



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

*ИТЭФ 1945-2015*

*Фундаментальные исследования  
на ускорителе У-7/10.*

*Куликов В.В.*

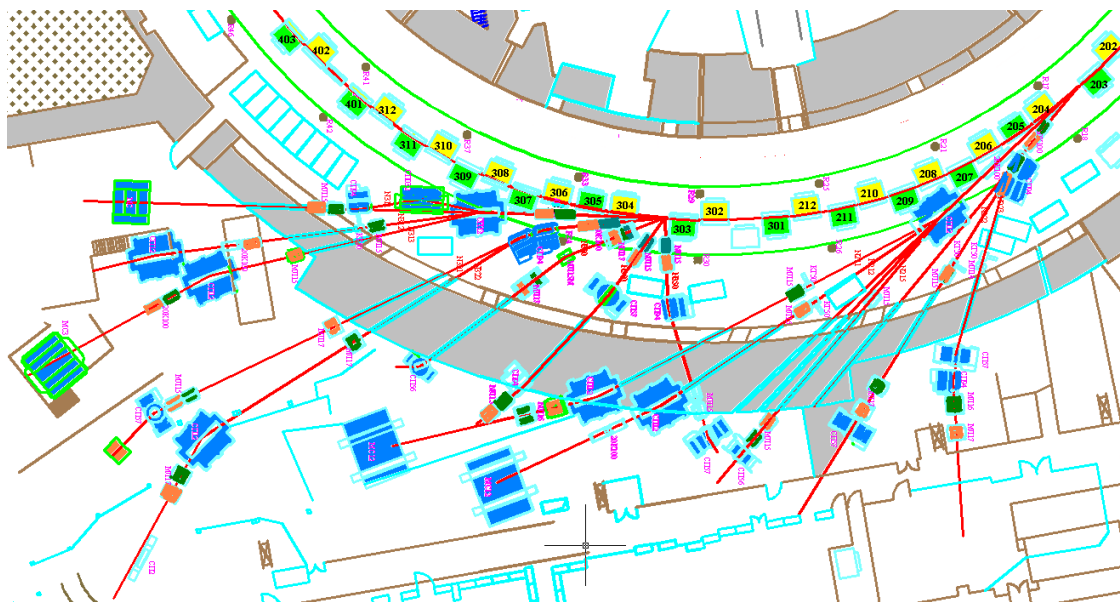


# Роль ускорителей в познании микромира

- Молекула → Связанное состояние атомов
- Атом → Связанное состояние электронов и ядра атома
- Ядро → Связанное состояние протонов и нейтронов
- Протон/нейтрон → Связанное состояние ??? **Ответ дали исследования на ускорителях**
- Протон/нейтрон → Одни из сотен «элементарных частиц», до 50-х годов были известны  $p, n, \gamma, e^-, e^+, \mu, \pi$ , 50-60-е добавили  $\nu, \eta, \omega, \rho, \eta, \phi, \Lambda, \Sigma, \Xi, \Delta(1232)$ ..... и этот процесс продолжается в настоящее время
- Сейчас мы уже знаем, что не все упомянутые выше частицы элементарны, а имеются только 16 истинно элементарных частиц + бозон Хиггса.
- Но в те годы, как, правда, и сейчас, задачи физиков состояли в обнаружении новых частиц, изучении их свойств (масса, заряд, время жизни, спин, четность, моды распада) и их взаимодействий.
- На то время, естественно, приходится и бурное развитие экспериментальных методов, необходимых для получения информации о элементарных частицах и их взаимодействиях. ИТЭФ был одним из многочисленных участников этого процесса получения знаний о микромире.



## Сеть каналов вывода пучка в БЭЗ



+ Корпус ЖВК  
+ Зал КПК

Каждая красная линия ведет к экспериментальной установке и их много.

Большим преимуществом этой сети, реализованной в ИТЭФ, является возможность одновременной работы сразу нескольких экспериментов.

