

СЗУ50+СЗУ50

Кириллов А.Ф. и др.

К-431

Б1-13-4675.



+

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б1-13-4675

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 19 69

Б1-13-4675

А.Д.Кириллов, В.И.Когов, Л.Н.Комолов,  
В.А.Кузнецов, Н.И.Малашкевич, Р.Т.Малашкевич,  
С.А.Нежданова, А.А.Повторейко, В.Н.Рамжин,  
И.Н.Семенюшкин, М.И.Яцута

ПУЧКИ ВТОРИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ  
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ЛВЭ ОИЯИ

с. 99. 2599

25 ноября 70

В настоящем справочнике собраны основные физические параметры каналов, формирующих пучки вторичных частиц на синхрофазотроне Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Дано краткое описание каналов и пучков без обоснования выбора оптической схемы канала, так как предполагается, что более подробное изложение можно найти в отчетах или препринтах.

Приведены параметры мишеней и начальные характеристики пучков, рассчитанные по стандартным программам I047-1, I047-2, I047-3 на ЭВМ.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- $P_0$  - рабочий импульс
- $\frac{\Delta P}{P_0}$  - интервал импульсов, выделяемых каналом
- $\Delta\Omega$  - входной телесный угол пучка
- $R$  - радиальное положение мишени
- $\varphi$  - азимутальное положение мишени
- $z_0$  - вертикальное положение мишени относительно средней плоскости камеры ускорителя
- $L_B$  - расстояние от фиктивной линзы до изображения мишени в вертикальной плоскости ( фиктивная линза вводится для учёта влияния краевых полюсов магнитов на пучок )
- $L_G$  - расстояние от фиктивной линзы до изображения мишени в горизонтальной плоскости
- $M_B$  - коэффициент увеличения фиктивной линзы в вертикальной плоскости
- $M_G$  - коэффициент увеличения фиктивной линзы в горизонтальной плоскости
- $D_0$  - начальная дисперсия пучка
- $D_{ик}$  - дисперсия пучка на импульсном коллиматоре
- $D_k$  - конечная дисперсия пучка
- $E_p$  - полная энергия первичных протонов, взаимодействующих с мишенью
- $\omega$  - угол вылета вторичных частиц из мишени
- $I_B$  - ширина изображения на полувьсоте в вертикальной плоскости
- $I_G$  - ширина изображения на полувьсоте в горизонтальной плоскости
- $\Psi_B$  - расходимость пучка в вертикальной плоскости

$\Psi_r$  - расходимость пучка в горизонтальной плоскости

$Z$  - коэффициент подавления  $(z = \frac{F_{\text{ФОНОВЫХ}}}{F_{\text{ПОЛЕЗНЫХ}} \cdot g})$

$g$  - коэффициент очистки

$\Delta \alpha$  - угловое разделение между сепарируемыми частицами

$\delta$  - линейное разделение между сепарируемыми частицами

$\eta$  - коэффициент сепарации

$V_B$  - коэффициент увеличения всей системы в вертикальной плоскости

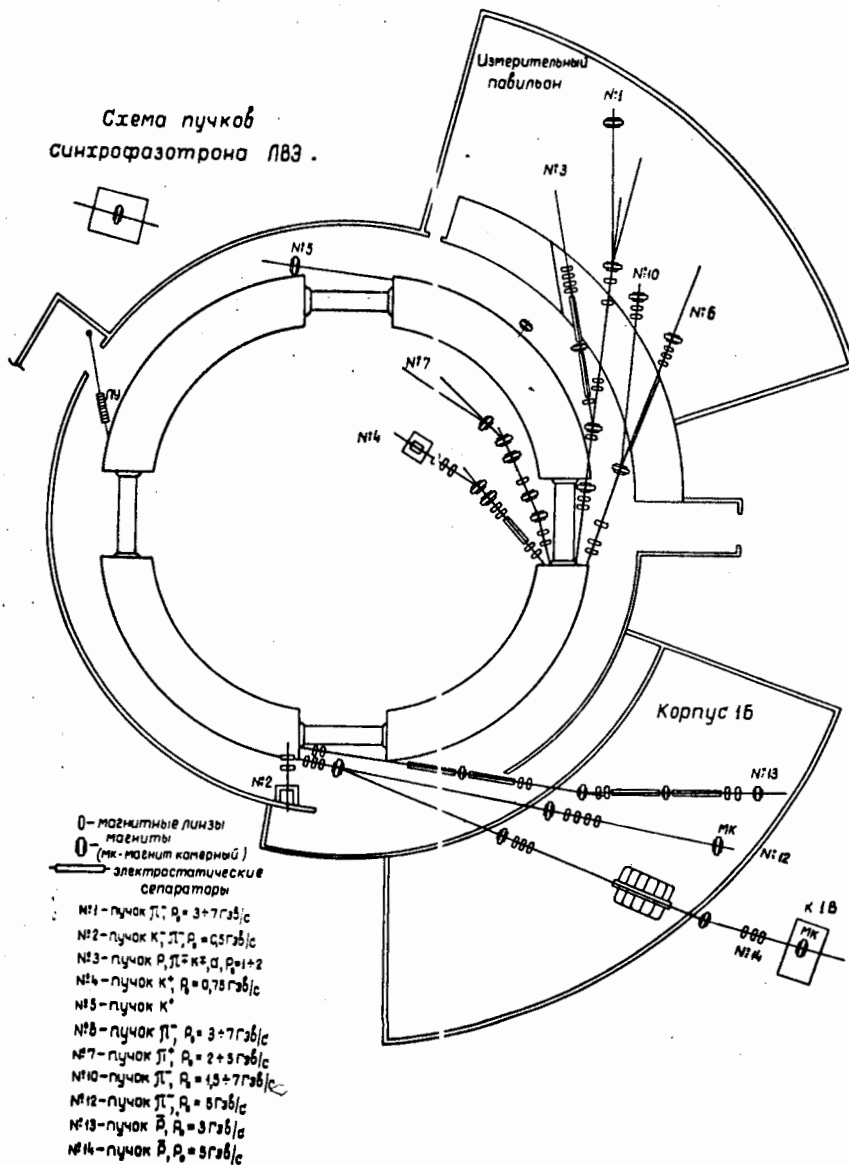
$V_r$  - коэффициент увеличения всей системы в горизонтальной плоскости

$F$  - интенсивность частиц в пучке на  $1 \cdot 10^{10}$  первичных протонов, сбрасываемых на мишень

$H$  - усредненная напряжённость магнитного поля в синхрофазотроне, при которой осуществляется сброс первичных протонов на мишень

$U_c$  - напряжение на пластинах сепаратора

Схема пучков  
синхрофазотрона ЛВЗ.



КАНАЛ № I

Канал формирует  $\pi^-$ - мезонный пучок с диапазоном импульсов 3-7 Гэв/с. Отличительной его особенностью является малая расходимость пучка на выходе.

Канал расположен в корпусе № I и измерительном павильоне, имеет длину 40 м (рис. I).

При работе в диапазоне импульсов 3-7 Гэв/с используются мишени 6P и IOP, установленные во 2 квадранте ускорителя. В таблице I приведены данные по мишеням и начальные характеристики пучка.

Таблица I

Ми- шень	Материал и размеры насадки	Координаты мишени	Параметры пучка на выходе из ускорителя							
			$L_B$	$L_r$	$M_B$	$M_r$	$D_0$	$P_0$	$E_P$	$\omega$
	мм <sup>3</sup>		м	м			$\frac{cm}{1\% \frac{\Delta P}{P_0}}$	Гэв/с	Гэв.	
IOP	латунь 3x3x100	$R = 27962$ мм $\varphi = 1,475$ рад $Z_0 = + 5$ мм	4,12	4,22	0,927	0,974	2,77	3,0 4,6	6,2 9,5	0°
6P	латунь 4x4x100	$R = 27845$ мм $\varphi = 1,449$ рад $Z_0 = + 11$ мм	4,83	4,95	0,932	0,976	3,06	7,0	10,6	0°

ПРИМЕЧАНИЕ: Переход с импульса 4,5 Гэв/с на 3 Гэв/с осуществляется за счёт уменьшения энергии первичных протонов, взаимодействующих с мишенью IOP.

Входная апертура пучка определяется коллиматором АК, установленным в первой линзе, и составляет около  $0,2 \cdot 10^{-3}$  стерад. Размеры щели коллиматора -  $140 \times 72$  мм<sup>2</sup>.

Предварительный анализ частиц по импульсу осуществляется магнитным полем ускорителя. Для внесения дополнительной дисперсии,

позволяющей выделить требуемый интервал импульсов, установлен магнит М1, угол поворота  $\pi$ - мезонов в котором составляет  $3^{\circ}$ . Суммарная линейная дисперсия на импульсном коллиматоре ИК равна  $9 \text{ мм/1\% } \frac{\Delta P}{P_0}$ . Коллиматор установлен между магнитом М2 и линзой Л4 и имеет размеры щели  $20 \times 13 \times 1000 \text{ мм}^3$ .

Оптическая схема канала (рис.2) выбрана таким образом, чтобы коэффициент увеличения всей системы в обеих плоскостях ( без учёта последней линзы) был значительно меньше 1.

В вертикальной плоскости канал состоит из двух объективов. Первый объектив (Л1, Л2, Л4 - ФДФ) переводит изображение мишени на коллиматор ВК, установленный перед линзой Л5. Коллиматор имеет размеры щели  $16 \times 120 \text{ мм}^2$  и служит для очистки пучка от рассеянных частиц на импульсном коллиматоре ИК. Второй объектив (Л5, Л6, Л7 - ДФД) формирует параллельный пучок. Общий коэффициент увеличения системы без учёта последней линзы Л7 равен 0,45.

В горизонтальной плоскости оптическая схема состоит из трёх объективов для первого варианта и двух объективов для второго.

Первый объектив (Л1, Л2 - ДФ) в обоих вариантах формирует изображение мишени на импульсном коллиматоре ИК. Второй объектив в I варианте (Л4, Л5-ДФ) создаёт промежуточное изображение между линзами Л5 и Л6, третий объектив (Л6, Л7 - ДФ) делает пучок параллельным. Наличие промежуточного изображения позволяет компенсировать угловую дисперсию пучка при повороте его магнитом М3 на  $8^{\circ}32'$  влево по ходу пучка. Коэффициент увеличения системы (без линзы Л7) равен 0,35, расходимость пучка  $\pm 1,2$  мрад.

Во 2 варианте система формирует пучок без промежуточного изображения. Второй объектив в этом случае состоит из 4 линз (Л4, Л5, Л6 и Л7 - ДФДФ). Магнитом М3 пучок отклоняется на  $7^{\circ}50'$



вправо. Расходимость пучка в этом варианте не превышает  $\pm 0.7$  мрад. Линза Л3 предназначена для увеличения силы дублета Л1, Л2 при работе с импульсами более 6 Гэв/с.

Магнит М2 в работе канала № I не участвует.

Основные параметры канала и пучка приведены в таблице 2.

Режим токов в линзах и магнитах канала дан в таблице 3.

Таблица 2

№ п/п	Параметры пучка	
1	$P_0$	3.7 Гэв/с
2	$\frac{\Delta P}{P_0}$	$\pm 0,01$
3	$\Delta \Omega$	$0,2 \cdot 10^{-3}$ стерад
4	$D_{ик}$	9мм/1% $\frac{\Delta P}{P_0}$
5	$D_k$	0
6	$I_v \times I_r$ ( I вариант)	60x60 мм <sup>2</sup>
7	$I_v \times I_r$ ( II вариант)	80x60 мм <sup>2</sup>
8	$\Upsilon_v$ и $\Upsilon_r$ ( I вариант)	$\pm 0,5$ и $0,7$ мрад
9	$\Upsilon_v$ и $\Upsilon_r$ ( II вариант)	$\pm 1,2$ и $1,5$ мрад
10	$F_{\pi}$	$3 \cdot 10^3$ ( " стол" - растяжка 300 мсек).

