

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗУЧ. 12  
Б-907

10/2-76

13 - 9439

1782/2-76

Н.Ф.Буланов, Ю.П.Бушуев, Н.М.Вирясов, С.Выскочил,  
Ю.Д.Зернин, В.П.Костин, А.В.Пожарский,  
В.П.Руковичкин, В.А.Русаков, В.Т.Толмачев,  
Е.П.Устенко, Ю.В.Хренов

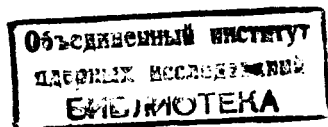
ИССЛЕДОВАНИЯ НА УСТАНОВКЕ "ЛЮДМИЛА"  
РЕЖИМА ДВУХ РАСШИРЕНИЙ  
ЗА ЦИКЛ РАБОТЫ  
ПРОТОННОГО СИНХРОТРОНА ИФВЭ

**1976**

13 - 9439

Н.Ф.Буланов, Ю.П.Бушуев, Н.М.Вирясов, С.Высочил,  
Ю.Д.Зернин, В.П.Костин, А.В.Пожарский,  
В.П.Руковичкин, В.А.Русаков, В.Т.Толмачев,  
Е.П.Устенко, Ю.В.Хренов

ИССЛЕДОВАНИЯ НА УСТАНОВКЕ "ЛЮДМИЛА"  
РЕЖИМА ДВУХ РАСШИРЕНИЙ  
ЗА ЦИКЛ РАБОТЫ  
ПРОТОННОГО СИНХРОТРОНА ИФВЭ



Одним из путей повышения эффективности использования пузырьковой камеры и ускорительного комплекса является осуществление режима их работы, при котором производится два и более сбросов пучка на камеру и соответствующее число фотографирований в одном цикле ускорителя. Такой режим позволяет увеличить эффективность комплекса пропорционально частоте срабатывания пузырьковой камеры.

Установка "Людмила" <sup>/1/</sup>, размещенная на пучке частиц <sup>/2/</sup> высоких энергий протонного синхротрона ИФВЭ, до настоящего времени действовала в режиме, при котором выполнялось одно фотографирование за цикл ускорителя. Вместе с тем в течение ряда лет производились подготовительные работы, которые должны были обеспечить работу камеры в режиме двух расширений с получением двух фотографий в одном цикле ускорителя. Эти работы завершились успешными испытаниями в марте 1975 года. Установка устойчиво работала более суток и сделала 25000 расширений. Отснято около 4000 фотографий при различных интервалах между первым и вторым расширениями сдвоенного цикла и различных положениях кривой расширения относительно пучка частиц.

В данной работе приводятся результаты испытаний и сведения о подготовке к ним систем установки "Людмила".

## *1. Подготовка систем*

Успешным испытаниям установки предшествовали подготовительные работы, которые описываются ниже.

#### а/ Система расширения

Существенно усовершенствован механизм расширения и его газовый пульт, благодаря чему повышена стабильность работы системы расширения и уменьшено динамическое тепловыделение в надпоршневом пространстве.

#### б/ Система фотографирования

Изменениям подверглись лентопротяжные механизмы /ЛПМ/ /3/ и их газовый пульт. Эти изменения были направлены на уменьшение моментов трения в узлах ЛПМ и на обеспечение автономного газового питания приводных механизмов ЛПМ, чем обеспечивалось повышение быстродействия и надежности их работы.

#### в/ Электронные системы камеры

Для управления установкой в режиме двух расширений усовершенствованы некоторые функциональные системы и добавлены новые блоки. Основные изменения внесены в электронные схемы импульсного освещения камеры.

Эти изменения и дополнения в электронных системах установки позволили управлять механизмом расширения, импульсными лампами, протяжкой пленки и впечатыванием на каждом кадре прижимных реперных крестов в режиме двух расширений, а добавление к блокам синхронизации стандартных электронных блоков дало возможность проводить отдельную настройку моментов расширения камеры относительно пучка частиц. Для осуществления непрерывного визуального контроля за режимом создана также специальная схема, позволяющая фиксировать  $p-\epsilon$ -диаграмму каждого цикла пузырьковой камеры на запоминающем осциллографе С1-37.

#### г/ Технологические системы

Подготовка технологических систем включала ряд мероприятий, направленных на сокращение расхода жидкого водорода на термостабилизацию и на сокращение его потерь при транспортировке по сифонным линиям.

