

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



12/IV -
13 - 9437

ф-534

1322/2-76

П.И.Филиппов

СПОСОБ ДВУХИМПУЛЬСНОГО
ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ
БЕСФИЛЬМОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО УПРУГОМУ
 π -e- И π -p- РАССЕЯНИЮ
ПРИ ЭНЕРГИИ 40-50 ГЭВ/С

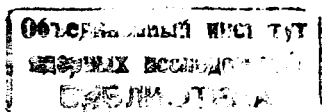
1976

13 - 9437

П.И. Филиппов

СПОСОБ ДВУХИМПУЛЬСНОГО
ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПИТАНИЯ
БЕСФИЛЬМОВЫХ ИСКРОВЫХ КАМЕР
В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО УПРУГОМУ
 π -e- И π -p- РАССЕЯНИЮ
ПРИ ЭНЕРГИИ 40-50 ГЭВ/С

Направлено в ПТЭ



Способ питания с двумя последовательно следующими высоковольтными импульсами рассматривался ранее ^{/1/}, затем в работе ^{/2/}, для искровых камер с большим разрядным промежутком и для стримерных камер ^{/3/}, в основном с целью увеличения времени памяти камер от 10^{-6} с до 10^{-3} с.

Нами этот способ был использован для обеспечения высокой эффективности бесфильмовых искровых камер при одновременном проявлении искровым пробегом многих треков, в том числе и фоновых, а также для увеличения надежности работы камер.

1. Краткая характеристика установки импульсного высоковольтного питания искровых камер

Установка, описанная в ^{/7/}, обеспечивала работу системы из 18 магнитоотрицательных искровых камер /12 малых с рабочим объемом $250 \times 250 \times 8 \text{ мм}^3$ и 6 средних с рабочим объемом $600 \times 420 \times 8 \text{ мм}^3$ /. Блоки импульсного высоковольтного питания были разработаны на вакуумных электронных лампах - 6В2П, ГИ-30, ГИ-17.

Принципиальная электрическая схема блока с двумя независимыми оконечными каскадами и выходами приведена на *рис. 1*. Такие блоки импульсного высоковольтного питания, выполненные в традиционно сложившемся моноимпульсном стиле, обеспечивали работу малых ИК.

Принципиальная электрическая схема оконечного каскада со сложением высоковольтных импульсов от двух оконечных каскадов приведена на *рис. 2*. От таких блоков импульсного высоковольтного питания со сложением

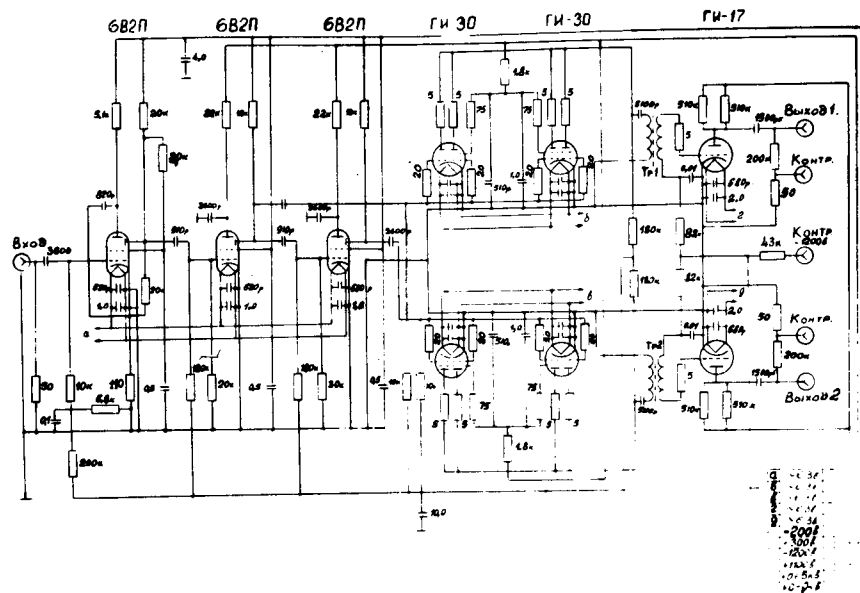


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема блока импульсного высоковольтного питания ИК с двумя независимыми оконечными каскадами.

высоковольтных импульсов на выходе обеспечивалась работа ИК средних размеров.