Таблица 3

Линза, магнит	Токи для $P_0 = 4,6$ ГэВ/с ( $H = 11282$ эрст)	
	I-й вариант	II-й вариант
Л1	286а	286а
Л2	774а	774а
М1	150а	150а
Л3	-	-
Л4	164а	164а
Л5	248а	174а
Л6	225а	142а
Л7	755а	296а
М3	640а	612а

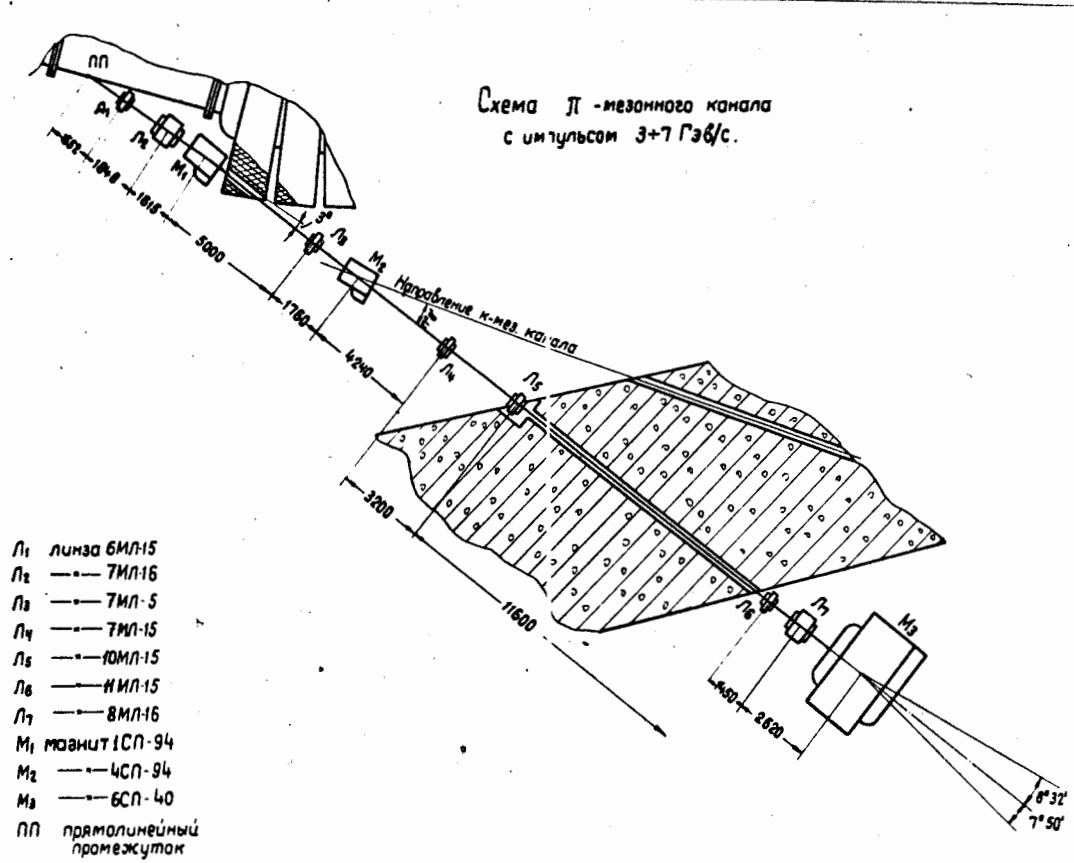


Рис. I.

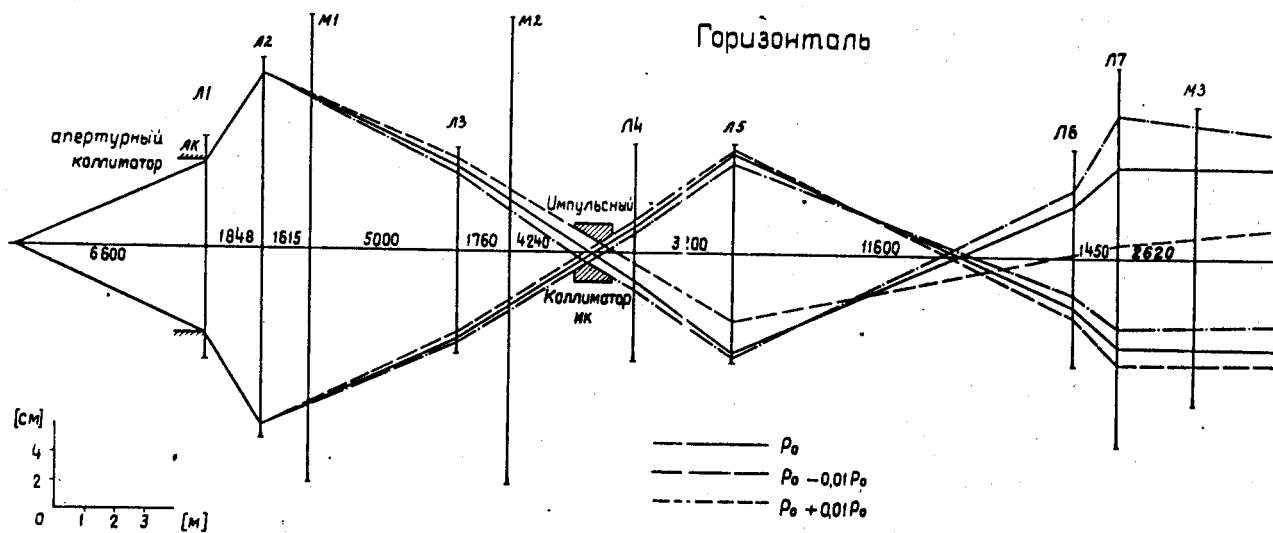
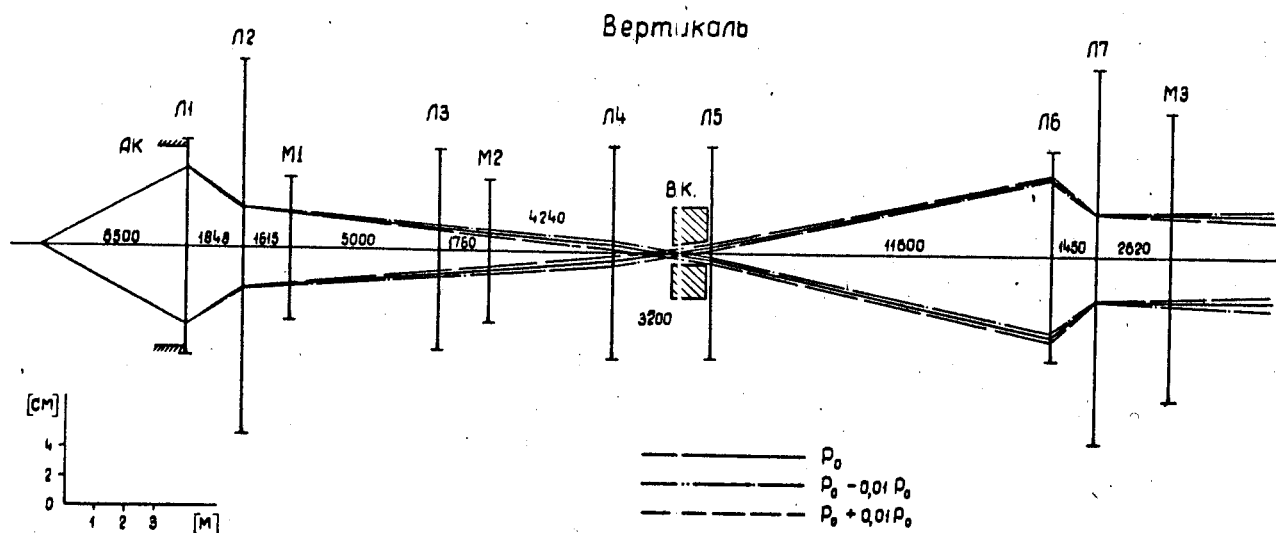


Рис.2. Оптическая схема канала.

КАНАЛ № 3

Канал имеет одну ступень электростатической сепарации. Формирует пучки  $\pi^{\pm}$ ,  $p$ ,  $K^{\pm}$ ,  $d$  в диапазоне импульсов 1-2 Гэв/с.

Протяженность его 39 м. Оборудование размещено в корпусе № I и амбразуре радиационной защиты, отделяющей измерительный павильон от главного корпуса.

Головная часть канала (Л1, Л2, М1) является общей с каналом № I.

Мишень I6P установлена в прямолинейном промежутке 2-го квадранта ускорителя вне магнитного поля.

Данные мишени и начальные характеристики пучка приведены в таблице I.

Таблица I

Мишень	Материал и размеры насадки	Координаты мишени	Параметры пучка на выходе из ускорителя							
			$L_B$	$L_r$	$M_B$	$M_r$	$D_0$	$P_0$	$E_p$	$\omega$
	мм <sup>3</sup>		м	м			$\frac{cm}{1\% \frac{\Delta P}{P_0}}$	Гэв/с	Гэв	
I6P	медь 4x4, 6x14	$R = 28287$ мм $\varphi = 1,56$ рад $Z_0 = 0$	1,93	1,91	1,02	0,95	0,26	2	9,06	20°

ПРИМЕЧАНИЕ: Переход на работу с импульсами меньше 2 Гэв/с осуществляется за счёт уменьшения энергии первичных протонов, взаимодействующих с мишенью.

Входная апертура канала  $1,1 \cdot 10^{-4}$  стерад.

Оптическая схема в вертикальной плоскости состоит из одного объектива (Л1, Л2, Л4, Л5, Л6, Л7, Л8 - ДФДФД), фокусирующего пучок на массовую цель, расположенную в 5 м от последней линзы (рис.2). Линзы Л1, Л2 и Л4 формируют параллельный пучок на

сепараторы С1 и С2, где осуществляется разделение частиц по скоростям в электростатическом поле напряженностью 46 кв/см. Общая длина пластин сепараторов - 11 м, зазор между пластинами - 7 см. Конец сепаратора С1 и начало сепаратора С2 опущены относительно оси канала на 4 см.

Магнит М3 компенсирует отклонение пучка в сепараторах и выводит его на ось канала.

В горизонтальной плоскости оптическая схема состоит из двух объективов. Первый объектив (Л1, Л2, Л4 - ФДФ) фокусирует пучок на импульсный коллиматор, установленный в магните М3. Второй объектив (Л5, Л6, Л7, Л8 - ФФД; линзы для увеличения оптической силы включены попарно в дублет) фокусирует пучок на массовую щель.

Изменение импульса или сорта частиц требует подбора напряжения на пластинах сепаратора для сохранения постоянства полного угла отклонения ( $\alpha = 2,84 \cdot 10^{-2}$  рад).

В таблицах 2 и 3 даны основные параметры пучка и токи в линзах и магнитах.

Таблица 2

№№ п/п	Параметры пучка	
1	$P_0$	$1,2 \text{ ГэВ/с}$
2	$\frac{\Delta P}{P_0}$	$\pm 0,01$
3	$\Delta \Omega$	$1,1 \cdot 10^{-1}$ стерад
4	$D_{ик}$	$2 \text{ см/1\% } \frac{\Delta P}{P_0}$
5	$\Delta \alpha_{p\pi}$	$0,49 \cdot 10^{-2}$ рад ( $U_c = 320 \text{ кв}$ )
6	$\Delta \alpha_{pd}$	$0,30 \cdot 10^{-2}$ рад ( $U_c = 200 \text{ кв}$ )
7	$\delta_{p\pi}$	24 мм
8	$\delta_{pd}$	47 мм
9	$\eta_{p\pi}$	3
10	$\eta_{pd}$	8

№ п/п	Параметры пучка
II	$g_{p\bar{p}}$ 0,03
I2	$\psi_B$ и $\psi_r$ $\pm 2,5$ и $\pm 13$ мрад
I3	$I_B \times I_r$ $6 \times 11$ мм <sup>2</sup>
I4	$V_B$ и $V_r$ 1,81 и 1,08
I5	$F$ $100 \mu$ , $500 \rho$ , $10 d$ (растяжка - 50 мсек).

