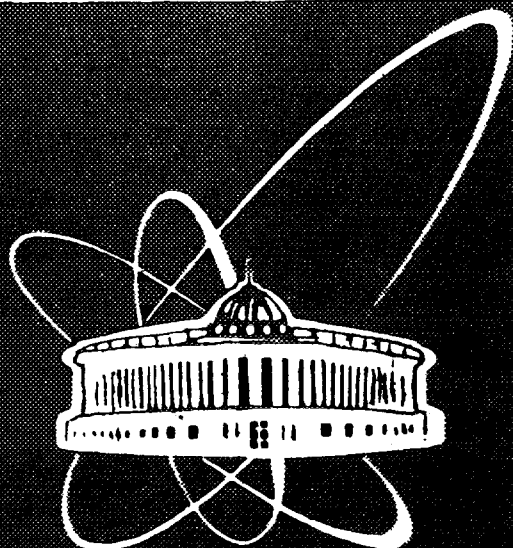




XJ9700152



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13-96-442

В.А.Самсонов

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ФОТОРЕГИСТРАТОР  
УСТАНОВКИ  
«СПЕКТРОМЕТР С ВЕРШИНЫМ ДЕТЕКТОРОМ»

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

28 № 24

1996

## Введение

В Институте физики высоких энергий (г. Протвино) на установке гибридного типа "Спектрометр с вершинным детектором" (СВД) проводится эксперимент E-161 по изучению образования очарованных частиц с временем жизни  $10^{-13}$  -  $10^{-12}$  с (см. рис.1) [1]. Основным детектором этой установки является трекочувствительная мишень - прецизионная быстроциклирующая пузырьковая камера с жидководородным заполнением (БЦПК) [2,3], работающая с частотой 20 - 30 Гц во время медленного вывода пучка частиц ускорителя. Фотографирование треков частиц в объеме пузырьковой камеры производится быстродействующим фоторегистратором (БФР). Запуск БФР с частотой до 15 Гц осуществляется импульсом триггерной системы установки.

### 1. Устройство и работа фоторегистратора

Фоторегистратор предназначен для стереоскопического фотографирования следов частиц в объеме БЦПК. Для получения необходимой информации и восстановления координат треков в объеме камеры по условиям эксперимента достаточно двух проекций, двух стереофотографий.

Фоторегистратор (рис.2) состоит из двух платформ с лентопротяжными механизмами, расположенными в светонепроницаемом корпусе. Схема одной из платформ изображена на рис. 3. Из подающей кассеты 1 фотопленка поступает в накопитель запаса 8 неэкспонированной фотопленки и удерживается там вакуумным отсосом. Из накопителя фотопленка вытягивается фотостоликом 5, в это же время отснятая фотопленка поступает в накопитель 9 и далее на приемную кассету 7. Положение пленки в накопителях отслеживают емкостные ленточные датчики и выдают сигналы на блокировку запуска БФР в случае обрыва во время поворота фотостолика или отсутствия ее в подающей кассете 1. Полная емкость накопителей равна десяти кадрам при длине снимка 178 мм, но за время медленного вывода ускорителя, в течение которого БЦПК делает серию расширений, БФР может протянуть не более семи кадров. Жесткое фиксирование фотопленки на гранях фотостолика достигается вакуумным прижимом. Поворот фотостолика осуществляется шестипазовым мальтийским механизмом 4, приводом которого

является аксиально-поршневой гидромотор 11. За один оборот гидромотора фотостоллик поворачивается на  $60^\circ$ .

К моменту подачи запускающего сигнала на электронную схему фоторегистратора накопитель 8 заполнен, накопитель 9 пуст. Фиксация фотопленки во время замены подающей и приемной кассет проводится включением электромагнитных клапанов 12.

Для автоматического поиска отобранных событий на фотопленку влечается информационное табло 3, выполненное на жидком кристалле. Размер снимка табло  $50 \times 33$  мм.

В физическом эксперименте запуск эксимерного лазера 13, фоторегистратора и блока информационного табло производится сигналом электроники системы триггирования, т.е. фотографируются отобранные взаимодействия протонов в объеме камеры.