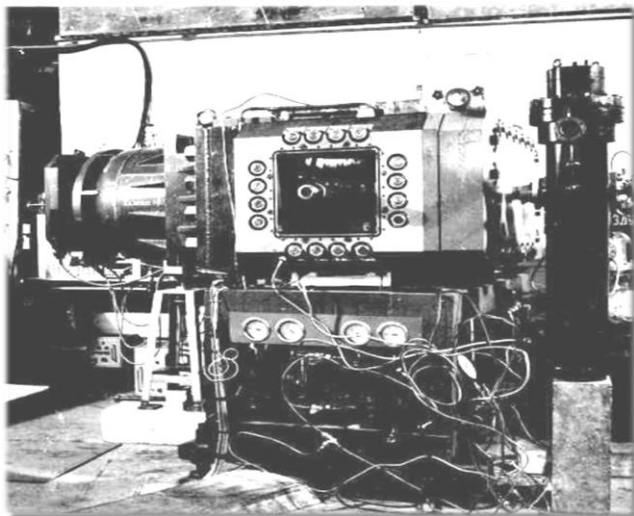
Были доступны пучки протонов, нейтронов, пи-мезонов, заряженных и нейтральных каонов и даже антипротонов.



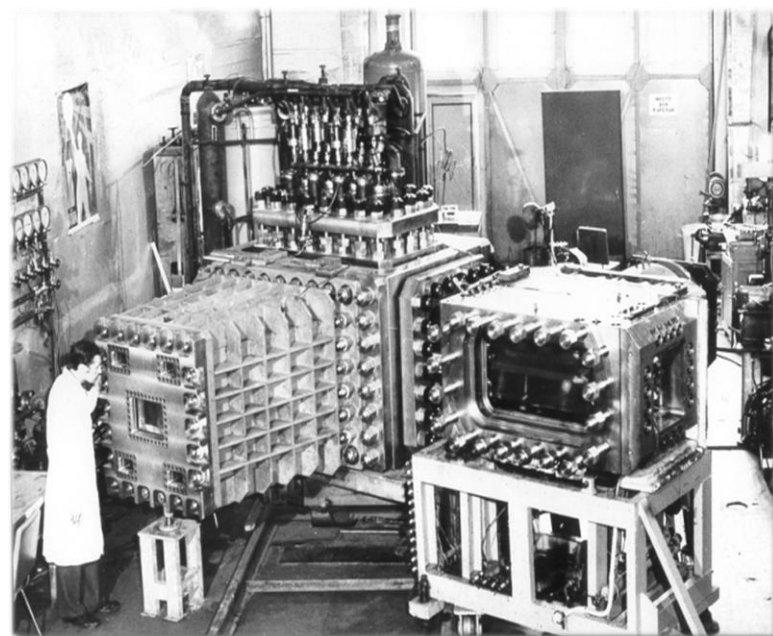
# Ксеноновые пузырьковые камеры.



Под руководством Анатолия Георгиевича Мешковского с 1960 по 1973 гг. была создана серия жидко-ксеноновых пузырьковых камер объемом 17, 180 и 700 литров, последняя из которых ДИАНА содержала 1.5Т ксенона. Уникальной особенностью таких камер - почти 100% эффективность регистрации фотонов и точное измерение их энергии.



*180л камера на нейтральном пучке*



*Слева - камера ДИАНА, справа - корпус 180-л камеры*



- Обнаружен распад  $\omega \rightarrow \pi^0 \gamma$ . Это первое открытие сделанное на У-7 и внесенное Государственный реестр открытий СССР.

**Научное открытие "Распад омега-мезона на нейтральный пи-мезон и гамма-квант".**

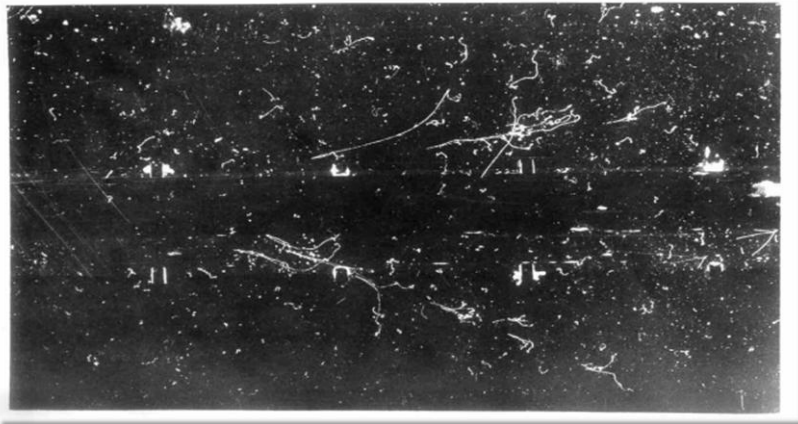
**Формула открытия: "Экспериментально установлено неизвестное ранее явление распада омега-мезона на две частицы: нейтральный пи-мезон и гамма-квант, обусловленное электромагнитным взаимодействием элементарны частиц".**