Таблица 3

Линза, магнит	Токи для $P_0 = 1,6$ Гэв/с ( $H = 10708$ эрст)
Л1	114а
Л2	276а
М1	70а
Л3	-
М2	370а
Л4	191а
Л5, Л6	39а
Л7, Л8	97а
М3	53а

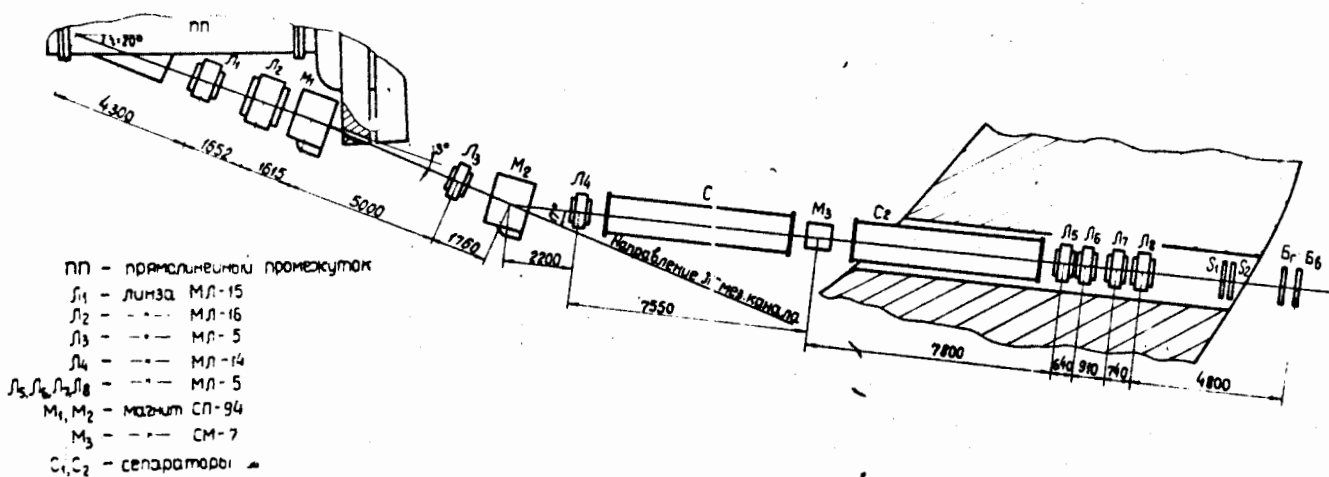


Рис.1. Общий вид канала.

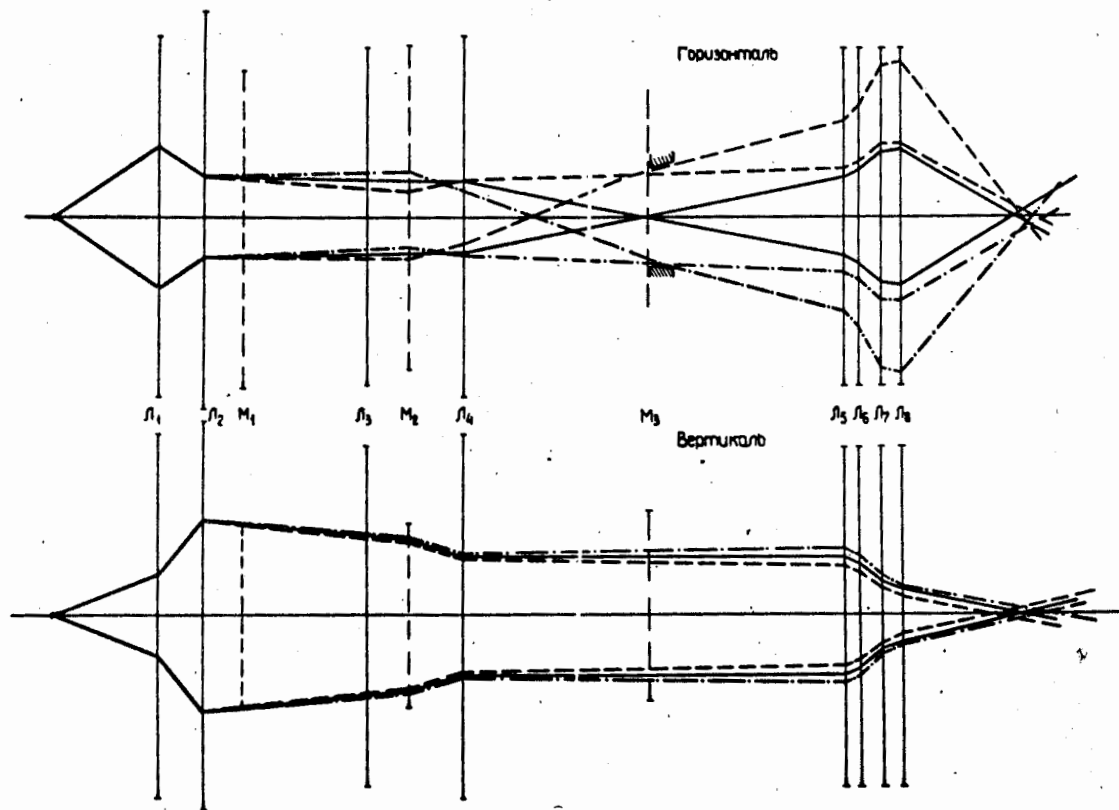


Рис.2. Оптическая схема канала.

КАНАЛ № 4

Канал формирует пучок  $K^+, \pi^+$ -мезонов с импульсом 0,75 Гэв/с. Его длина составляет 17,5 м. Оборудование канала расположено в корпусе № I внутри кольца синхрофазотрона (рис.1).

Для получения пучка  $K^+, \pi^+$  - мезонов с импульсом 0,75 Гэв/с используется мишень IOР, установленная во 2. квадранте ускорителя. Анализ частиц по импульсу осуществляется магнитным полем ускорителя. Основные данные мишени и начальные характеристики пучка приведены в таблице I.

Таблица I

Мишень	Материал и размеры насадки	Координаты мишени	Параметры пучка на выходе из ускорителя							
			$L_B$	$L_r$	$M_B$	$M_r$	$D_0$	$P_0$	$E_p$	$\omega$
	мм <sup>3</sup>		м	м			см/1% $\frac{\Delta P}{P_0}$	Гэв/с	Гэв	
IOР	латунь	$R = 27962$ мм $\varphi = 1,475$ рад $Z_0 = +5$ мм	2,56	8,57	0,51	3,81	5	0,75	10,2	$4^{\circ}54'$

На входе первой линзы установлен апертурный коллиматор АК с отверстием  $\phi$  7,5 см, ограничивающим входной телесный угол пучка до  $4,4 \cdot 10^{-4}$  стеррад.

Оптическая схема канала в обеих плоскостях состоит из двух объективов (рис.2). Первый объектив (Л1, Л2, Л3, Л4- ФДФД) переводит изображение мишени на коллиматор К-1, выполняющий функции массового и импульсного, с размерами щели 8 x 34 мм<sup>2</sup>.

Второй объектив (Л5, Л6, Л7 - ДФФ, где Л6 и Л7 для увеличения оптической силы включены последовательно) формирует изображение в



вертикальной плоскости внутри ксеноновой камеры, а в горизонтальной - на импульсном коллиматоре К-2, установленном перед камерой.

Канал имеет две ступени сепарации. В первой ступени осуществляется разделение частиц по скоростям в электростатическом сепараторе с напряжённостью поля 46 кв/см. Длина пластин в сепараторе 2,75 м, расстояние между ними - 7 см. Линейное разделение на импульсном коллиматоре К-1 между  $K^+$  и  $\pi^+$  составляет 18 мм, угловое разделение  $-3 \cdot 10^{-3}$  рад, коэффициент сепарации - 3.

Во второй сепарационной ступени осуществляется импульсное разделение  $K^+$ ,  $\pi^+$  - мезонов. С этой целью в коллиматор К-1 помещен графитовый замедлитель (53 г с удельным весом  $1,7 \text{ г/см}^3$ ), при прохождении которого средний импульс  $K^+$  - мезонов снижается до 0,625 Гэв/с и  $\pi^+$  - мезонов до 0,670 Гэв/с. Разность импульсов в 0,045 Гэв/с между  $K^+$ ,  $\pi^+$  - мезонами позволяет получить с помощью магнита М2 (угол поворота  $\pi^+$  -  $27^\circ 30'$ ,  $K^+$  -  $30^\circ$ ) и второго объектива линз пространственное разделение частиц на коллиматоре К-2, равное 6 см.

Так как в канале нет магнитов, компенсирующих отклонение пучка в поле сепаратора, весь канал, кроме первых двух линз, выставлен под углом 0,02 рад к горизонту. Небольшая корректировка положения пучка в вертикальной плоскости осуществляется магнитом М1.

В таблицах 2 и 3 приведены основные параметры пучка и токи в линзах и магнитах канала.

Таблица 2

№№ п/п	Параметры пучка	
1	$P_0$	0,75 Гэв/с
2	$\frac{\Delta P}{P_0}$	$\pm 0,01$
3	$\Delta \Omega$	$4,4 \cdot 10^{-4}$ стерад
4	Ив х I г на К-1	$8 \times 35 \text{ мм}^2$
5	$\delta_{к\gamma}$ на К-1	18 мм
6	$\Delta \alpha$ в I ступени	$3 \cdot 10^{-3}$ рад
7	Ив х I г на К-2	$40 \times 50 \text{ мм}^2$
8	$\delta_{к\gamma}$ на К-2	60 мм
9	$D$ на К-1	$1,7 \text{ см} / 1\% \frac{\Delta P}{P_0}$
10	$D$ на К-2	$0,8 \text{ см} / 1\% \frac{\Delta P}{P_0}$
11	$\eta$	3
12	$\zeta$	$2 \cdot 10^3$
13	$\vartheta$	10
14	$F_{\text{якр}}$	$2 \cdot 10^4$ (растяжка - 30 мсек).