#### д/ Система впечатывания служебной информации /4,5/

В целях сокращения времени впечатывания служебной информации увеличена яркость освещения бит служебного

информационного табло. Это достигнуто установкой ламп типа НСМ-10/50, увеличением напряжения их питания и изменением оптической части системы впечатывания.

## II. Выбор временного интервала

Время между первым и вторым расширениями камеры в одном цикле ускорителя не может выбираться произвольно. Ограничение временного интервала по максимуму накладывается режимом работы ускорителя, а по минимуму - возможностями камеры и ее систем. Одним из нежелательных последствий расширения /перегрева/ жидкости является образование паразитных пузырьков. Количество и размеры этих пузырьков зависят от конструктивных особенностей камеры и перегрева жидкости. Основная часть паразитных пузырей в нашей камере возникает между элементами отражательного раstra системы освещения /6/. Размеры этих пузырей существенно больше трековых. После расширения и поджатия рабочей жидкости для восстановления ее начальных параметров требуется некоторое время. Полагая, что все другие параметры восстанавливаются быстрее, можно принять за время восстановления суммарное время конденсации этих паразитных пузырей и диссипации тепла, локализованного в зонах конденсации. В соответствии с этим можно установить границу временного интервала по минимуму из следующего условия:

$$t_{и} \geq t_{в} + t_{р} = t_{к} + t_{д} + t_{р} \quad /1/$$

где  $t_{и}$  - время между первым и вторым циклами расширения /рис. 1б/,  $t_{в}$  - время восстановления начальных параметров рабочей жидкости,  $t_{р}$  - длительность цикла расширения,  $t_{к}$  - время конденсации паразитных пузырей,  $t_{д}$  - время диссипации тепла.

Время конденсации существенно больше времени диссипации и зависит прежде всего от размеров пузырька и переохлаждения жидкости, или иначе, от превышения давлением жидкости равновесного ( $\Delta P_{в}$ ) при данной температуре /7,8/. Увеличение  $\Delta P_{в}$  при выбранной температуре

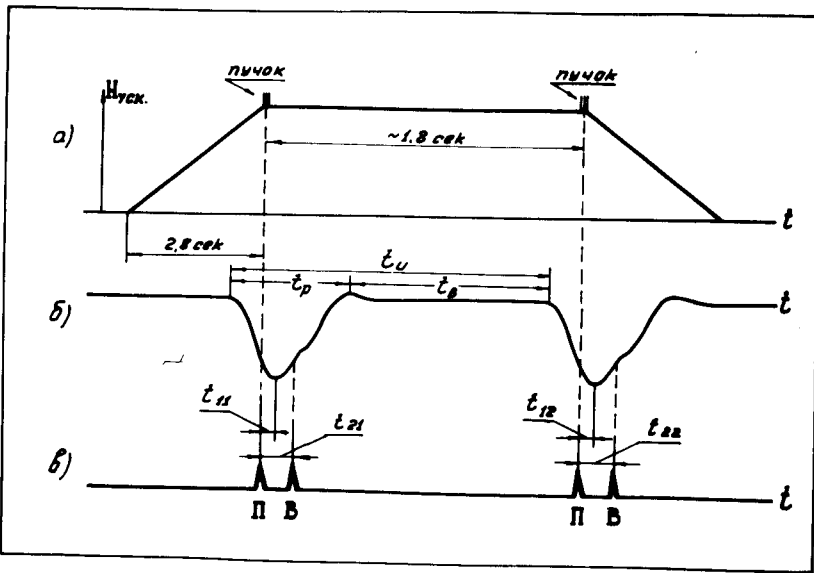


Рис. 1. а/ Схема синхронизации; б, в/ время между импульсом пучка частиц /П/, поступающим от счетчика перед камерой, и импульсом кривой расширения.

требует для сохранения чувствительности рабочей жидкости увеличения степени расширения ( $\epsilon$ ), что обычно ограничивается конструктивными особенностями.

В первых кратковременных испытаниях установки в режиме двоянного цикла /декабрь 1972 года/ удалось достигнуть устойчивой работы системы расширения с  $t_{и} = 600$  мс. Анализ полученных при этом снимков рабочего объема показал, что  $t_{и} = 600$  мс  $<$   $t_{в} + t_{р}$  - на фотографиях наблюдался существенный фон от паразитных пузырей.