Схемы запуска оконечных каскадов в обоих случаях идентичны.

Как можно видеть на принципиальной электрической схеме запуска /рис. 1/, все три блокинг-генератора на лампах 6В2П запускаются последовательно. С динода лампы 6В2П второго блокинг-генератора положительный импульс через разделительные емкости подается на третий блокинг-генератор и предоконечный каскад на лампах ГИ-30.

С динода лампы 6В2П третьего блокинг-генератора положительный импульс через разделительную емкость подается на второй предоконечный каскад на лампах ГИ-30. На сетки ламп ГИ-30 предоконечных каскадов запускающие импульсы поступают не одновременно, а с разницей во времени, равной задержке импульса - τ_3

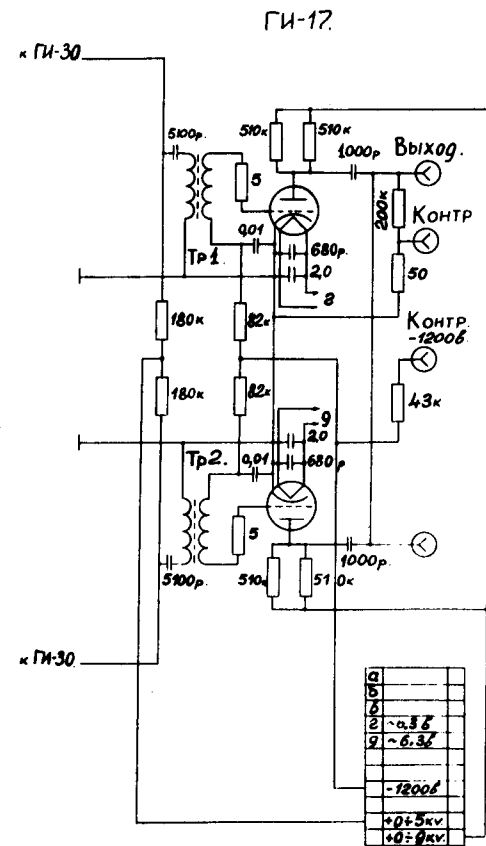


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема оконечного каскада со сложением высоковольтных импульсов от двух каскадов.

в третьем блокинг-генераторе. Следовательно, при суммировании высоковольтных импульсов на выходе оконечных каскадов генератора /рис. 2/ эта разница во времени следования импульсов, равная $\sim \tau_3$, в основном сохраняется с учетом величины $\pm \Delta \tau_3$, связанной с разбросом параметров элементов схем и ламп предоконечных и оконечных каскадов.

На рис. 3 представлены осциллограммы импульсов напряжения на электродах ИК /а, б/ и зарядного тока через ИК /а', б'/ от моноимпульсного блока высоковольтного

питания /рис. 1 - а, а'/, а также от блока импульсного высоковольтного питания со сложением импульсов на выходе /рис. 2 - б, б'/.

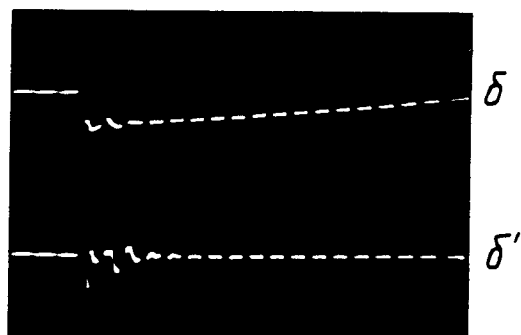
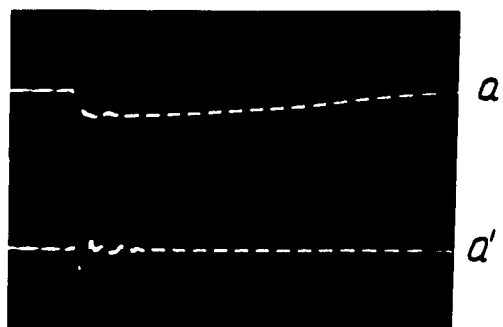


Рис. 3. Осциллограммы импульсного напряжения на электродах ИК /а, б/ и тока заряда через ИК /а', б'/ без искрового пробоя: /а, а'/ - от моноимпульсного блока высоковольтного питания /рис. 1/, /б, б'/ - от двухимпульсного блока высоковольтного питания /рис. 2/. Развертка - 1 мкс на весь экран, метки - 50 нс.