Таблица 3

Линза, магнит	Токи для $P_0 = 0,75$ Гэв/с ( $H = 12114$ эрст)
Л1	209а
Л2	253а
Л3	268а
Л4	246а
М1	9а
М2	345а
Л5	279а
Л6	150а
Л7	150а



Оптическая схема  
 $K^+$ - мезонного пучка импульса  $0,75 \Gamma_{3B/c}$   
 (Вертикальная плоскость)

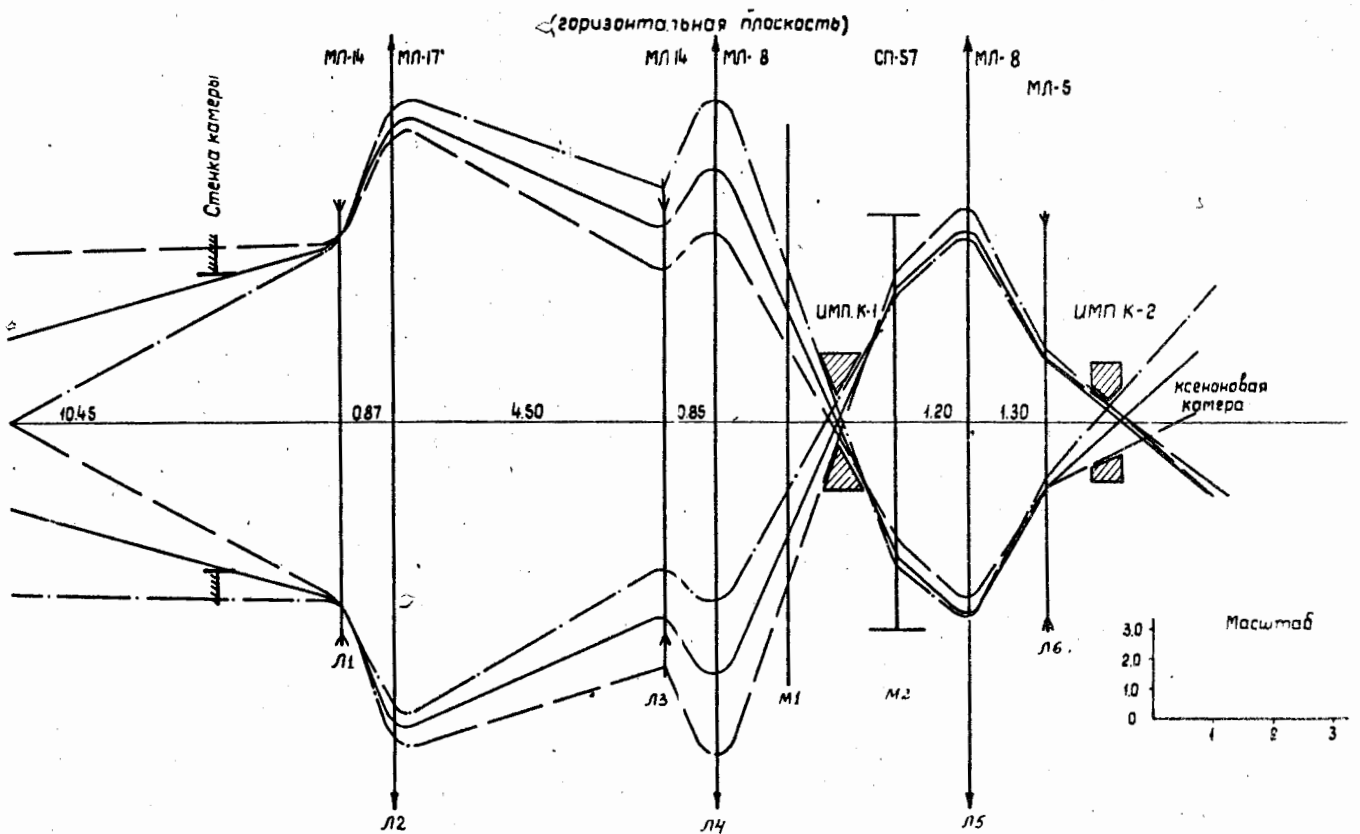
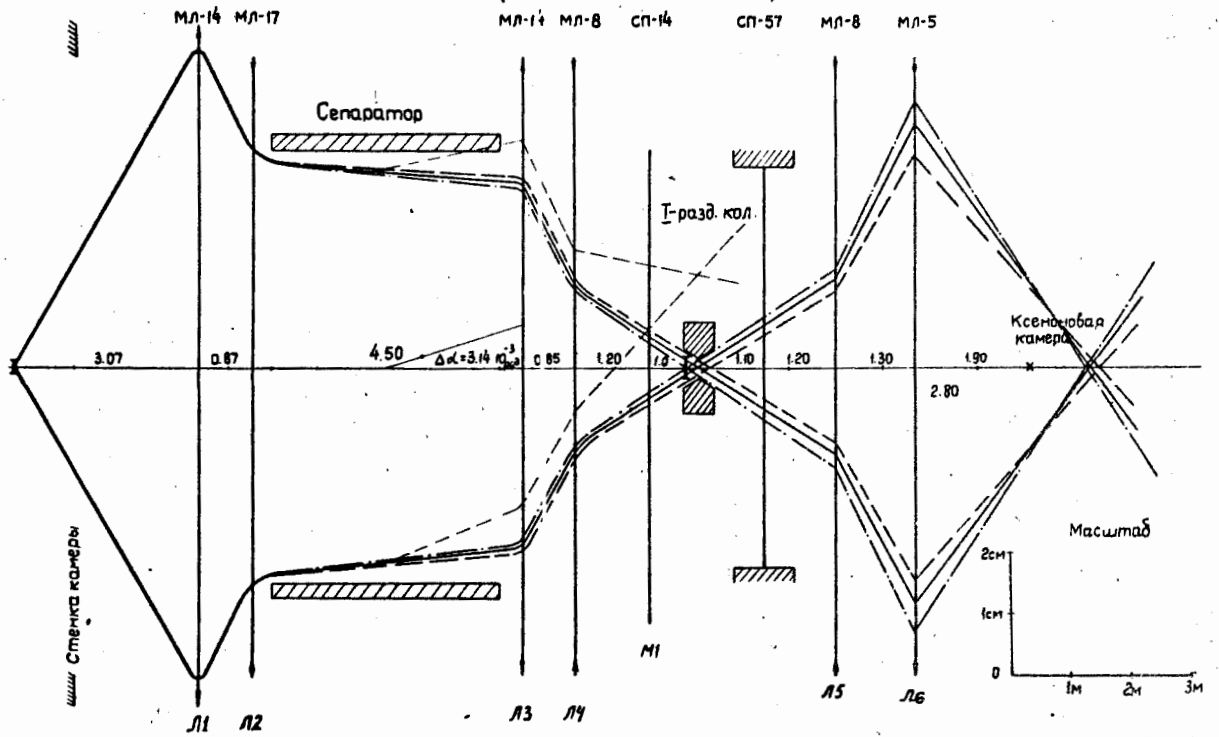


Рис. 2.

КАНАЛ № 6

Канал формирует пучок  $\pi^-$  - мезонов с диапазоном импульсов 3+7 Гэв/с.

Канал длиной 40 м расположен в корпусе № I и измерительном павильоне (рис. I).

Для получения пучка  $\pi^-$  - мезонов с импульсом 4 Гэв/с используется мишень 9P, установленная во 2 квадранте ускорителя. В таблице I приведены данные мишени и начальные характеристики пучка.

Таблица I

Ми- шень	Материал и размеры насадки	Координаты мишени	Параметры пучка на выходе из ускорителя							
			$L_b$	$L_r$	$M_b$	$M_r$	$D_0$	$P_0$	$E_p$	$\omega$
			м	м			мм/1% $\frac{dP}{P_0}$	Гэв/с	Гэв	
9P	латунь 5x5x100	$R=28225$ мм $\gamma=1,42$ рад $\pm_0=+6$ мм	3,996	7,67	0,651	1,65	12	4	9,2	0°

ПРИМЕЧАНИЕ: Мишень 9P рассчитана на работу с импульсами до 4,6 Гэв/с. Переход на импульсы выше 4,6 Гэв/с требует установки новой мишени.

Импульсный анализ частиц в пучке осуществляется магнитным полем ускорителя.

Входной телесный угол равен  $0,45 \cdot 10^{-3}$  стеррад и определяется апертурным коллиматором АК, щель которого -  $130 \times 240$  мм<sup>2</sup>.

Оптическая схема канала состоит из двух объективов. Первый

объектив (Л1, Л2, Л3 - ФФД, где Л1 и Л2 для увеличения оптической силы включены последовательно) фокусирует пучок в обеих плоскостях на импульсном коллиматоре ИК, установленном перед вторым объективом. Коллиматор имеет размеры щели 180x30 мм<sup>2</sup> и выделяет пучок с импульсом  $P_0 \pm 0,015 \cdot P_0$  и дисперсией  $I \text{ см/1\% } \frac{\Delta P}{P_0}$  (рис.2).

Второй объектив (Л4, Л6 - ДФ) фокусирует пучок в обеих плоскостях за компенсирующим магнитом М2. Угол отклонения частиц в магните составляет 8°. В результате пучок на выходе канала имеет скомпенсированную дисперсию.

В таблицах 2 и 3 даны основные параметры пучка и режим токов в линзах и магнитах канала.

Таблица 2

№ п/п	Параметры пучка	
1	$P_0$	3,7 Гэв/с
2	$\frac{\Delta P}{P_0}$	$\pm 0,015$
3	$\Delta \Omega$	$0,45 \cdot 10^{-3}$ стерад
4	$D_0$	$I \text{ см/1\% } \frac{\Delta P}{P_0}$
5	$I_v \times I_r$	$2 \times 4,5 \text{ см}^2$
6	$\psi_v, \psi_r$	не более $\pm 0,5^\circ$
7	$V_v$ и $V_r$	1,7 и 3,1
8	$F_x$	$13 \cdot 10^3$ ("стол"-растяжка 300мсек)

Таблица 3

Линза, магнит	Режим токов для $P_0 = 4$ ГэВ/с ( $H=1.0893$ эрст)
Л1	550а
Л2	550а
Л3	570а
М1	-
Л4	1050а
Л5	800а
М2	755а

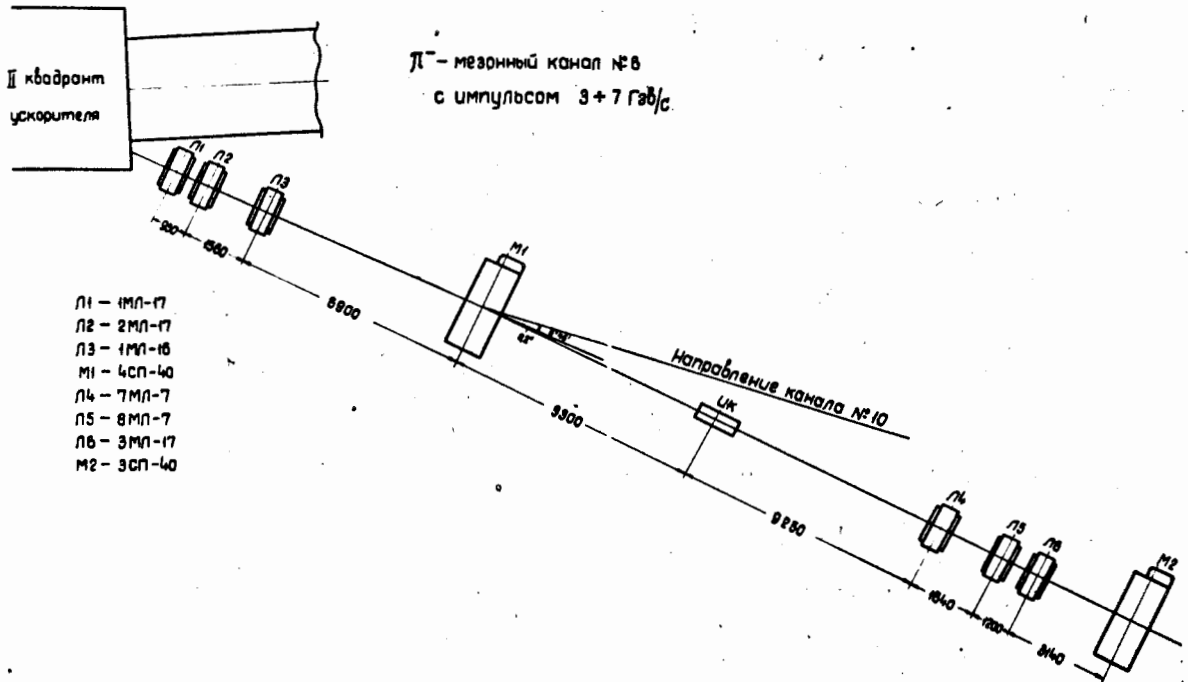


Рис. I.