Дальнейшие исследования показали, что при  $t_{и} = 850$  мс,  $\Delta P_{в} = 1,5$  кгс/см<sup>2</sup>,  $T = 26^{\circ}K$  /температура рабочей жидкости/ условие /1/ выполняется, однако необходимая чувствительность камеры не обеспечивается из-за недостаточной величины  $\epsilon$ . Поэтому увеличение  $t_{и}$  в пределах, ограниченных режимом работы ускорителя, является наиболее простым путем устранения негативного влияния паразитных пузырей на качество фотографий второго цикла.

Исходя из изложенного, в дальнейших испытаниях были приняты значения  $t_{и} = 1,5; 1,8; 2,1$  секунды.

### III. Испытания

Блок-схема управления установкой при испытаниях в режиме двух расширений приведена на рис. 2.

Система синхронизации обеспечивала управление электронными системами всего комплекса установки относительно магнитного поля ускорителя / $H_{уск.}$ , рис. 1а/ и системы быстрого вывода /БВ/ пучка частиц из кольца

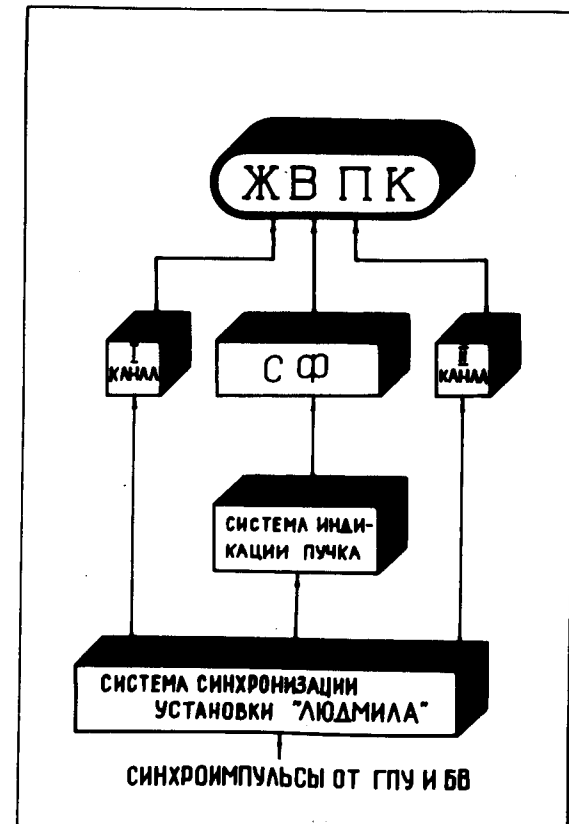


Рис. 2. Блок-схема управления в режиме двух расширений.

ускорителя /9,10/ Запуск системы синхронизации осуществлялся синхроимпульсами, поступающими от главного пульта ускорителя /ГПУ//11/.

Запуск электромеханических устройств системы расширения производился электронными системами установки по двум каналам. Такое разделение обеспечивало независимость настройки каждого цикла расширения рабочей жидкости относительно пучка частиц / $t_{11}, t_{12}$  /, где  $t_{1j}$  - время между импульсом пучка частиц /П/, поступающим от счетчика перед камерой, и минимумом кривой расширения /рис. 1б, 1в/,  $j$  - порядковый номер цикла расширения.

Управление работой системы фотографирования /СФ/ - протяжка пленки, вспышка импульсных ламп, подсвет прижимных крестов и подсвет табло служебной информации - осуществлялось по одному каналу относительно импульса пучка П, обеспечивая тем самым равенство

$$t_{21} = t_{22},$$

где  $t_{2j}$  - время между импульсом пучка П и моментом вспышки в импульсных лампах /рис. 1в/.

На начальной стадии испытаний был принят режим одного расширения в цикле ускорителя, обеспечивающий достаточно высокое качество треков. Параметры этого режима приведены в таблице.

Для сокращения времени конденсации  $\Delta P_B$  было увеличено до  $0,9 \text{ кгс/см}^2$ , а сохранение чувствительности камеры при этом достигнуто увеличением  $\epsilon$  до 1,25%. После этих изменений осуществлено двойное расширение и фотографирование треков частиц. Просмотр отснятых снимков показал, что одинаковая чувствительность в обоих циклах была достигнута при соотношении

$$\epsilon_1 / \epsilon_2 = 1,20 / 1,10/.$$

Все параметры режима работы установки во время испытаний приведены в таблице.

