~50 млн. руб.

Каналы для вывода пучка электронов.

- В настоящее время существует два канала вывода пучка из дрейфового промежутка после ускорительной станции A01. Один из этих каналов предназначен для реализации образовательных программ. Второй канал позволяет проводить измерения с тестовым пучком электронов с энергий 20 МэВ.



Создание каналов для вывода пучка e.

- Энергетический разброс пучка не должен превышать 1%.
- Должна быть обеспечена возможность фокусировки пучка с диаметром фокусного пятна менее 1 мм, а также возможность дефокусировки для обеспечения равномерной засветки в области размером 20 см x 20 см.
- Интенсивность пучка должна варьироваться в от диапазоне единиц до $10^{13} \text{ e}^-/\text{с}$ и изменяться не более чем на 5% при проведении измерений.
- Важной задачей при создании каналов вывода тестовых пучков является систематическое исследование характеристик пучка и моделирование для оптимизации условий измерений.

Оборудование

- Измерение энергии (при наладке ускорителя)
 - калориметр полного поглощения на BGO или NaI ?
- Координаты и направление пучка
 - годоскоп из MWPC, MicroMegas, ...?
- Фокусное пятно
 - Medipix?
- Интенсивность
 - Faraday cap?
- В идеале, нужен свой комплект на каждый тестовый пучок

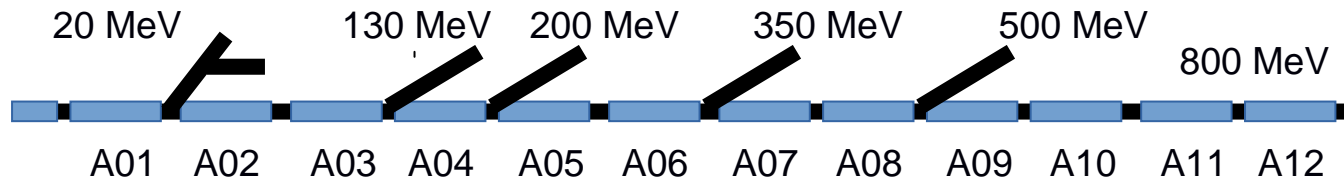
Каналы вывода пучка

После станции A01	20 МэВ
После станции A03	130 МэВ
После станции A04	200 МэВ
После станции A06	350 МэВ
После станции A08	500 МэВ
«Учебный» после станции A01	20 МэВ

Создание 4 каналов для вывода пучка электронов в атмосферу, оборудованных необходимыми средствами измерения характеристик пучка, креплениями и защитой

Создание каналов вывода пучка	Стоимость (тыс. долл.) 3 года
Магниты и коллиматоры	54
детекторы	36
Вакуумный тракт	60

200 -> 800 МэВ



Монтаж и пуско-наладка станций A05-A12	Стоимость тыс. долл. (3 года)
Ремонт катушек клистронов	60
Система охлаждения и термостабилизации	180

Линейный ускоритель электронов состоит из инжектора, группирователя и 12 ускорительных станций.

Структура пучка импульсная, с импульсами длительностью 0,1-3 нс.

Ток в импульсе от 40 мА до практически нулевых значений.

Частота следования импульсов от 1 до 100 Гц, что соответствует интенсивности электронов от единиц до 10^{13} е⁻/с.

Программа испытаний детекторов

Требования к пучку зависят от решаемых задач:

- ❑ Радиационные исследования детекторов, электроники, материалов
FCAL-collaboration, MEDIPIX, mu2e
 - высокая интенсивность
 - однородная засветка большой площади

- ❑ Использование пучка для методических работ - испытание кристаллов CsI, LYSO, BaF₂, строу-детекторов, и др. - mu2e, COMET
 - Интенсивность, позволяющая минимизировать наложение сигналов (pile up) и измерять отклик детектора на одиночные электроны. При работе с кристаллами с временем высвечивания несколько десятков наносекунд на Линак-200 при частоте 50 Гц необходимо работать с пучком с интенсивностью на уровне нескольких десятков электронов/с, дающих 10-20 триггеров в секунду
 - Минимально возможные фоновые загрузки от рассеянных электронов, гамма квантов нейтронов
 - Энергетический разброс на уровне 1-3%

Образовательная программа.

- На "учебном" канале пучка установки ЛИНАК-200 возможно проведение следующих практических занятий:
 - Работа с элементами вакуумного тракта;
 - изучение магнитной оптики (диполь, квадрупольные линзы, секступоль);
 - диагностика пучка, измерение эмиттанса.
- На установке ЛИНАК-200 можно проводить практические занятия по исследованию отклика детекторов элементарных частиц. В перспективе, планируются лабораторные работы по измерению рассеяния электронов на ядрах, исследованию гигантских резонансов и т.д.
- Проблема: отсутствие возможности работы с пучком со студентами до ввода ускорителя в эксплуатацию

План работ.