Работоспособность БФР обеспечивается гидравлической системой высокого давления и системой ротационных насосов для создания разряжения в накопителях фотопленки и на рабочих гранях фотостолликов, а также электронными системами, осуществляющими синхронизацию работы фоторегистратора с БЦПК и ускорителем.

## 2. Мальтийский механизм

Преимущество механизма мальтийского креста перед другими устройствами шагового перемещения в том, что когда он трогается с места, его ускорение мало, затем оно увеличивается до максимального значения и плавно спадает к моменту останова креста. Отсутствие рывка при высокоскоростной съемке и точное позиционирование в фиксированном положении определило выбор его в качестве лентопротяжного механизма фоторегистратора установки СВД. Шаговые повороты фотостоллика на  $60^\circ$  производятся шестипазовым мальтийским механизмом, приводимым в движение гидромотором. Ресурс механизма определяется качеством изготовления и сборки основных деталей. Все детали кроме корпусных сделаны из стали 38ХМЮА, после термической обработки (азотирования) и шлифовки трущиеся поверхности были подвергнуты ионной имплантации легирующими элементами. Точность шлифовки пазов и выемок креста определяется возможностями координатно-шлифовального станка. Для повышения противозадирной стойкости узел постоянно находится в масляной ванне, рис. 4.

На корпусе механизма установлены два вакуумных сепаратора, пазы которого совмещены с пазами воздушных распределителей фотостолликов так, что фотопленка прижата только к трем граням, расположенным со стороны камеры, остальные грани в момент поворота соединяются с атмосферой. С целью уменьшения влияния в момент фотографирова-

ния вибраций, вызываемых динамическими нагрузками в мальтийском механизме, он зажат фланцами массивной тумбы (см. рис. 5).

Подготовка механизмов к эксперименту сводится к их обкатке на стенде, сначала без нагрузки с частотой 50 Гц и затем с имитатором нагрузки с частотой 15 Гц.

### 3. Фотостолик

Фотостолики, армированные стальной арматурой (сталь ВНС), изготовлены из термореактивного пенопласта марки ПЭН. Пенопласт ПЭН представляет собой жесткую вспененную пластмассу, образующуюся при нагревании порошкового полуфабриката в пресс-форме до температуры 110 - 115 °С. Пресс-форма выполнена из сплава алюминия, ее обечайка обработана с высокой точностью. Внутренние вкладыши сделаны из фторопласта, тем самым отпадает необходимость в использовании антиадгезионной смазки. Форма засыпается порошковым полуфабрикатом из расчета получения заготовки массой ~1 кг.

Рабочие грани заготовки фрезеруются на глубину 5 мм, после чего она снова устанавливается в пресс-форму, в образовавшуюся щель засыпается порошок с кажущейся плотностью вспененного пенопласта 320 кг/м<sup>3</sup>. Полученный таким способом фотостолик имеет прочную износостойкую поверхность граней. Плотность поверхностного слоя ~ 600 кг/м<sup>3</sup>, тогда как плотность сердцевины ~180 кг/м<sup>3</sup>. Для обеспечения вакуумного отсоса в гранях фотостолика по кондуктору просверлены отверстия диаметром 0,8 мм с шагом 10 мм. Проверка готовых фотостоликов ведется на мальтийских механизмах, в случае неплоскостности одной из граней все они фрезеруются "как чисто" в один размер.

В нижнюю плоскость заготовки впекаются металлические шайбы, являющиеся частью индуктивного датчика положения, по которым следят за точностью позиционирования фотостоликов во время сеанса СВД. Готовые к эксперименту фотостолики выборочно проходят аттестацию на вибростенде. Диаметр фотостолика по граням информационного табло - 330 мм (рис. 6). Высота фотостолика - 61мм. Масса фотостолика ~1,4 кг.