В этом режиме производилась съемка треков частиц от двух сбросов пучка, осуществляемых системой БВ в одном цикле работы ускорителя. Настройка и контроль режима проводились по осциллограммам  $p-\epsilon$ . Типовые осциллограммы показаны на рис. 3.

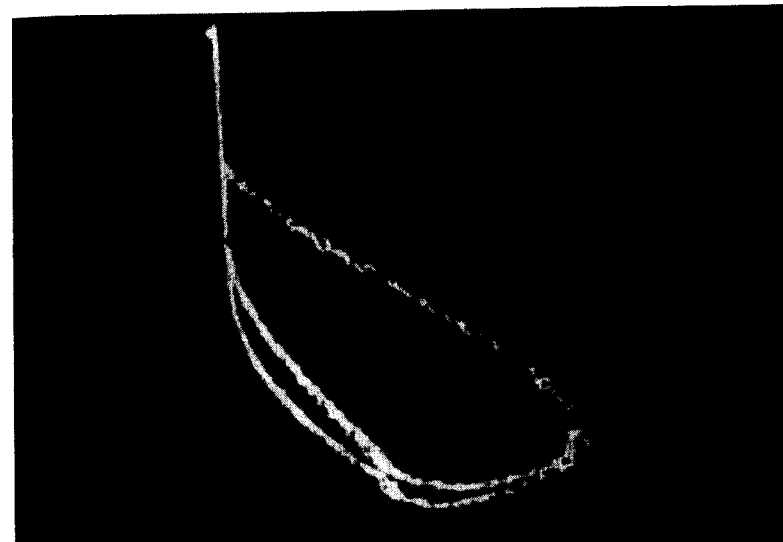


Рис. 3. Осциллограмма настройки и контроля режима при двух расширениях.

На рис. 4 приведены фотоснимки, полученные в первом и втором расширениях камеры.