Из рис. 3б хорошо видно, что при сложении последовательно следующих импульсов /при τ_3 между ними, не равной - 0/, амплитуды напряжения этих импульсов на ИК не суммируются, а имеют амплитуды одиночных

импульсов и перекрываются. Длительность суммарного импульса - $\tau_{\text{сумм.}} = \tau_3 + \tau_{\text{u}}$, увеличивается на величину - τ_3 второго импульса² по отношению к первому. Импульсы зарядных токов через ИК /рис. 3б'/ появляются в соответствии с законами электродинамики, т.е. при наибольшей скорости изменения du/dt на передних фронтах импульсов высоковольтного напряжения, несмотря на то, что импульсы напряжения на электродах ИК перекрываются.

Следует отметить, что амплитуда второго импульса зарядного тока через ИК почти в $\sim 1,5$ раза меньше первого /при данной τ_3 второго импульса по отношению к первому/.

2. Сравнительные характеристики моноимпульсного и двухимпульсного питания искровых камер

Как известно, бесфильмовые искровые камеры /ИК/ представляют собой систему, состоящую из распределенных LCR. Поведение такой системы при прохождении /или нет/ заряженной частицы через ИК и воздействии импульса напряжения качественно и экспериментально рассматривалось в работе /8/.

Воздействие двух последовательно следующих /с интервалом в единицы и десятки нс/ импульсов напряжения на такие системы, без прохождения заряженной частицы через ИК, представлено на рис. 3б, б' и впервые опробовано и проверено в экспериментах по упругому π -e- и π -p-рассеянию на малые углы на III группе магнетострикционных ИК с рабочим объемом 600 x 420 x 8 мм³ при энергии 40-50 ГэВ/с, выполненных в ИФВЭ /Серпухов/ в 1970-1971 гг. /4-6/.

При воздействии на систему ИК двух последовательно следующих импульсов напряжения на верхней осциллограмме /рис. 3б/ видно, что на ИК импульсы напряжения перекрываются, а импульсы зарядного тока при прохождении через ИК /рис. 3б'/ сохраняют свою индивидуаль-

ность, т.е. в данной цепи мы видим простейший пример проявления свойств уединенных волн или, как их называют, солитонов.

Дальнейшее более детальное экспериментальное исследование при многоимпульсном воздействии на ИК изложено в работе ^{19/}. На рис. 4 приведены зависимости эффективности (ϵ) I и III групп искровых камер от зарядного напряжения, взятые из работы ^{15/}.

Как было отмечено выше, I и II группы искровых камер обеспечивались моноимпульсным высоковольтным питанием, III группа ИК - двухимпульсным высоковольтным питанием. Газовая смесь применялась следующего состава: Ne + 1,5% C₂H₅OH + 0,005 Fr /см. рис. 4/, зарядная емкость окончного каскада C₃=1000 pF /см. рис. 2/.

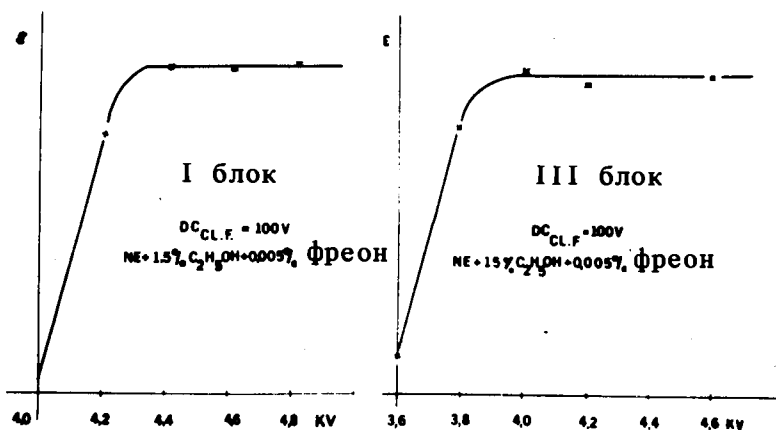


Рис. 4. Зависимости эффективности (ϵ) искровых камер от зарядного напряжения (E_0) слева - для I группы ИК с моноимпульсным высоковольтным питанием; справа - для III группы ИК с двухимпульсным высоковольтным питанием.