### 4. Накопитель фотопленки

В конструктивном отношении накопитель фотопленки представляет емкость в виде кармана шириной 100 мм, высотой 51 мм и длиной 1000 мм. Два накопителя для пленки, поступающей из подающей кассеты, всегда наполнены фотопленкой. Два накопителя для пленки, поступающей с фотостоликов в момент срабатывания фоторегистратора,



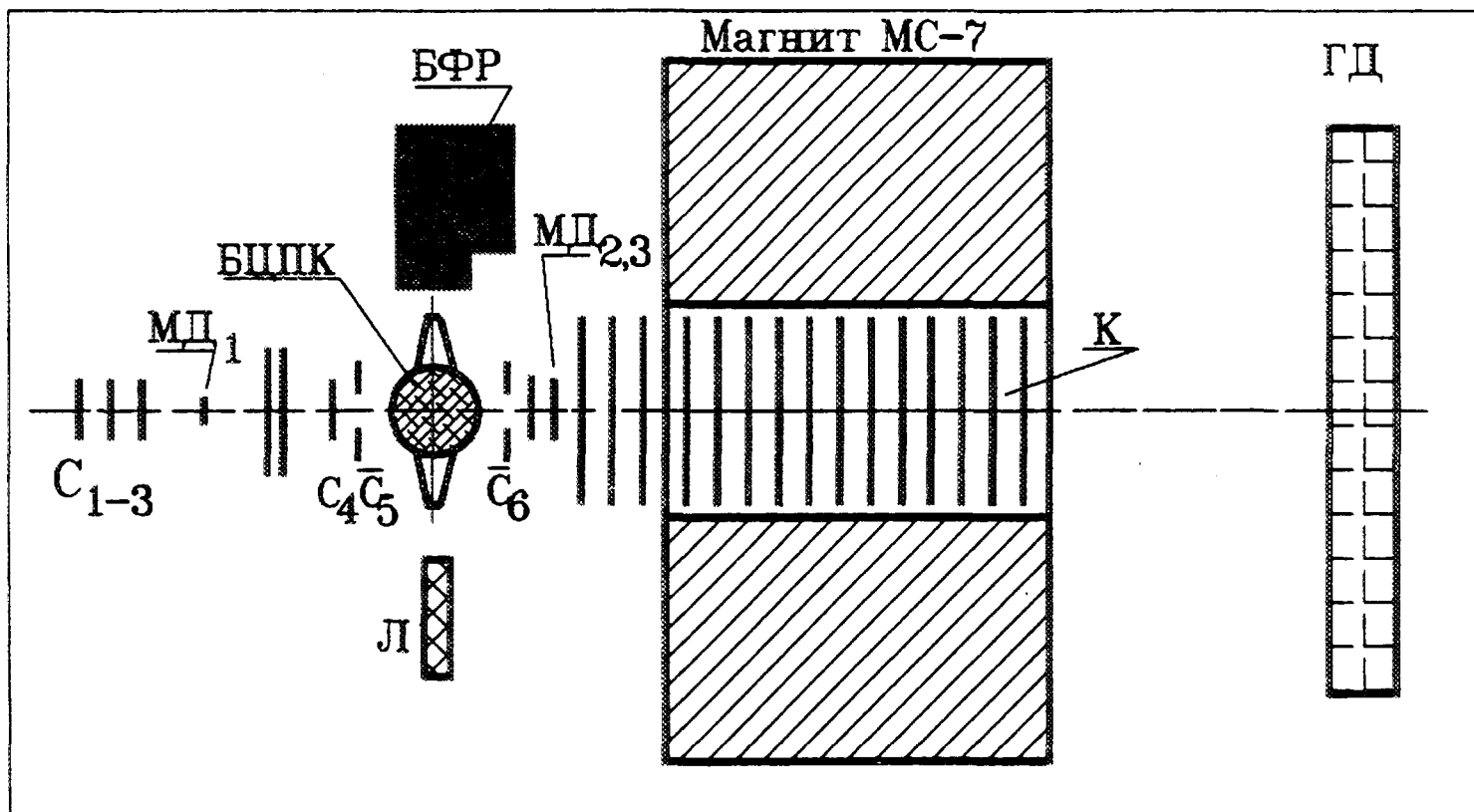


Рис. 1. Схематическое изображение установки СВД:

С-сцинтилляционные счетчики, МД-микростриповые детекторы, К-пропорциональные камеры, БЦПК-быстроциклирующая пузырьковая камера, БФР-быстродействующий фоторегистратор, ГД-гамма-детектор, Л-лазер на красителе