**Авторы: А. Г. Мешковский, В. А. Шебанов, В. В. Бармин, А. Г. Долголенко, Ю. П. Никитин, Ю. С. Крестников.**

**Номер и дата приоритета: № 120 от 3 июля 1963 г.**

- Существование и вероятность этого распада были точно предсказаны теоретически Л.Б.Окунем и И.Ю.Кобзаревым.
- В этом же эксперименте поставлен верхний предел на вероятность распада  $\omega \rightarrow e^+ e^-$ , обнаружен распад  $f_0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$ .





- Исследования CP симметрии. Эксперимент по измерению вероятности распада  $K_L \rightarrow 2\pi^0 \rightarrow 4\gamma$  был решающим для проверки равенства  $\eta_{+-} = \eta_{00}$ .
- Цикл работ по измерению вероятностей распадов  $K_L \rightarrow 2\gamma$ ,  $K_L \rightarrow 3\pi^0$ ,  $K_L \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ ,  $K_S \rightarrow 2\gamma$  и поиски нарушения CP-инвариантности в распадах  $K_S \rightarrow 3\pi^0$ . Результаты по этим распадам были лучшими по точности в течение 18-ти лет.
- Были изучены редкие распады  $K_S$ -мезонов:  $K_S \rightarrow e^+e^-$ , измерены вероятности редких и радиационных распадов  $K^+$ -мезонов:  $K^+ \rightarrow e^+\pi^0\nu$ ,  $K^+ \rightarrow e^+\pi^0\pi^0\nu$ ,  $K^+ \rightarrow e^+\pi^0\pi^0\pi^0\nu$ ,  $K^+ \rightarrow e^+\pi^0\pi^0\nu\gamma$ ,  $K^+ \rightarrow \mu^+\nu\gamma$ ,  $K^+ \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^-\gamma$  и  $K^+ \rightarrow e^+\pi^0\nu\gamma$ .
- Работа, выполненная уже в 2000 годы под руководством А.Г. Долголенко по обнаружению пентакварка  $\Theta^+(1540)$  в системе  $pK_S$  имеет наивысший «выдающийся» уровень цитируемости 500+.



# Жидководородные пузырьковые камеры

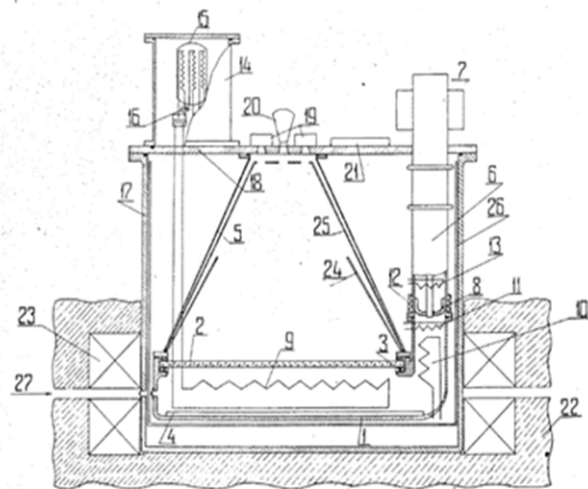


Рис.1. Схематический разрез 2-метровой жидководородной камеры ИТЭФ. 1 - корпус камеры; 2 - главное стекло; 3 - разжимная прокладка; 4 - растровая система; 5 - "конус"; 6 - система расширения; 7 - пневмопривод системы расширения; 8 - поршень; 9 - теплообменник корпуса камеры; 10 - теплообменник "горловины"; 11 - теплообменник под поршнем; 12 - внешний теплообменник системы расширения; 13 - теплообменник над поршнем; 14 - "башня"; 15 - водородный бачок башни; 16 - терморегулятор; 17 - вакуумный кожух; 18 - крышка вакуумного кожуха; 19 - фотоаппарат; 20 - система освещения; 21 - лазер; 22 - ярмо магнита; 23 - катушка магнита; 24 - водородный экран; 25 - азотный экран; 26 - азотный экран кожуха; 27 - вход пучка.