В работе ^{10/} исследуются /на испытательном стенде/ характеристики магнитоотрицательных искровых камер, а в работе ^{11/} описывается установка из этих камер и режим их работы в эксперименте по изучению регенерации K⁰-мезонов на серпуховском ускорителе, приведена

принципиальная электрическая схема блока высоковольтного моноимпульсного питания с оконечными каскадами на водородных тиратронах - ТГИ1-130/10. Газовая смесь применялась следующего состава: Ne + 1,5% C₂H₅OH + 8 · 10⁻³ Fr - 20, зарядная емкость в оконечном каскаде - C₃=1500 pF.

В работе ^{10/} приведены зависимости эффективности (ϵ) ИК от зарядного напряжения (E_3 ИКВ).

Из сравнения графиков $\epsilon = f(E_3)$ и режимов работы ИК ^{11/} с графиками режимов работы ^{15/} и ^{17/} можно видеть, что в последнем случае кривые эффективности в III группе искровых камер [$\epsilon = f(E_3)$] выходят на плато примерно на ~1 кВ раньше, чем указано в работах ^{10-11/}.

Конструкции магнитоотрицательных искровых камер как в том, так и в другом случае идентичны; рабочий объем - 600 x 420 x 3 мм³ - одинаков; газовые смеси очень близки по составу, зарядные емкости в оконечных каскадах блоков ^{15, 7/} даже меньше в 1,5 раза, чем в блоках ^{10,11/}; длина соединительных кабелей от блоков высоковольтного питания до ИК одинакова и равна $l = 2$ м.

Разница может быть в интенсивности продува газовой смеси и должна быть незначительна, поскольку выбирается оптимальной.

Основное различие состояло в том, что в одном случае высоковольтное питание ИК было моноимпульсным, в другом - двухимпульсным.

Вполне очевидно, что последовательно следующие, с малым интервалом времени задержки - τ_3 , высоковольтные импульсы облегчают развитие инициированного прошедшей частицей искрового разряда в ИК.

Необходимо заметить, что для разных конструкций искровых камер с различным распределением L, C, R надо подбирать оптимальные величины задержек - τ_3 в следовании высоковольтных импульсов.

Кратко коснемся вопроса об эффективности ИК при многотрековости ^{12,13/}.

На рис. 5 приведены типичные эффективности промежутка /5а, 5в/ и вероятности регистрации съемными датчиками в X /или Y / плоскости /5б, 5г/ в зависимости от числа фоновых треков в спектрометре. Рис. 5а,б -

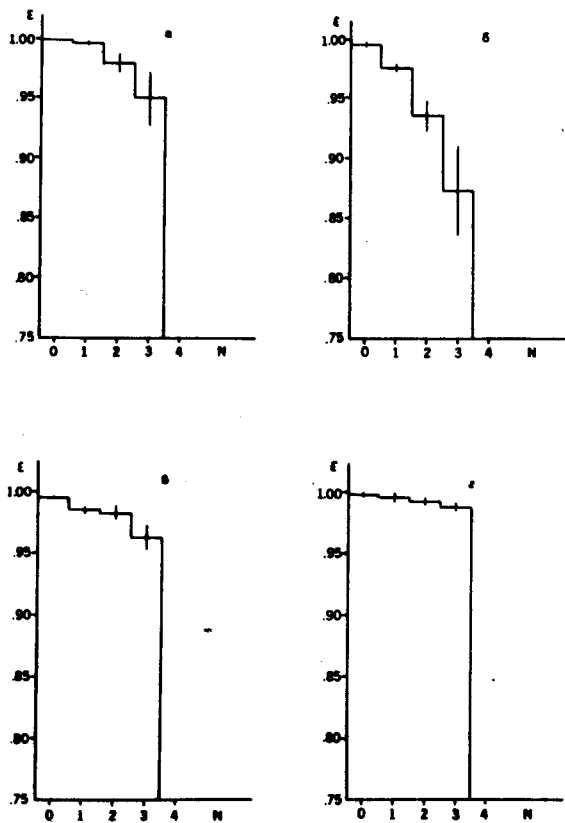


Рис. 5. Эффективность (ϵ) искрового промежутка /а, в/ и вероятность регистрации искры в проекции /б, г/ в зависимости от числа фоновых треков (N) : /а, б/ - для камер размером $250 \times 250 \text{ мм}^2$ с моноимпульсным высоковольтным питанием; /в, г/ - для камер размером $600 \times 420 \text{ мм}^2$ с двухимпульсным высоковольтным питанием.