Оптическая схема  $\pi^-$ -мезонного пучка с импульсом  $P_0 = 3.7 \text{ ГэВ}/c$

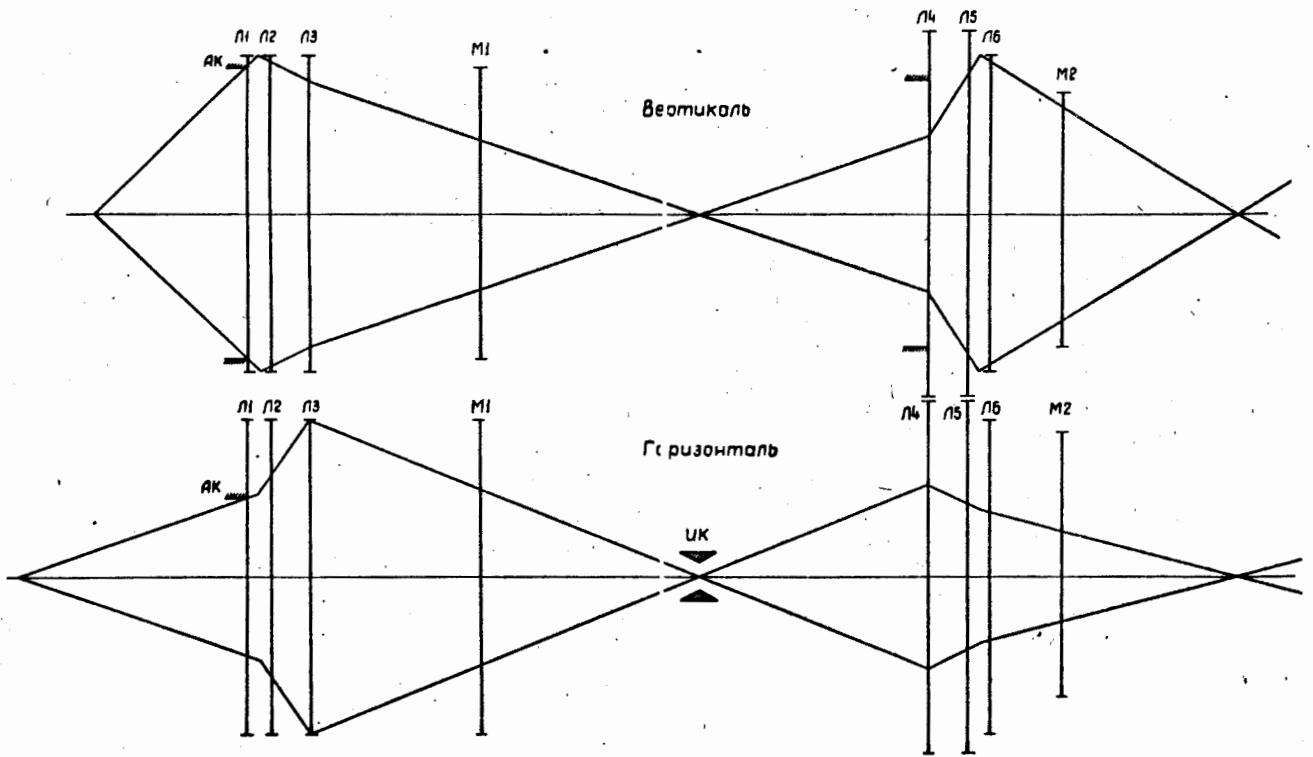


Рис. 2.



КАНАЛ № 7 х)

Канал формирует пучки  $\pi^+$ -мезонов с диапазоном импульсов 2-5 Гэв/с и предназначен для экспериментов с электроникой.

Канал расположен внутри кольца синхрофазотрона и имеет длину около 36 м (рис. I.).

Для получения пучка  $\pi^+$ -мезонов в указанном диапазоне используются мишени I4P и I7P, установленные во 2-м квадранте ускорителя. В таблице I приведены данные по мишеням и начальные характеристики пучка.

Таблица. I

Ми- шень	Материал и размеры насадки	Координаты мишени	Параметры пучка на выходе из ускорителя							
			$L_b$	$L_r$	$M_b$	$M_r$	$D_0$	$P_0$	$E_p$	$\omega$
	мм <sup>3</sup>		м	м			см/1% $\frac{\Delta P}{P_0}$	Гэв/с	Гэв	
I4P	дюраль 4x15x150	$R = 28150$ мм $\varphi = 1,399$ рад $Z_0 = +10$ мм	2,05	-16,2	0,39	2,84	5,15	2,0 4,1	4,9 10,05	0°
I7P	латунь 4x5x100	$R = 27870$ мм $\varphi = 1,296$ рад $Z_0 = +5$ мм	2,6	-15,6	0,30	2,0	5,30	4,2 4,85	9,2 10,6	0°

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Переход с импульсов 4,1 Гэв/с на 2 Гэв/с и с 4,85 Гэв/с на 4,2 Гэв/с осуществляется за счёт уменьшения энергии первичных протонов, взаимодействующих с мишенями I4P и I7P.

Анализ частиц по импульсу производится магнитным полем ускорителя. Входная апертура канала составляет около  $1 \cdot 10^{-4}$  стерад.

х) Данные по каналу взяты из препринта I3-3319 ( А.С.Вовенко и др.).

В вертикальной плоскости оптическая схема канала состоит из одного объектива (Л1, Л2, Л3, Л4 - ФДФД), фокусирующего пучок на водородную мишень  $H_2$  (рис.2).

В горизонтальной плоскости схема состоит из двух объективов. Первый объектив (Л1, Л2, Л3 - ДФД) фокусирует пучок на импульсном коллиматоре, установленном вблизи линзы Л3. Второй объектив (Л4 - Ф) переводит изображение на водородную мишень  $H_2$  (рис.3). Импульсный коллиматор, щель которого 25 мм, выделяет пучок с импульсом  $P_0 \pm 0,01 \cdot P_0$ . Магниты М1 и М2 выводят пучок на нужное направление и очищают его от фоновых частиц.

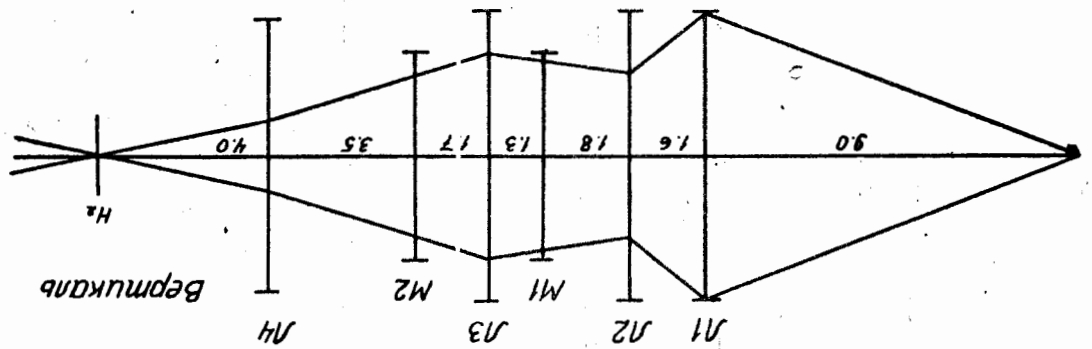
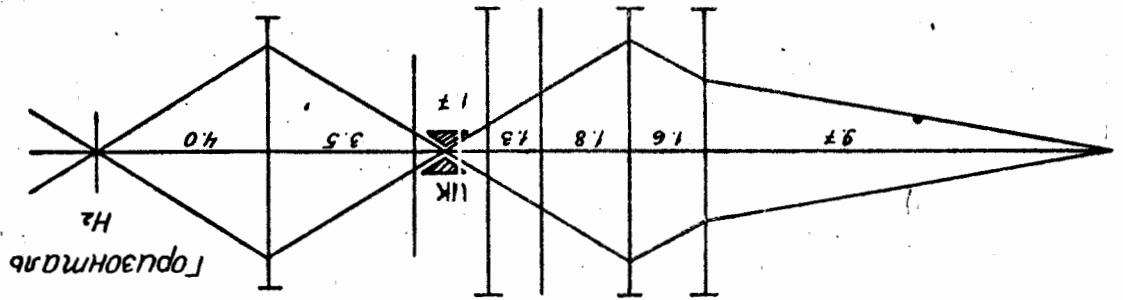
На канале проводились измерения энергетической зависимости дифференциальных сечений упругого  $\pi^+p$ - рассеяния на угол  $180^\circ$ .

В таблицах 2 и 3 даны соответственно основные параметры пучка и режим токов в линзах и магнитах канала.

Таблица 2

№ п/п	Параметры пучка	
1	$P_0$	2,5 Гэв/с
2	$\frac{\Delta P}{P_0}$	$\pm 0,01$
3	$\Delta \Omega$	$1 \cdot 10^{-4}$ стерад
4	$D_{ик}$	12 мм / $1\% \frac{\Delta P}{P_0}$
5	$I_v \times I_\Gamma$	40x25 мм <sup>2</sup>
6	$\gamma_v$ и $\gamma_\Gamma$	6 и 16 мрад
7	$V_v$ и $V_\Gamma$	2,25 и 0,55
8	$F_{\pi^+}$	для 2 Гэв/с - 800 до 2,5 Гэв/с - 2000 выше 3,51 Гэв/с - 2000+5000

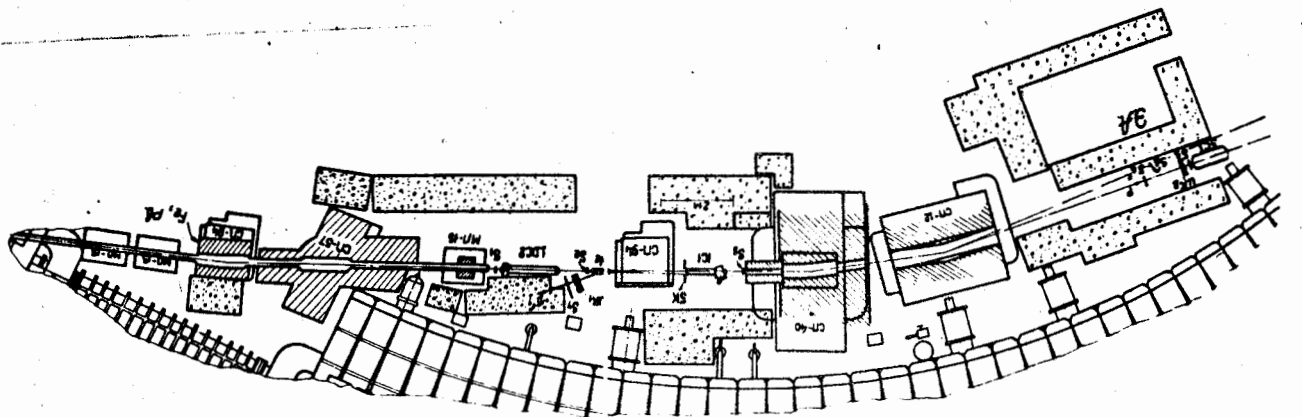
Рис. 2.



Омшечская схема канала П + с  $R = 2 \div 5 \text{ габ/с}$

Схема расположения канала с импьюльсом 2+5 габ/с. М - мезонов

Рис. 1.



КАНАЛ № 10 х)

Канал формирует пучки  $\pi^-$ - мезонов с диапазоном импульсов 1,5-7 Гэв/с. Оборудование канала размещено в корпусе № 1 и измерительном павильоне и имеет длину 40 м (рис.1).

Для пучка  $\pi^-$ - мезонов с диапазоном импульсов 4-6 Гэв/с используются мишени 5P и 9P, установленные во 2-м квадранте ускорителя.

Основные характеристики мишеней и начальные параметры пучка приведены в таблице 1.

Таблица 1

Мишень	Материал и размеры насадки	Координаты мишени	Параметры пучка на выходе из ускорителя							
			$L_E$	$L_r$	$M_b$	$M_r$	$D_0$	$P_0$	$E_p$	$\omega$
			м	м			$\frac{cm}{1\% \frac{\Delta P}{P_0}}$	Гэв/с	Гэв	
5P	латунь 3x5x100	$R=28037$ мм $\varphi=1,389$ рад $Z_0=0$	5,45	9,67	0,676	1,57	1,18	5,0 6,0	8,85 10,6	0°
9P	латунь	$R=28225$ $\varphi=1,42$ рад $Z_0=+6$ мм	3,40	7,67	0,651	1,65	1,20	4,0	8,95	0°

Предварительный анализ частиц по импульсу осуществляется магнитным полем ускорителя.