40



- Развитие методики ЖВК в ИТЭФ тесно связано с именами С.Я.Никитина, Я.М.Селектора, В.Т.Смолянкина и директора ИТЭФ 1968-1997 гг. И.В.Чувило.
- 2.05м ЖВК размещалась в многотонном магните мощность 3 МВатт в специальном корпусе №120.



# Достижения, связанные с ЖВК

---

- Запущенная в 1963 г. 55-сантиметровая ЖВК, в течение ряда лет являлась самой крупной в нашей стране.
- В 1970 г. была введена в строй крупнейшая в СССР 2-х метровая жидководородная камера (+5).
- В 1972 г. построена ЖВК-80 оригинальной конструкции, обеспечивающая высокую точность восстановления треков и допускающая автоматическую обработку снимков. В 1989 г. впервые было реализовано заполнение этой камеры жидким гелием для исследования малонуклонных систем.
- Были определены топологические сечения  $\pi$ -взаимодействий, определены сечения большинства каналов со странными частицами, определены поляризации  $\Lambda$  и  $\Sigma$ -гиперонов.
- Проведено систематическое изучение механизмов образования  $A_1$ -,  $A_2$ - и  $A_3$ -мезонов и свойств этих резонансов, выполнен большой цикл работ, посвященных экспериментальной проверке различных теоретических моделей, предлагавшихся для описания неупругих адронных процессов.





# Магнитный спектрометр КАОН

## Исследования свойств $K^0$ -мезонов и гиперонов на магнитных спектрометрах ИТЭФ (лаб. 308)

Сотрудниками лаборатории созданы 3 поколения спектрометров:

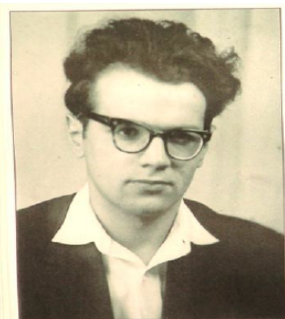
**1965 г.** - спектрометр на основе трековых искровых камер с оптическим съемом информации. На нем получены следующие результаты:

- измерена разность масс  $K_1$  и  $K_2$  мезонов
- измерены модуль и фаза амплитуды CP-нечетного распада  $K_L \rightarrow \pi + \pi^-$
- Определены параметры регенерации  $K_S$ -мезонов в меди.

**1978 г.** – На спектрометре КАОН с проволочными искровыми камерами с памятью на ферритовых кольцах произведен поиск редких распадов  $K^0$  мезонов, измерено сечение рождения пар  $K^0$ - $\Lambda$ , выполнено измерение поляризации  $\Lambda$ -гиперонов при взаимодействии нейтронов с ядрами углерода и свинца.



Вишневский Мечеслав Евгеньевич



Киричников Игорь Валентинович

**1998 г.** – запущен МАгнитно-Германиевый спектрометр МАГ: спектрометр М.Е. Вишневского объединен с германиевым спектрометром И.В. Киричникова. В одном взаимодействии протонов с ядрами регистрировались заряженные продукты реакции и фотоны от  $\gamma$ -переходов возбужденных ядер. Трековая часть магнитного спектрометра состояла из 20 координатных плоскостей многопроволочных пропорциональных камер (около 10 тыс. проволочек). Для регистрации  $\gamma$ -квантов и измерения их энергии использовался спектрометр на основе кристалла Ge(Li).