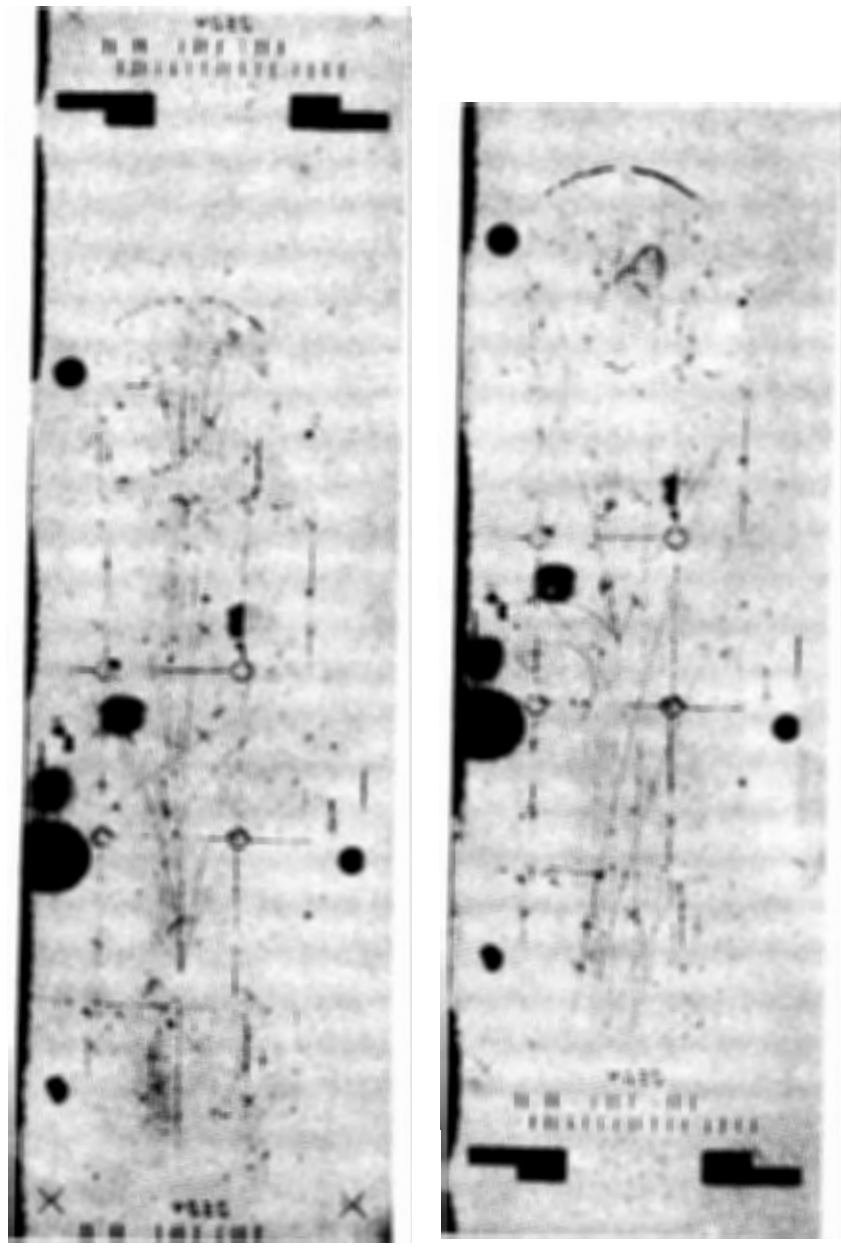
#### IV. Выводы

1. Системы расширения и термостабилизации обеспечивают возможность стабильной и длительной работы установки в режиме двух расширений. При этом стабильность температуры и давления рабочей жидкости не хуже, чем при работе с одним расширением.

2. При работе с параметрами, приведенными в таблице, обеспечивается выполнение условия /1/.

3. Качество треков в обоих циклах, по предварительной оценке, достаточно высокое.

Рис. 4. Снимок рабочего объема в первом и втором расширениях.



Таблица

Параметры	Одно расширение в рабочем цикле ускорителя	Два расширения в рабочем цикле ускорителя
	Временной интервал (с)	
	1,5	1,8 2,1
Температура рабочей жидкости, $T_{\text{кам.}}$ ( $K^{\circ}$ )	26,95	26,95
Давление рабочей жидкости, $P_{\text{кам.}}$ ( $кгс/см^2$ )	5,55	5,7 ÷ 5,9
Переохлаждение рабочей жидкости, $\Delta P_V$ ( $кгс/см^2$ )	0,6	0,75 ÷ 0,95
Степень расширения (%) $\epsilon_1$	1,18	1,20
	-	1,10
Время (мс)*		
$t_{11}$	-2	-3 ÷ 1
$t_{12}$	-	-3 ÷ 1
$t_{21} = t_{22}$	2,5	1,5 ÷ 4,0

\* (-) - минимум кривой давления в камере правее лучка;  
(+) - минимум кривой давления в камере левее лучка.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность И.М.Граменицкому за полезное обсуждение и активную поддержку работы, сотрудникам криогенного отдела Н.И.Баландикову, Е.И.Дьячкову, А.Г.Зельдовичу за полезные советы; сотрудникам отдела водородных камер ЛВЭ, серпуховского научно-экспериментального отдела и ЛВТА ОИЯИ, принимавшим участие в подготовке и проведении испытаний, сотрудникам ИФВЭ К.П.Мызникову, В.И.Котову и другим, обеспечившим два сброса пучка частиц на камеру в одном цикле ускорителя.

### *Литература*

1. И.В.Богуславский и др. ОИЯИ, 13-4466, Дубна, 1969.
2. В.А.Моисеев и др. ИФВЭ, ОП 73-7, Серпухов, 1973.
3. Н.Ф.Буланов и др. ОИЯИ, 13-7254, Дубна, 1973.
4. В.Н.Семенов, В.П.Руковичкин. ОИЯИ, 10-8462, Дубна, 1975.
5. Н.М.Вирясов, С.Высочил. ОИЯИ, 13-7253, Дубна, 1973.
6. Б.В.Батюня и др. ОИЯИ, 13-7615, Дубна, 1963.
7. Ю.А.Александров и др. ФИАН, А-131, Москва, 1961.
8. Ю.А.Александров и др. ПТЭ, №2, 113, Москва, 1963.
9. К.П.Мызников и др. ИФВЭ, СКУ 70-79, Серпухов, 1970.
10. А.А.Асеев и др. ИФВЭ, СКУ, 73-27, Серпухов, 1973.
11. А.И.Вагин и др. ИФВЭ, СКУ 68-26К, Серпухов, 1968.

*Рукопись поступила в издательский отдел  
7 января 1976 года.*