Головная часть канала (Л1, Л2 и Л3) является общей с каналом № 6.

Оптическая схема состоит из двух объективов в обеих плоскостях.

х) Данные по каналу взяты из препринта 13-3503.

Первый объектив (Л1, Л2, Л3 -ФФК) образует промежуточное изображение мишени: в горизонтальной плоскости - на импульсном коллиматоре ИК, а в вертикальной плоскости - перед ним (рис.2 и 3). Коллиматор, размер щели которого  $130 \times 25 \text{ мм}^2$ , выделяет пучок с интервалом импульсов  $P_0 \pm 0,013 \cdot P_0$ .

Второй объектив (Л4, Л5-ФД) фокусирует пучок на водородную мишень  $S1$  в обеих плоскостях. Размеры пучка не превышают  $40 \times 20 \text{ мм}^2$ .

Магнит М1 поворачивает пучок на угол  $6^{\circ}45'$ . Линейная дисперсия, вносимая этим магнитом, противоположна по знаку начальной дисперсии, а величина подбирается такой, чтобы выделить нужный интервал импульсов коллиматором (коллиматор установлен перед последним объективом на расстоянии 3 м от линзы Л4 и имеет размер щели  $130 \times 23 \times 2000 \text{ мм}^3$ ).

Магнит М2, поворачивая пучок на  $5^{\circ}30'$ , полностью компенсирует дисперсию.

На канале проведены исследования радиационных распадов бозонных резонансов на пучке  $\pi^-$ - мезонов с импульсом 4 Гэв/с и измерения  $\rho \pi^-$ - рассеяния вблизи  $180^{\circ}$  в пучке  $\pi^-$ - мезонов с диапазоном импульсов 4-6 Гэв/с.

Основные параметры пучка и режим токов в линзах и магнитах приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

№ п/п	Параметры пучка	
1	$P_0$	1,5-7 Гэв/с
2	$\frac{\Delta P}{P_0}$	$\pm 0,013$
3	$\Delta \Omega$	$0,45 \cdot 10^{-3}$ стерад
4	$D_{ик}$	$0,9 \text{ см/1\% } \frac{\Delta P}{P_0}$
5	$D_k$	скомпенсирована
6	$I_v$ и $I_r$	$40 \times 30 \text{ мм}^2$
7	$\psi_v$ и $\psi_r$	не более $\pm 0,35^{\circ}$
8	$V_v$ и $V_r$	3,5 и 1
9	$F$	$1 \cdot 10^4$ ("стол" -растяжка 300 мсек)

Таблица 3

Линза магнит	Токи для $P_0 = 4$ ГэВ/с ( $H=10600$ эрст)
Л1	564а
Л2	564а
Л3	584а
М1	490а
Л4	225а
Л5	252а
М2	255а </td

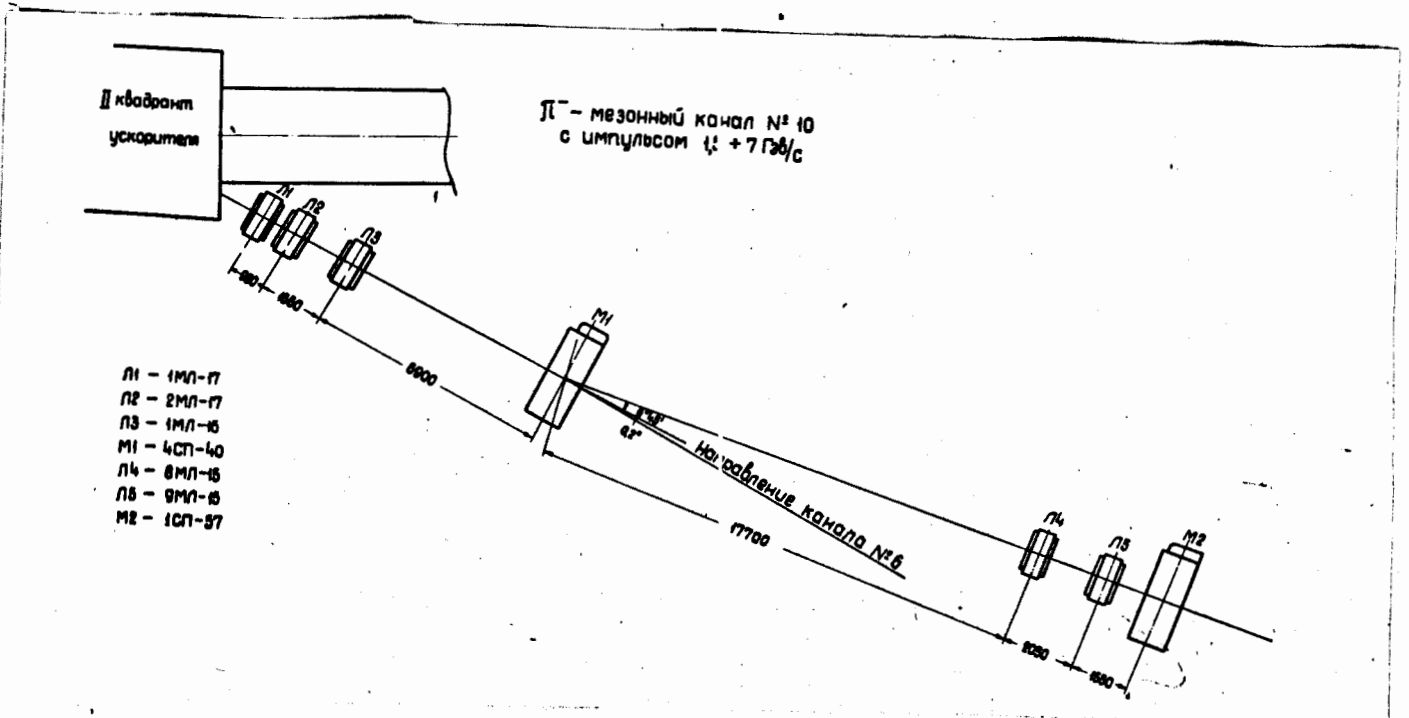


Рис. I.

Оптическая схема  $\pi^-$  мезонного пучка  
импульсов  $1,5 \div 7$  ГэВ/с.  
(Вертикальная плоскость)

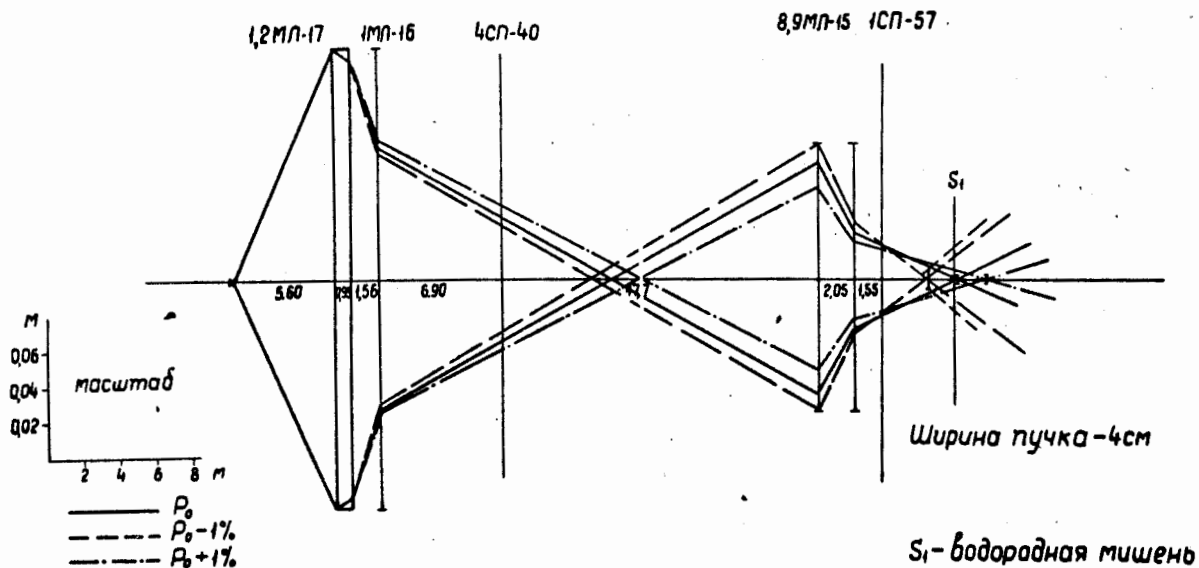


Рис. 2.

Оптическая схема  $\pi^-$  мезонного пучка  
импульсов  $1,5 \div 7$  ГэВ/с.  
(Горизонтальная плоскость)

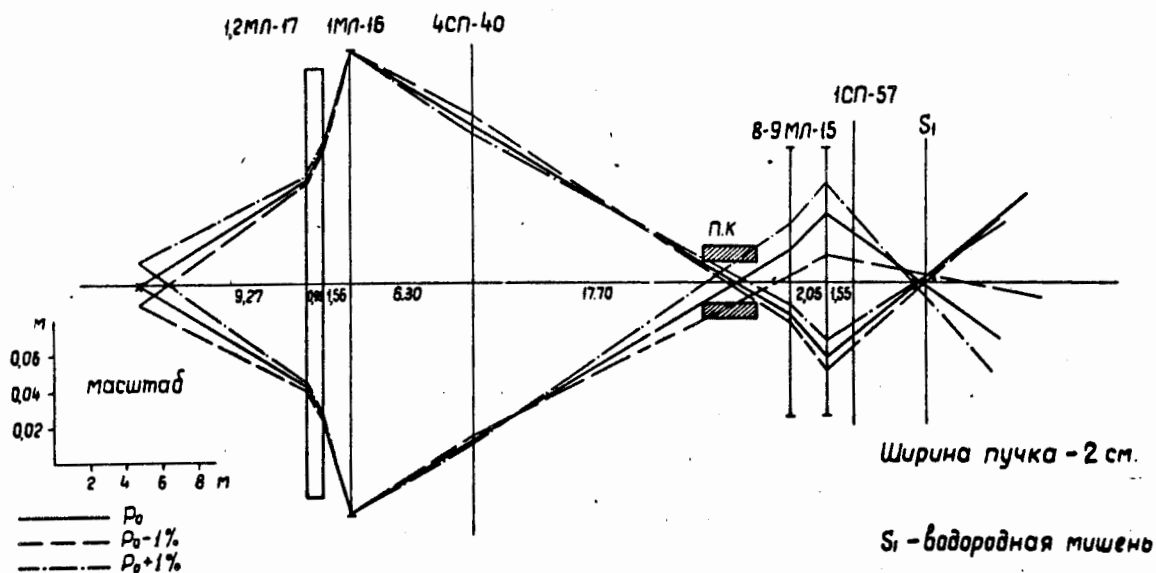


Рис. 3.

КАНАЛ № 12<sup>х</sup>)

Канал предназначен для формирования пучков  $\pi^-$ - мезонов с диапазоном импульсов 3-7 Гэв/с. На рис. I дан общий вид канала, который расположен в корпусах № I и № IB и имеет длину около 60 м.

Для получения пучков  $\pi^-$ - мезонов в указанном диапазоне использовалась плунжерная мишень 2В, основные характеристики которой и начальные параметры пучка приведены в таблице I.

Таблица I

Мишень	Материал и размеры насадки	Координаты мишени	Параметры пучка на выходе из ускорителя							
			$L_B$	$L_r$	$M_B$	$M_r$	$D_0$	$P_0$	$E_p$	$\omega$
	мм <sup>3</sup>		м	м			см/1% $\frac{\Delta P}{P_0}$	Гэв/с	Гэв	
2В	латунь	$R = 28100$ мм $Y = 1,3744$ рад $Z_0 = -35$ мм	4,5	12,5	1	2,33	0,5	4,85	10,06	0°

Анализ частиц по импульсу осуществляется магнитным полем ускорителя.