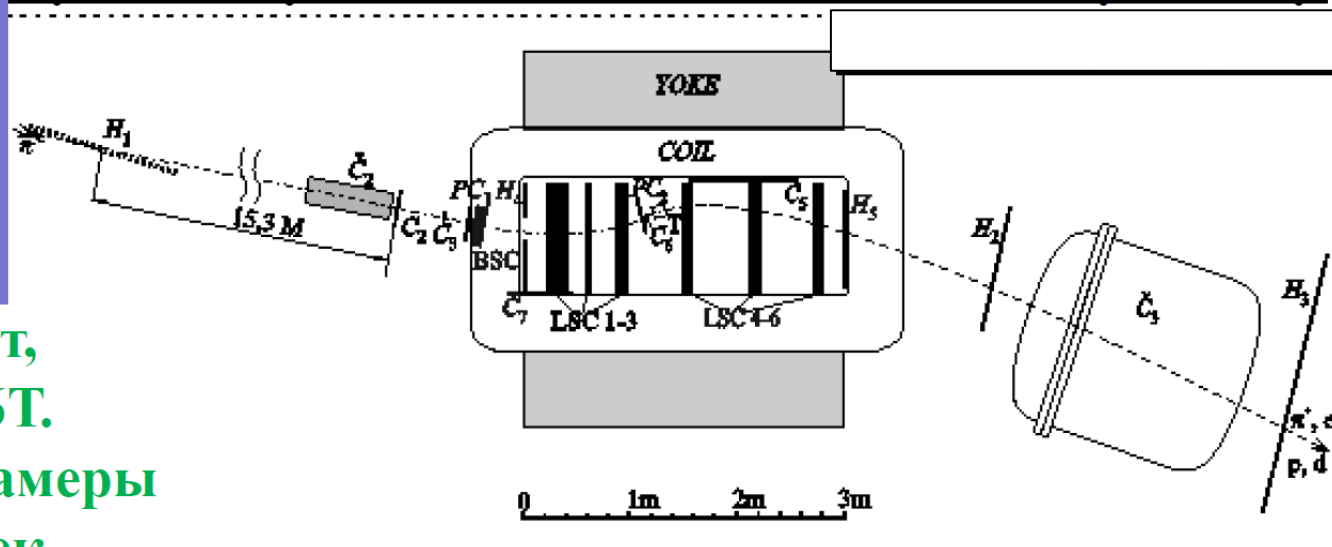


# 3-х метровый магнитный спектрометр.

## Трехметровый магнитный спектрометр



И.А.Радкевич



- Магнит -150т,  
1.5 м<sup>3</sup>, H=1.6Т.
- Искровые камеры  
62 точки/трек.
- Сканирование в  
линию с БЭСМ-6  
1 сек/событие
- Мишень LN<sub>2</sub>, LD<sub>2</sub>
- Триггер 100 ФЭУ,  
TOF 1.5 м<sup>2</sup>,
- Черенков 6м<sup>3</sup>, 5 атм.

- Упругое и квазиупругое  $pr$ ,  $pd$ ,  $pt$  - рассеяние с большой передачей импульса ( 19 публикаций).
- Двойная перезарядка пионов на ядрах(15).
- Физика мезонных, барионных, дибарионных резонансов (11).
- Методика я.-ф. эксперимента (6).
- Защищено 3 докторских, 13 кандидатских диссертаций.



# Фокусирующий адронный спектрометр

## Изучение образования высокоэнергичных кумулятивных адронов

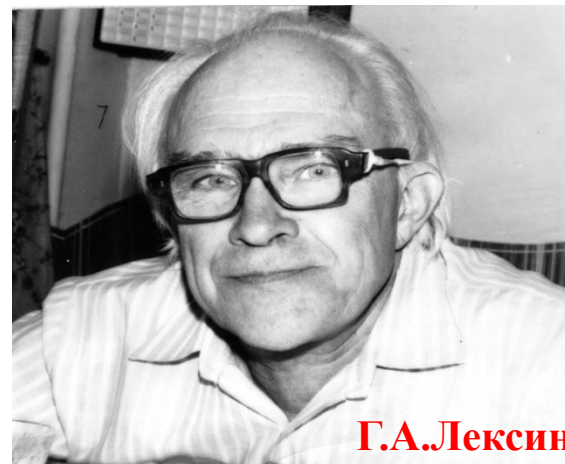
Ю.Т.Киселев, В.А.Шейнкман

Фокусирующий Адронный Спектрометр  
(ФАС)