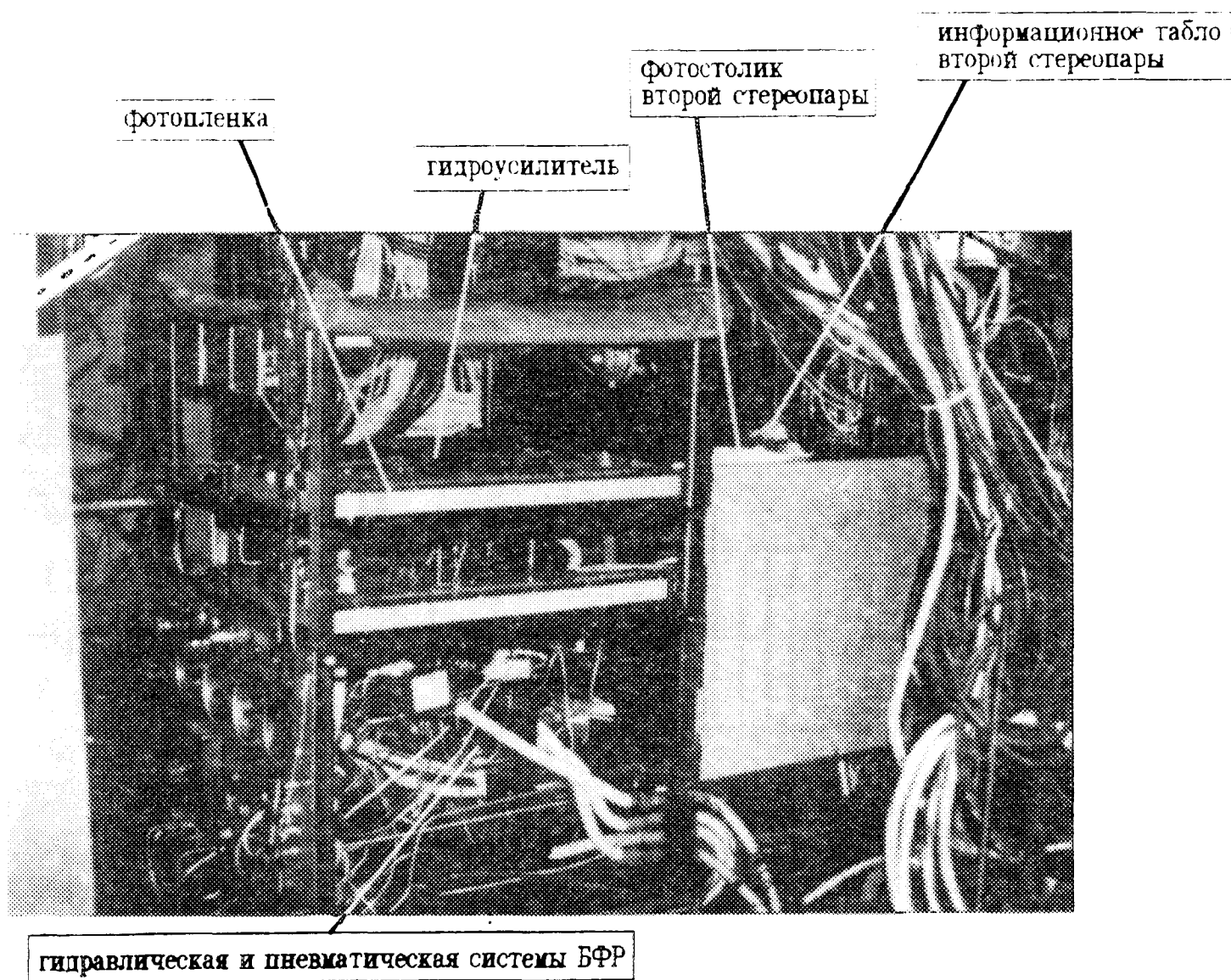


Рис. 2. Быстродействующий фоторегистратор в экспериментальном зале установки СВД

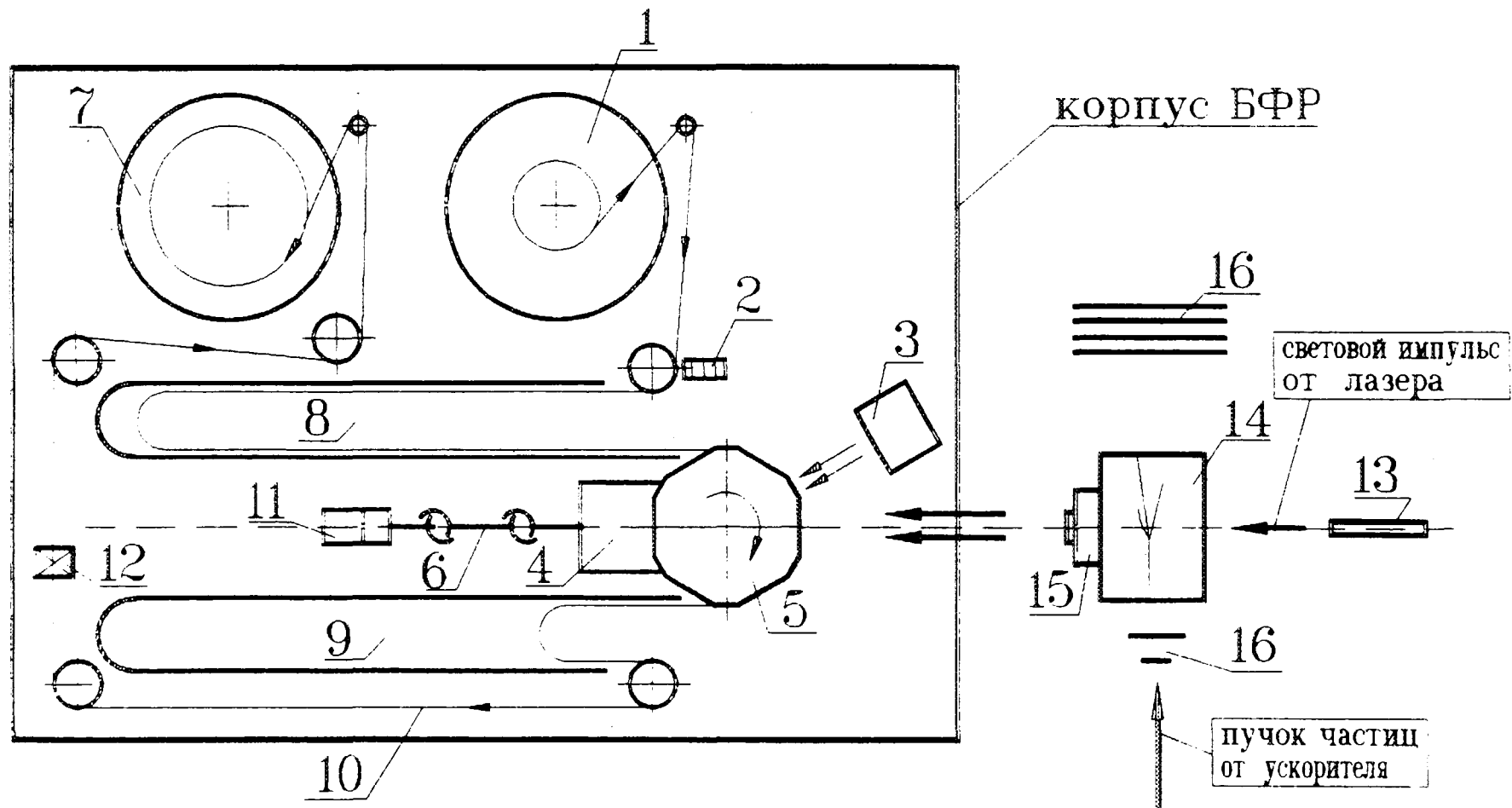


Рис. 3. Кинематическая схема фоторегистратора (БФР):

1, 7—подающая и приемная кассеты, 2, 12—клапаны фиксации фотопленки, 3—блок впечатывания информационного табло, 4—мальтийский механизм, 5—фотостоллик, 6—карданный вал, 8, 9—подающий и приемный накопители, 10—фотопленка, 11—гидропривод, 13—лазер, 14—рабочий объем БЦПК, 15—стереоголовка БЦПК, 16—сцинтилляционные счетчики и микроstriповые детекторы установки СВД