для камер с размером $250 \times 250 \text{ мм}^2$ при моноимпульсном высоковольтном питании, рис. 5в, г - для камер с размером $600 \times 420 \text{ мм}^2$ при двухимпульсном высоковольтном питании.

Данные свидетельствуют о том, что эффективности малых камер существенно падают при наличии фоновых треков. Для камер большого размера они зависят от числа фоновых треков в меньшей степени /11-12/. Более

определенно по этому поводу см. /14/. В работе /13/ рассматривается эффект завышения истинной эффективности камеры, когда программа поиска треков иногда включает в треки π -е события фоновые искры, если камера не срабатывает по рабочему треку, а срабатывает от прошедшего вблизи фонового трека. Детальная проверка эффекта показала, что величина относительного завышения приблизительно одинакова для всех малых камер и почти отсутствует для больших, расположенных за магнитом /из-за малой загрузки на единицу площади/ и не меняется при переходе от одного сеанса к другому /13/.

Помимо загрузки спектрометра фоновыми пучковыми треками необходимо еще учитывать и вторичные фоновые частицы, особенно для камер с большей рабочей площадью.

В самом деле, время памяти камер для I и III групп ИК /см. рис. 5 в работе /5/ /- примерно около 1 мкс. В этих условиях камеры первого, второго и третьего блоков регистрировали в среднем соответственно - 1,5; 1,8; 2,7 искр /14/.

Из всего приведенного /5,7,12-14/ и анализа данной работы естественно следует вывод о том, что истинные эффективности камер III группы при проявлении многих треков /в том числе и фоновых/ значительно выше истинных эффективностей малых ИК I и II групп.

Следует учитывать еще два следующих обстоятельства, оказывающих противоположные влияния на эффективность ИК при проявлении многих одновременных треков:

1/ в бесфильмовых искровых камерах средних и больших размеров проволоочки соответственно имеют и большую длину, а, следовательно, индуктивности (L) и емкости (C). Поэтому при многих одновременных локальных искровых пробоях большие значения реактивностей L- и C-проволочек в районе искровых пробоев на некоторое время, зависящее от постоянной времени - τ л. разр. = C дифф. пров. $\cdot R_{\text{искры}}$ развязывают отдельные локальные разряды, определяя и обуславливая длительность заднего фронта среза импульса - $u(t)$ на электродах ИК.

Все это, конечно, усложняет картину переходного процесса в локальных областях пробоя, но и способствует увеличению эффективности ИК при многотрековости;

2/ искровые камеры средних и больших размеров имеют соответственно и большие величины статических емкостей, что, естественно, сказывается на фронте нарастания высоковольтного импульса.

Так, на малых ИК /с рабочим объемом $250 \times 250 \times 8 \text{ мм}^3$ / и статической емкостью $C_{ИК} \approx 100 \text{ пФ}$ / фронт нарастания высоковольтного импульса $\tau_{\phi} \approx 25 \text{ нс}$, на средних /с рабочим объемом $600 \times 420 \times 8 \text{ мм}^3$ / - и статической емкостью $C_{ИК} \approx 300 \text{ пФ}$ / $\tau_{\phi} \approx 35 \text{ нс}$.

Но, как известно, худший фронт нарастания высоковольтного импульса на ИК обуславливает и худшее развитие электронных лавин, искровых пробоев, более неравномерное распределение токов в локальных одновременных искровых пробоях, что ведет к снижению эффективности ИК при многотрековости.

Из сравнения эффективности (ϵ) искрового промежутка /рис. 5а/ для малых камер с эффективностью "рабочей" искры для средних ИК /с рабочим объемом $600 \times 420 \text{ мм}^2$ / ^{10/} в зависимости от числа фоновых треков при моноимпульсном питании ИК можно видеть, что спад эффективностей при увеличении числа фоновых треков, как для малых, так и для ИК средних размеров имеет одинаковый характер и близкие значения.