Головная часть канала является общей с каналом № 14. Оптическая схема состоит из двух объективов. Перед первым объективом установлен свинцовый коллиматор К1, размеры которого составляют 90x50x1000 мм<sup>3</sup>. Линзы Л1 и Л3 (ФДФ) фокусируют пучок в обеих плоскостях перед вторым объективом. Магнит М1 при работе канала не включается. Изображение мишени на импульсном коллиматоре К2 в

х) Данные по каналу представлены В.С.Кладницким.



горизонтальной плоскости составляет 60 мм, выделяемый интервал импульсов —  $P_0 \pm 0,02 \cdot P_0$ .

Второй объектив, состоящий из 4 линз Л4, Л5, Л6 и Л7 (ФФД), формирует пучок на камеру ПК-200. Размеры пучка на входе в камеру —  $50 \times 120 \text{ мм}^2$ .

Поворотный магнит М2 отклоняет пучок на угол  $15^\circ$ , частично компенсируя его дисперсию.

В таблицах 2 и 3 приведены основные данные пучка и режим токов в линзах и магнитах канала.

Таблица 2

№№ ПП	Параметры пучка	
1	$P_0$	3,7 ГэВ/с
2	$\frac{\Delta P}{P_0}$	$\pm 0,02$
3	$\Delta \Omega$	$0,21 \cdot 10^{-4}$ стерад
4	$D_{ик}$	$0,5 \text{ см} / 1\% \frac{\Delta P}{P_0}$
5	$I_v \times I_r$	на ИК $130 \times 50 \text{ мм}^2$
6	$I_v \times I_r$	перед камерой ПК-200 $50 \times 120 \text{ мм}^2$
7	$V_v$ и $V_r$	1,5 и 3
8	$F_{\pi}$	500 ( сброс - 2 мсек )

Таблица 3

Линза, магнит	Токи для $\rho_0 = 5,2$ Гэв/с ( $H = 11951$ эрст)
Л1	1200а
Л2	950а
Л3	1200а
М1	-
М2	780а
Л4	1000а
Л5	1000а
Л6	1000а
Л7	1000а

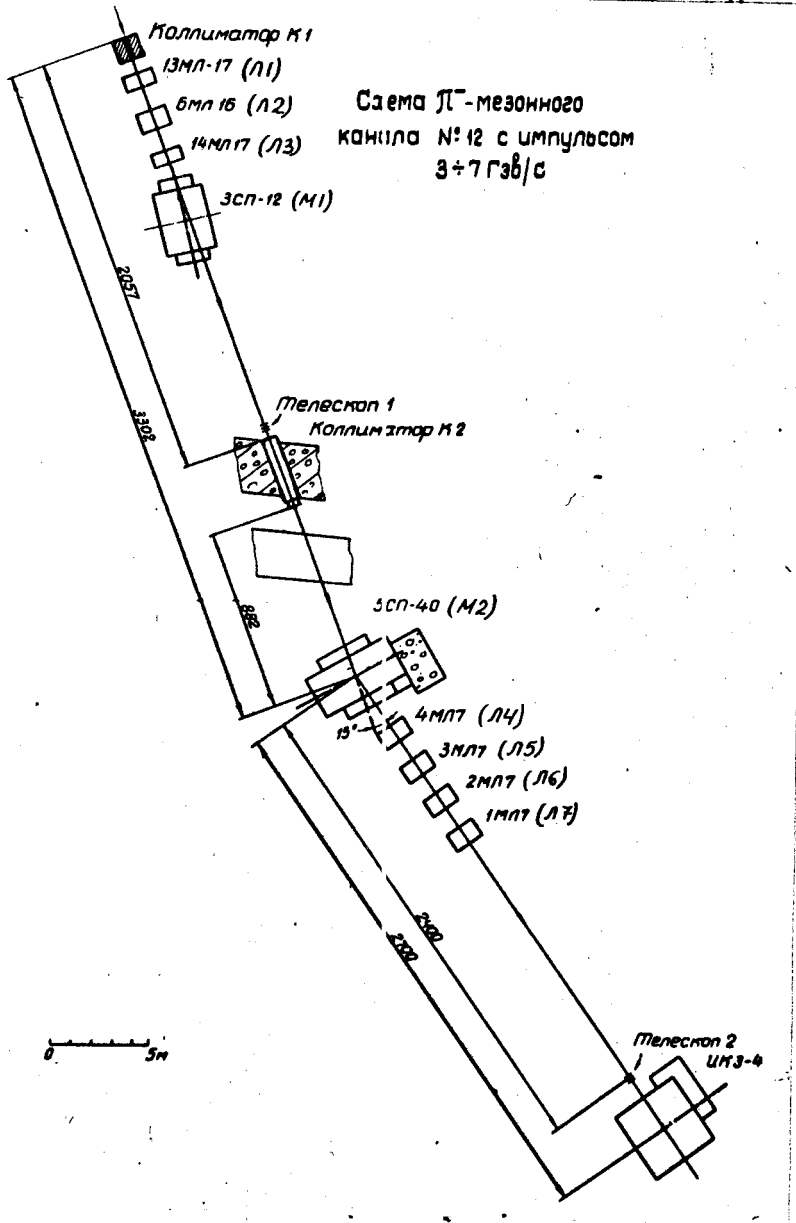


Рис. I.

К А Н А Л № 13

Канал длиной 64 м формирует пучки  $\bar{p}$ ,  $\bar{\pi}^-$ -мезонов с импульсом 2,7 Гэв/с. Расположен он в корпусах №1 и №1Б (рис.1.).

Мишень канала I5P установлена в I квадранте ускорителя, магнитным полем которого производится предварительный анализ частиц по импульсу.

Основные характеристики мишени и начальные данные пучка приведены в таблице № 1.

Таблица 1

Ми- шень	Материал и размеры насадки	Координаты мишени	Параметры пучка на выходе из ускорителя							
			$L_v$	$L_r$	$M_v$	$M_r$	$D_0$	$P_0$	$E_p$	$\omega$
	мм <sup>3</sup>		м	м			мм/ 1% $\frac{\Delta p}{p_0}$	Гэв/с	Гэв	
I5P	латунь 3x3x100	$R=27970$ мм $\varphi=1,482$ рад $Z_0=-25$ мм	3,93	4,17	0,844	0,949	4,3	2,78	10,16	0 <sup>0</sup>

Входной телесный угол канала, составляющий  $0,93 \cdot 10^{-4}$  стеррад, ограничен апертурным коллиматором А-1 со щелью  $28 \times 120$  мм<sup>2</sup>.

Особенностью канала является двухступенчатая электростатическая сепарация частиц. Каждая ступень сепарации состоит из двух бочек, общая длина которых 11 м. Расстояние между пластинами 7 см, напряженность электростатического поля между ними 50 кв/см.

В вертикальной плоскости оптическая схема канала состоит из двух объективов. Первый объектив (Л1, Л2, Л3, Л4-ДФФД) формирует изображение на массовой щели А-4, размеры которой  $5 \times 20$  мм<sup>2</sup>. После первой ступени сепарации (С1 и С2) угловое разделение между  $\bar{p}$  и  $\bar{\pi}^-$ -мезонами  $1,15 \cdot 10^{-3}$  рад, линейное разделение на А - 4-15 мм и коэффициент сепарации - 5.

Второй объектив (Л6, Л7, Л8, Л9 - ДФФД) фокусирует пучок на вторую массовую щель А-5, имеющую размеры  $5 \times 20 \text{ мм}^2$ . Линейное разделение между  $\bar{\rho}$  и  $\bar{\mu}$ - мезонами составляет 10 мм, а сепарационный фактор - 3.

В горизонтальной плоскости оптическая схема канала состоит из трёх объективов. Первый объектив (Л1, Л2-ФД) переносит изображение мишени на импульсный коллиматор А-3, установленный между сепараторами С1 и С2. Щель коллиматора равна 26 мм, пропускаемый интервал импульсов лежит в пределах  $P_{0 \pm 0,0065} \cdot P_0$ .

Второй объектив (Л4, Л5-ДФ) фокусирует пучок за массовой щелью А-4 перед магнитом М-1, компенсирующим дисперсию пучка. Угол поворота пучка в магните  $13^{\circ}40'$ .

Третий объектив (Л6, Л7, Л8, Л9-ФДДФ) формирует изображение мишени перед пропановой камерой. Дисперсия пучка на выходе канала полностью скомпенсирована.

Магниты М-1 и М-2 служат для компенсации вертикального отклонения пучка в сепараторах и выведения его на ось канала. Пластины в сепараторах С1, С2, С3 и С4 наклонены относительно оси канала на угол  $\frac{\alpha}{2} = 1,05 \cdot 10^{-2}$  рад (конец первой и начало второй боцек сепараторов каждой ступени подняты на 26 мм относительно оси).

В таблицах 2 и 3 даны основные параметры пучка и токи в линзах и магнитах.

Таблица 2

№ п/п	Параметры пучка	
I	$P_0$	2,72 ГэВ/с
2	$\frac{\Delta P}{P_0}$	$\pm 0,0065$
3	$\Delta \Omega$	$0,93 \cdot 10^{-4}$ стерад
4	$D_{ик}$	1,8 см/1% $\frac{\Delta P}{P_0}$
5	$I_B \times I_r$ (I ступень)	$3 \times 8 \text{ мм}^2$
6	$\Delta \alpha$	$1,1 \cdot 10^{-3}$ рад
7	$\delta$	15 мм
8	$\eta$	5
9	$I_B \times I_r$ (II ступень)	$3 \times 5 \text{ мм}^2$
10	$\delta$	10 мм
11	$\eta$	3
12	$D_k$	скомпенсирована
13	$V_B$ и $V_r$	0,64 и 1,52
14	$g$	0,18
15	$z$	5500
16	$F_{\bar{p}}$ и $F_p$	1000 и 1 (растяжка - 30 мсек)

Таблица 3

Линза, магнит	Токи для $P_0 = 2,72$ Гэв/с ( $H = 12086$ эрст)
Л1	413а
Л2	279а
КМ-1	52а
Л3	-
Л4	708а
Л5	957а
М1	372а
Л6	235а
Л7	172а
КМ-2	29а
Л8	1006а
Л9	1019а

Схема расположения оборудования  
антипротонного канала  
с  $\rho_s = 2,81$  ГэВ/с.

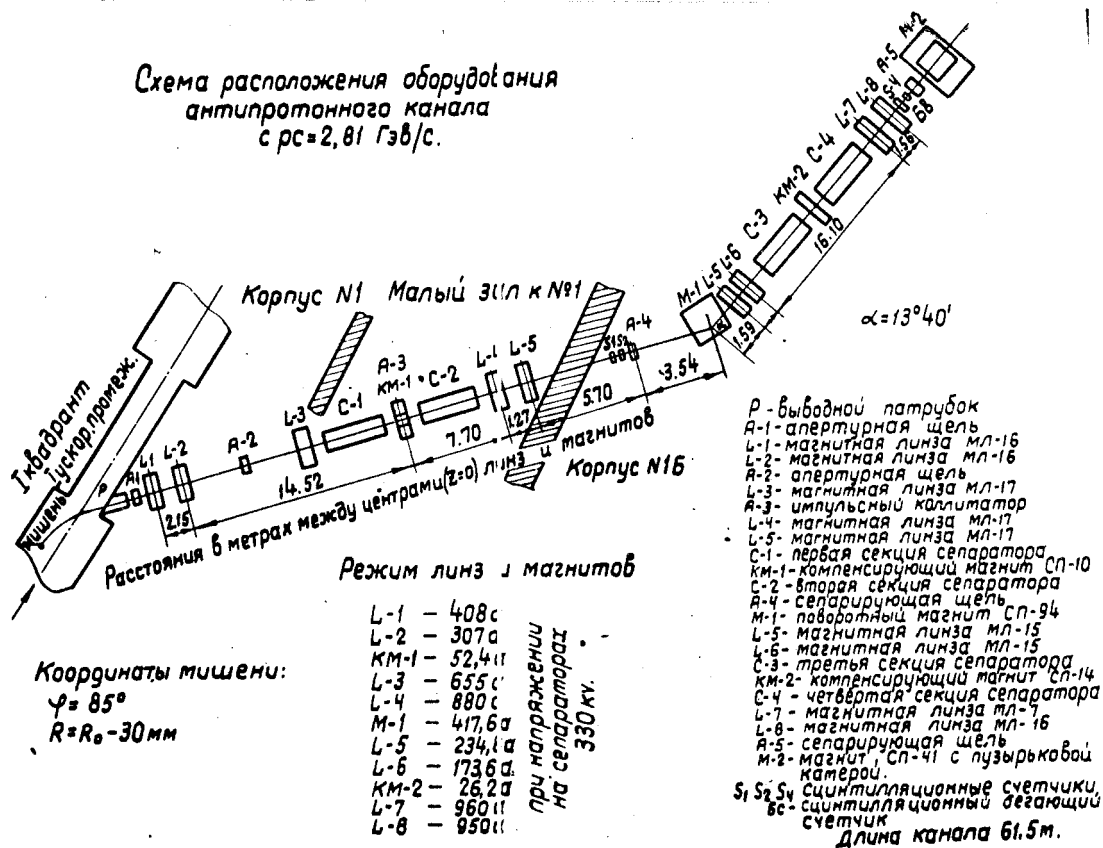


Рис. 1.