- 2018
 - подготовка технического проекта модернизации установки ЛИНАК-200 и тестовых пучков.
- 2019
 - Модернизация вакуумной системы на станциях А01-А04
 - Создание АСКУ ускорителя
 - Оборудование канала вывода пучка после станции А01 средствами диагностики
 - Исследование свойств выведенного пучка и получение необходимых режимов работы ускорителя
 - 200 часов ускорительного времени для исследований детекторов
 - Ввод в эксплуатацию (зависит от ремонта помещений и вентиляции)
 - Начало занятий на "учебном" пучке

План работ.

- 2020
 - Монтаж и пусконаладочные работы на ускорительных станциях A05-A08
 - Создание каналов вывода пучка после станций A03 и A04
 - Исследование свойств выведенного пучка после станций A03 и A04 и получение необходимых режимов работы ускорителя
 - 300 часов ускорительного времени для исследований детекторов
- 2021
 - Монтаж и пусконаладочные работы на ускорительных станциях A09-A12
 - Создание каналов вывода пучка после станций A06 и A08
 - Исследование свойств выведенного пучка после станций A06 и A08 и получение необходимых режимов работы ускорителя
 - 500 часов ускорительного времени для исследований детекторов

Сектор 4

Должность	ФИО		
Нач.сектора	Госткин М.И.		
Главный инженер установки	Кобец В.В.		
Ведущий инженер	Пороховой С.Ю.		
Группа №1 модуляторов и ВЧ-систем		Группа №2 технологическая	
Начальник группы	Бруква А.Е.	Начальник группы	Шабратов В.Г.
Инженер	Сорокин А.Г.	инженер	Вакуумная техника
ст. техник	Гаранжа Н.И.	инженер	Автоматизация ФУ
Ст. лаборант	Коровяков В.Д.	инженер	Автоматизация ФУ
Инженер	Акоста Э.	инженер	Ускорит. техника
Инженер	Юненко К.Е.	лаборант	
Инженер	Шокин Д.С.	лаборант	
Инженер	Дятлов А.С.	лаборант	

		2019	2020	2021
материалы	75	25	25	25
оборудование	720	240	240	240
Монтаж и пуско-наладка станций А05-А12	240	80	80	80
ремонт катушек клистронов	60	20	20	20
система охлаждения и термостабилизации	180	60	60	60
Модернизация ускорителя	330	110	110	110
Замена вакуумных насосов	240	80	80	80
Разработка АСКУ	60	20	20	20
Диагностика пучка	30	10	10	10
Создание каналов вывода пучка	150	50	50	50
Магниты и коллиматоры	54	18	18	18
Детекторы	36	12	12	12
Вакуумный тракт	60	20	20	20
Командировочные расходы	10	2	4	4
ЛЯП: - мастерские; КО (нормо-часы)	3000	1000	1000	1000
Источники финансирования (kUSD)				
Бюджет ОИЯИ	805	267	269	269

Заключение

- В результате реализации проекта будет создана новая базовая установка ЛЯП, которая обеспечит доступ к тестовым пучкам для научных групп лабораторий ОИЯИ и из государств-членов ОИЯИ
- В перспективе возможно увеличение энергии электронов до 1,5 – 2 ГэВ и создание источника СИ
- Просим поддержать проект!

Спасибо за внимание!

СМЕТА ЗАТРАТ ПО ПРОЕКТУ ФОРМА №29

No	Наименование статей затрат	Полная сумма	2019	2020	2021
	Прямые расходы на проект				
1	Ускоритель, реактор	--	--	--	--
2	ЭВМ	--	--	--	--
3	Материалы	75	25	25	25
4	Оборудование	720	240	240	240
5	НИОКР	--	--	--	--
7	Командировочные расходы				
	а) в страны нерублёвой зоны	5	1	2	2
	б) в страны рублевой зоны	5	1	2	2
	Итого по прямым расходам :	805	267	269	269

Характеристики тестовых пучков

- **Характеристики пучка**

- Энергия
- Интенсивность
- Размер фокусного пятна
- Стабильность во времени

- **Инфраструктура**

- Детекторы контроля параметров пучка (годоскопы, калориметры, диагностика пучка)
- Коллиматоры, фокусирующие/дефокусирующие линзы
- Синхроимпульс с ускорителя, программируемые задержки
- Защита, крепления, юстировка
- **Ничего этого на Линак-200 сейчас практически нет!**

- Создание инфраструктуры тестовых пучков на Линак-200 это отдельная большая задача
- Первоочередные задачи для организации тестовых пучков на Линак-200 (помимо канала для вывода пучка в атмосферу):
 - обеспечение стабильности параметров пучка (диагностика, автоматизация систем ускорителя)
 - создание минимального набора аппаратуры для контроля параметров пучка
 - создание минимального набора штатных креплений, защиты
 - систематическое исследование характеристик пучка и моделирование для оптимизации условий измерений