Необходимо еще отметить точность регистрации треков искровыми камерами. Средняя точность для малых камер была $\pm 0,4 \text{ мм}$ в плоскости X и $\pm 0,3 \text{ мм}$ в плоскости Y ; для больших камер $\pm 0,35 \text{ мм}$ и $\pm 0,24 \text{ мм}$ соответственно

Шаг намотки проволочных электродов в малых и больших камерах - 1 мм ^{4,5/}. В I и III группах искровых камер съем информации производился с одного конца магнитострикционной ленты, а во II группе - с обоих концов, для повышения точности регистрации треков ^{4,6/}.

3. Выводы

1. Сложение импульсов в блоке высоковольтного питания /рис. 2/ проще и удобнее, чем в искровых камерах.

2. Система ИК, представляющая собой цепь с распределенными LCR, при воздействии на нее двух последовательно следующих импульсов напряжения /импульсообразные бегущие волны/ без искрового пробоя, ведет себя, как линейная система, и может быть описана и исследована с помощью линейных бездисперсионных уравнений, где возможно существование простейших уединенных волн - солитонов /рис. 3б, б'/.

В том случае, когда в камере происходит инициируемый прошедшей частицей искровой пробой или несколько /локальных/ пробоев, цепь ИК ведет себя как нелинейная система и может быть описана и исследована с помощью нелинейных уравнений с дисперсией, при этом также возможно существование уединенных волн-солитонов /см. работу ^{9/} /.

3. Последовательно следующие, с малым интервалом времени задержки, τ_3 , высоковольтные импульсы /в данном случае два/ облегчают развитие инициированного прошедшей частицей искрового разряда в ИК, позволяя получать, при подборе оптимальных величин задержек - τ_3 в следовании импульсов, более широкое плато по эффективности (ϵ) ИК в зависимости от зарядного напряжения (E_0).

4. Как показали экспериментальные данные в экспериментах по упругому рассеянию π -e и π -p на малые углы при энергии $40 \div 50 \text{ ГэВ/с}$ ^{4-6,12-14/} и исследования, проведенные в работе ^{9/}, истинные эффективности камер и вероятности регистрации датчиками при проявлении многих треков /в том числе и фоновых/ с двухимпульсным высоковольтным питанием ИК значительно выше истинных эффективностей и вероятностей регистрации датчиками ИК с моноимпульсным высоковольтным питанием.

5. Средняя точность регистрации треков искровыми камерами при двухимпульсном высоковольтном питании выше, чем при моноимпульсном высоковольтном питании ИК, потому что при этом имеют место меньшие флюктуации по времени задержки в развитии искрового разряда, а при многотрековом проявлении разрядов - меньшие локальные изменения высоковольтного напряжения /см. работу ^{9/}, что в конечном итоге также

сказывается на уменьшении флуктуаций величин времени задержки в развитии разряда, и, следовательно, на повышении точности регистрации треков.

В заключение автор считает своим приятным долгом выразить благодарность Н.В.Печенову за оперативное выполнение фотографических работ.

Литература

1. В.А.Мухайлов, Н.С.Илбин. ПТЭ, 3, 209 /1969/.
2. T.L.Asatiani, Val.A.Ivanov, Vit.A.Ivanov and V.M.Krishchian. Nucl. Instr. and Meth., 106, 333 (1973).
3. V?Eckardt. Preprint DESY 70160 (1970); Lett. Nuovo Cimento, 1, 997 (1971).
4. G. T. Adylov et al. JINR Report E13-6749, Dubna, 1972.
5. G. T. Adylov et al. JINR Report, E13-6658, Dubna, 1972.
6. G. T. Adylov et al. JINR Report, E1-7934, Dubna, 1974.
7. А.Ф.Елишев, П.И.Филиппов, А.И.Широков. ОИЯИ, 13-8301, Дубна, 1974.
8. П.И.Филиппов. ОИЯИ, 13-3958, Дубна, 1968.
9. П.И.Филиппов. ОИЯИ, 13-9438, Дубна, 1976.
10. Т.С.Григалашвили. ОИЯИ, 13-5273, Дубна, 1970.
11. Г.С.Григалашвили и др. ОИЯИ, P3-5324, Дубна, 1970.
12. Г.Т.Адылов и др. ОИЯИ, 1-8105, Дубна, 1974.
13. Г.Т.Адылов и др. ОИЯИ, 1-8123, Дубна, 1974.
14. М.Турала. Автореферат диссертации. ОИЯИ, 1-6885, Дубна, 1973.

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