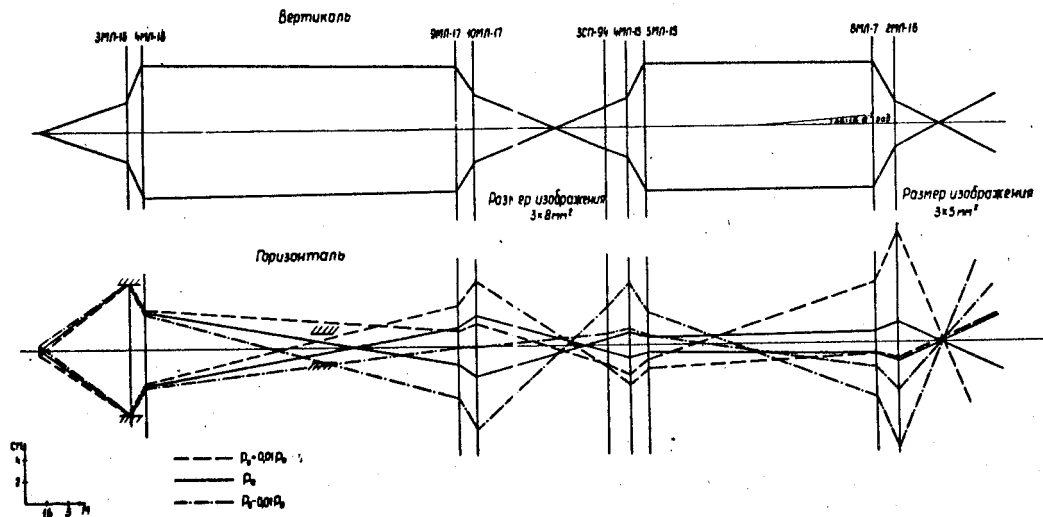


Рис. 2.

Оптическая схема канала №13.



КАНАЛ № 14 х)

Особенностью канала является применение электродинамической сепарации при формировании пучка антипротонов с импульсом 5 Гэв/с. При отключении сепаратора формируется пучок  $\bar{\pi}$ - мезонов того же импульса.

Канал расположен в корпусах № I, № IB и № IB и имеет длину около 120 м (рис. I).

Мишень канала 8P установлена в I квадранте ускорителя. Основные данные мишени и начальные характеристики пучка приведены в таблице I.

Таблица I

Мишень	Материал и размеры насадки	Координаты мишени	Параметры пучка на выходе из ускорителя		
			$P_0$	$E_p$	$\omega$
	мм <sup>3</sup>		Гэв/с	Гэв	
8P	латунь 6x2,5x100	$R = 28090$ мм $\mathcal{U} = 1,357$ рад $\mathcal{L}_0 = - 11$ мм	5	10,06	0°

На входе канала установлен апертурный коллиматор  $S$ , имеющий щель  $90 \times 50$  мм<sup>2</sup>.

В вертикальной плоскости оптическая схема канала состоит из трёх объективов. Первый объектив (Л1, Л2, Л3 - ФДФ) фокусирует пучок на коллиматор  $S1$ , второй (Л4, Л5, Л6 - ФДФ) - перед

х) Данные по каналу представлены И.Н.Семенюшкиным.

магнитом МЗ и третий (Л7, Л8 - ФД) - на водородную камеру.

В горизонтальной плоскости действуют два объектива. Первый объектив (Л1, Л2, Л3, Л4, Л5, Л6) формирует промежуточное изображение мишени перед магнитом МЗ. Импульсное разделение осуществляется в параллельном пучке в коллиматоре S2, щель которого 60 мм.

Магнит М1 производит дополнительный анализ частиц по импульсу. Угол поворота пучка в нём составляет  $11^{\circ}34'$ .

Магнит М2 служит для компенсации угловой дисперсии пучка. Магнит МЗ отклоняет пучок на  $5^{\circ}$  по направлению к корпусу № 1В, где расположена однометровая жидководородная пузырьковая камера.

Полученные параметры пучка и режим токов в линзах и магнитах даны в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

№№ п/п	Параметры пучка	
1	$P_0$	4,98 ГэВ/с
2	$\frac{\Delta P}{P_0}$	$\pm 0,004$
3	$\Delta \Omega$	$0,21 \cdot 10^{-4}$ стерад
4	$D_{ик}$	8 см/1% $\frac{\Delta P}{P_0}$
5	$I_B$ на S1	12 мм
6	$I_r$ на S2	70 мм
7	$I_B \times I_r$ перед МЗ	14x16 мм <sup>2</sup>
8	$\Delta \alpha$	4,6 мрад
9	$\delta$	130 мм
10	$\eta$	9
11	$D_k$	0
12	$\zeta$	1000
13	$F_{\bar{p}}$	1000
14	$F_{\bar{p}}$	0,3

Таблица 3

Линза, магнит	Токи для $P_0 = 4,98$ ГэВ/с ( $H = 11951$ эрст)
Л1	800а
Л2	796а
Л3	800а
М1	718а
М2	1082а
Л4	504а
Л5	563а
Л6	504а
М3	2770а
Л7	558а
Л8	577а

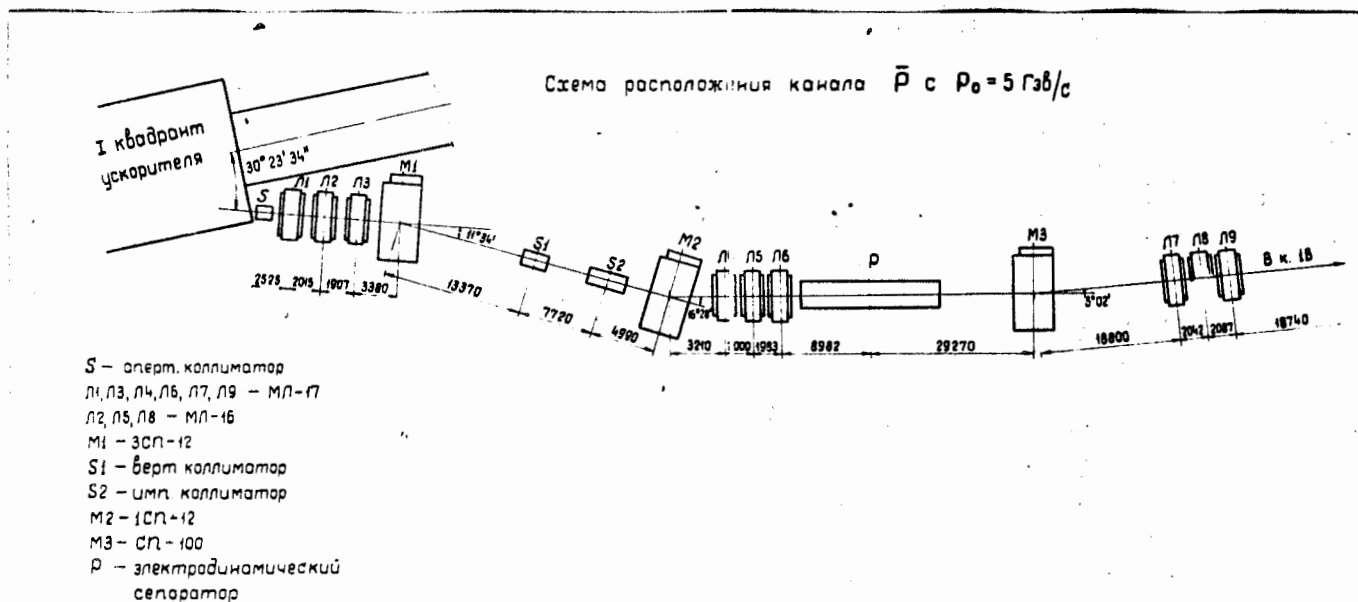


Рис. I.

Оптическая схема канала  $\bar{p}$  с импульсом  $P_0 = 5 \text{ ГэВ}/c$

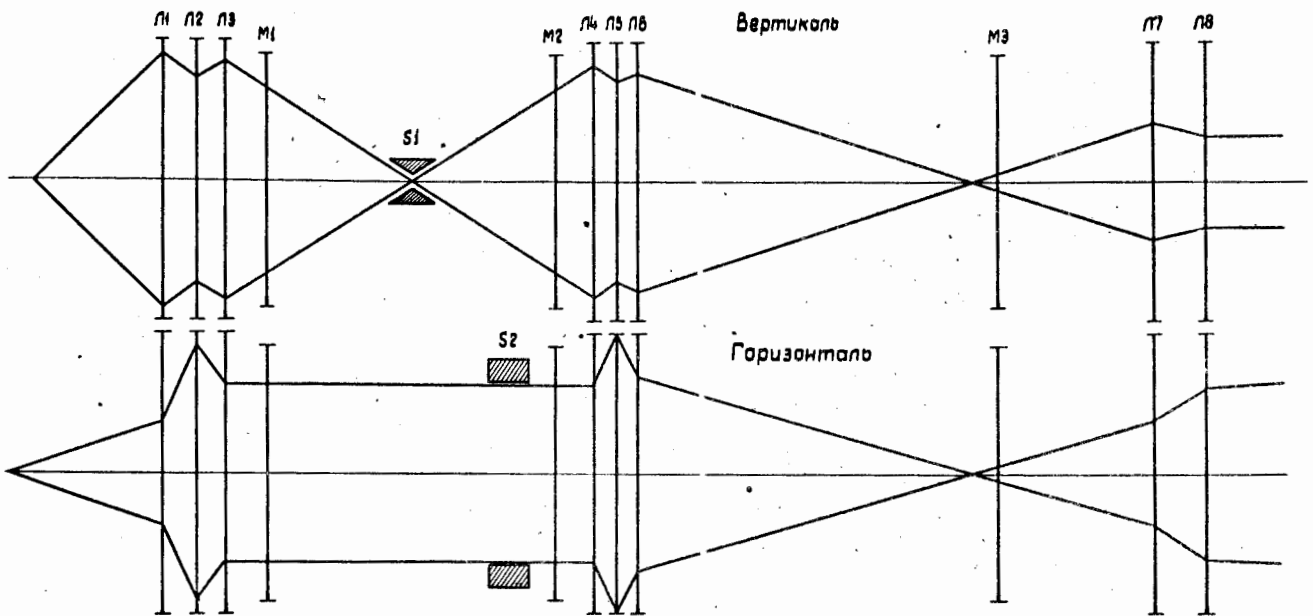


Рис.2.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 августа 1969 года.