Протоны E=10 ГэВ; Ядра-мишени: Be, Al, Cu, Ta

$P, \pi^+, \pi^-, K^+, K^-, P$   $\Theta=59^\circ, 97^\circ, 119^\circ$

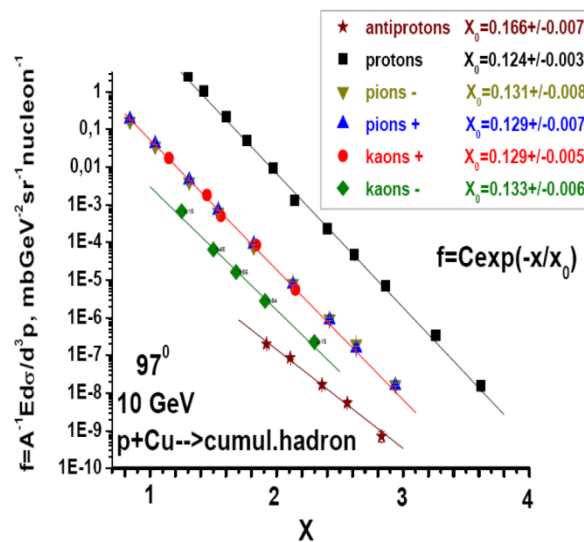
Измеряемое отношение эффект/фон  $\leq 10^{-6}$



Г.А.Лексин

Пример – спектры под углом  $97^\circ$  на Cu

X – минимальная масса внутриядерного объекта (в единицах массы нуклона), на котором кинематически возможно образование наблюдаемого адрона



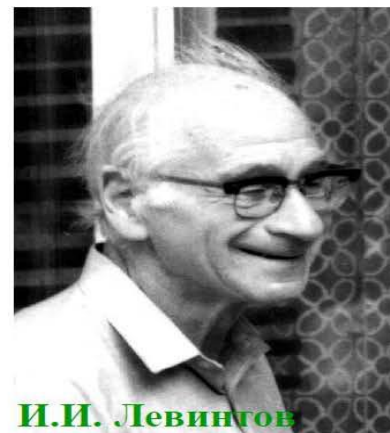
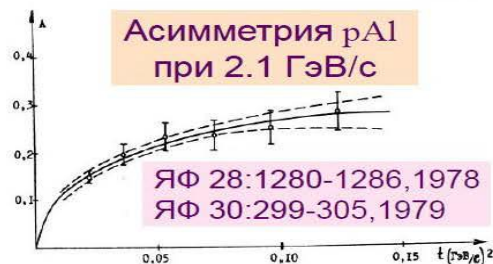




## Лаборатория Поляризационных исследований

1970-1980 Эксперименты по измерению асимметрий рассеяния поляризованных протонов на водороде и ядрах под руководством И.И. Левинтова

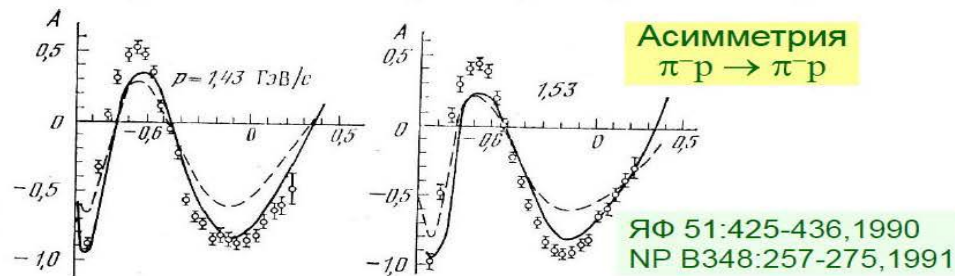
- Поляризация протонов 35-40%, импульс до 2.1 ГэВ/с в канале 321 У-10



И.И. Левинтов

1980-1990 Создание установки СПИН на базе поляризованной протонной мишени и искровых камер с магнестрикционным съемом информации, под рук. И.И. Левинтова, затем В.П. Канавца, пионный пучок в канале 321 У-10

- Измерение асимметрии в упругом пион-протонном рассеянии при 1.2-2.1 ГэВ/с, лучшие данные по настоящее время, использованы в ПВА
- Поляризационные параметры в рождении  $\rho$ -мезона



Установка СПИН-ЛМ



В.П. Канавец



Приношу свои глубокие  
извинения всем,  
работавшим на У-7/10,  
чьи работы не были  
упомянуты в этой короткой  
презентации.