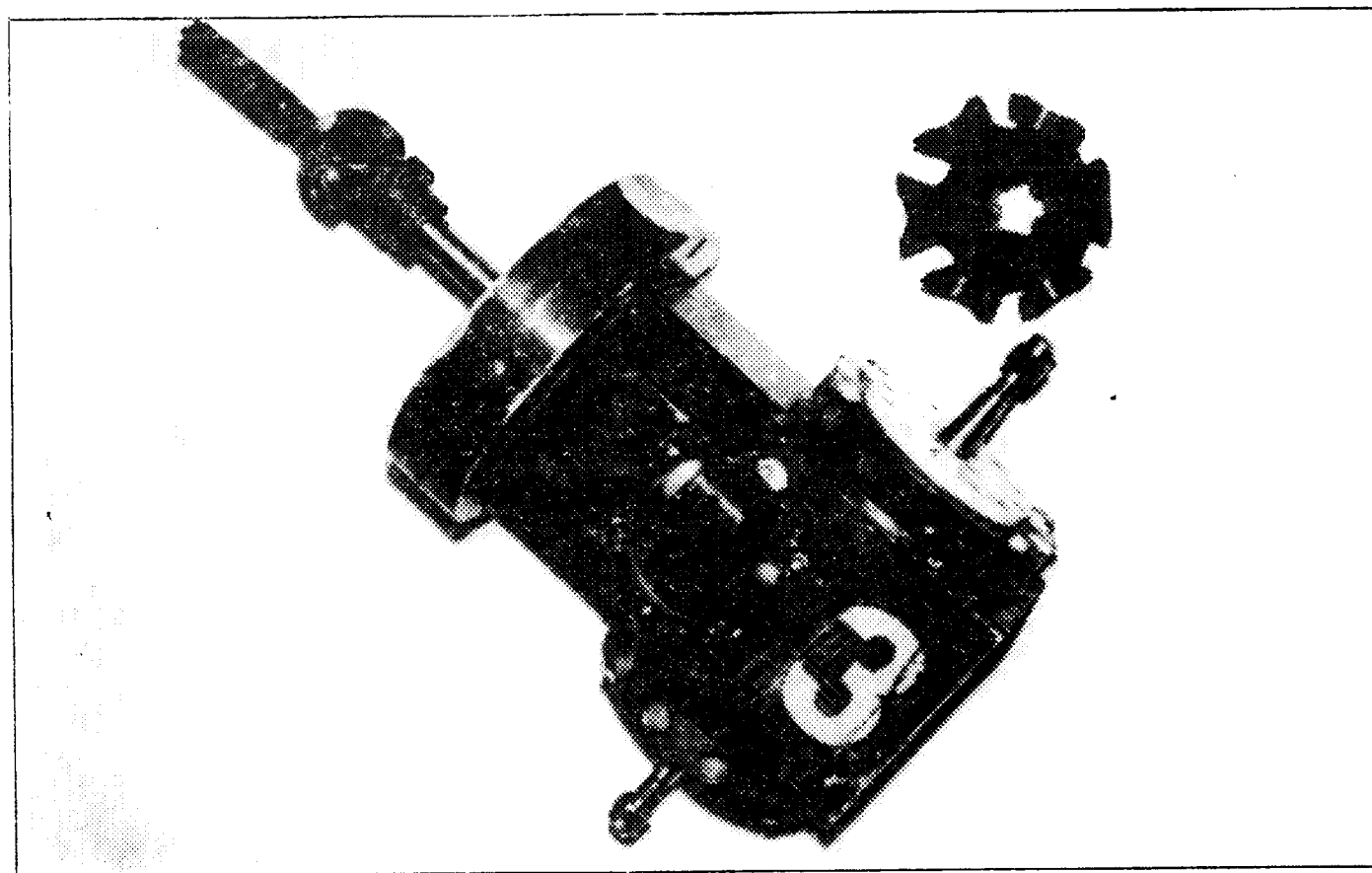


Рис. 4. Мальтийский механизм и мальтийский крест

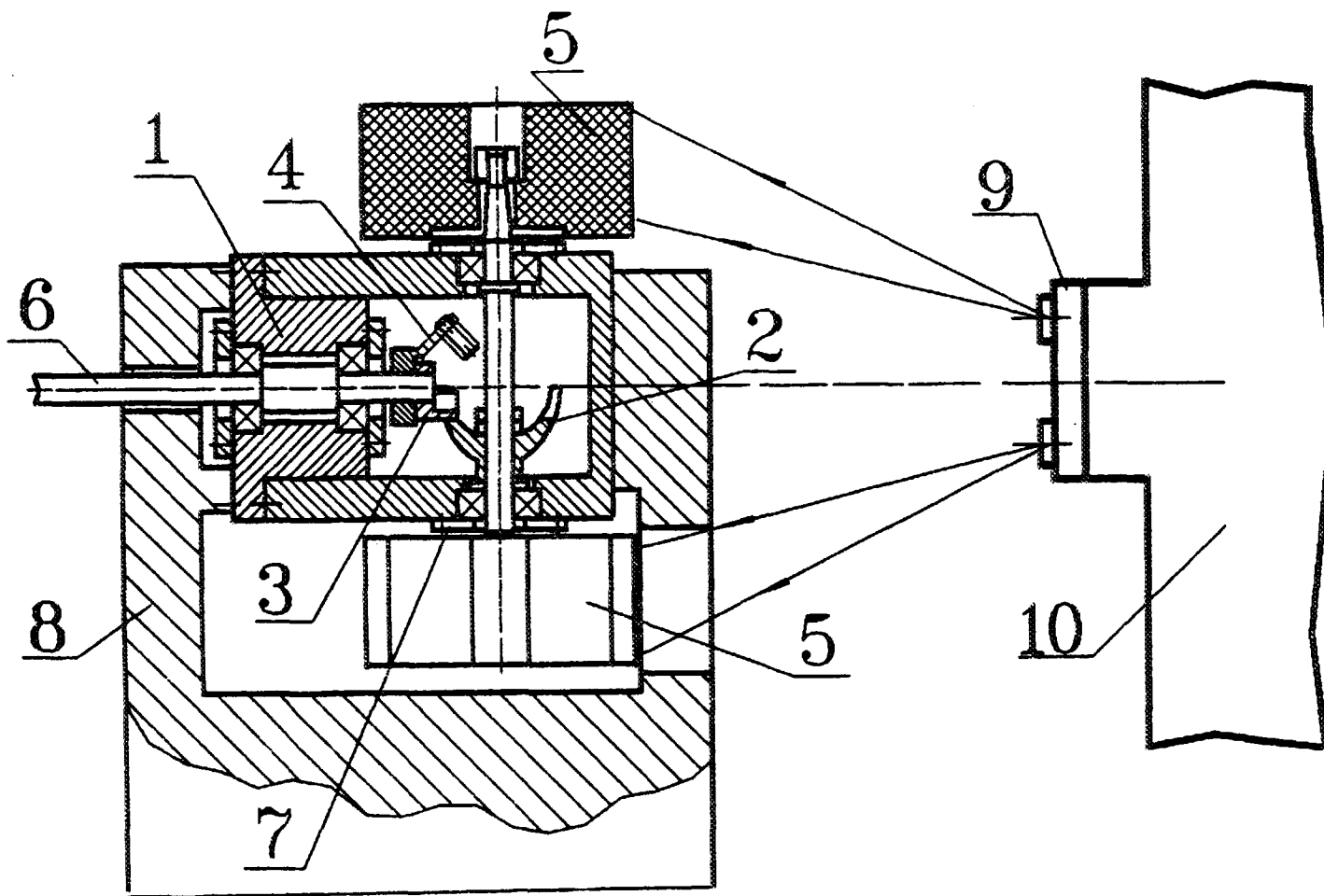


Рис. 5. Схематический чертеж мальтийского механизма

1-мальтийский механизм, 2-мальтийский крест, 3-фиксатор, 4-водило, 5-фотостолики, 6-ось механизма, 7-воздушный сепаратор, 8-тумба, 9-стереоголовка быстроциклирующей пузырьковой камеры, 10-корпус БЦПК.

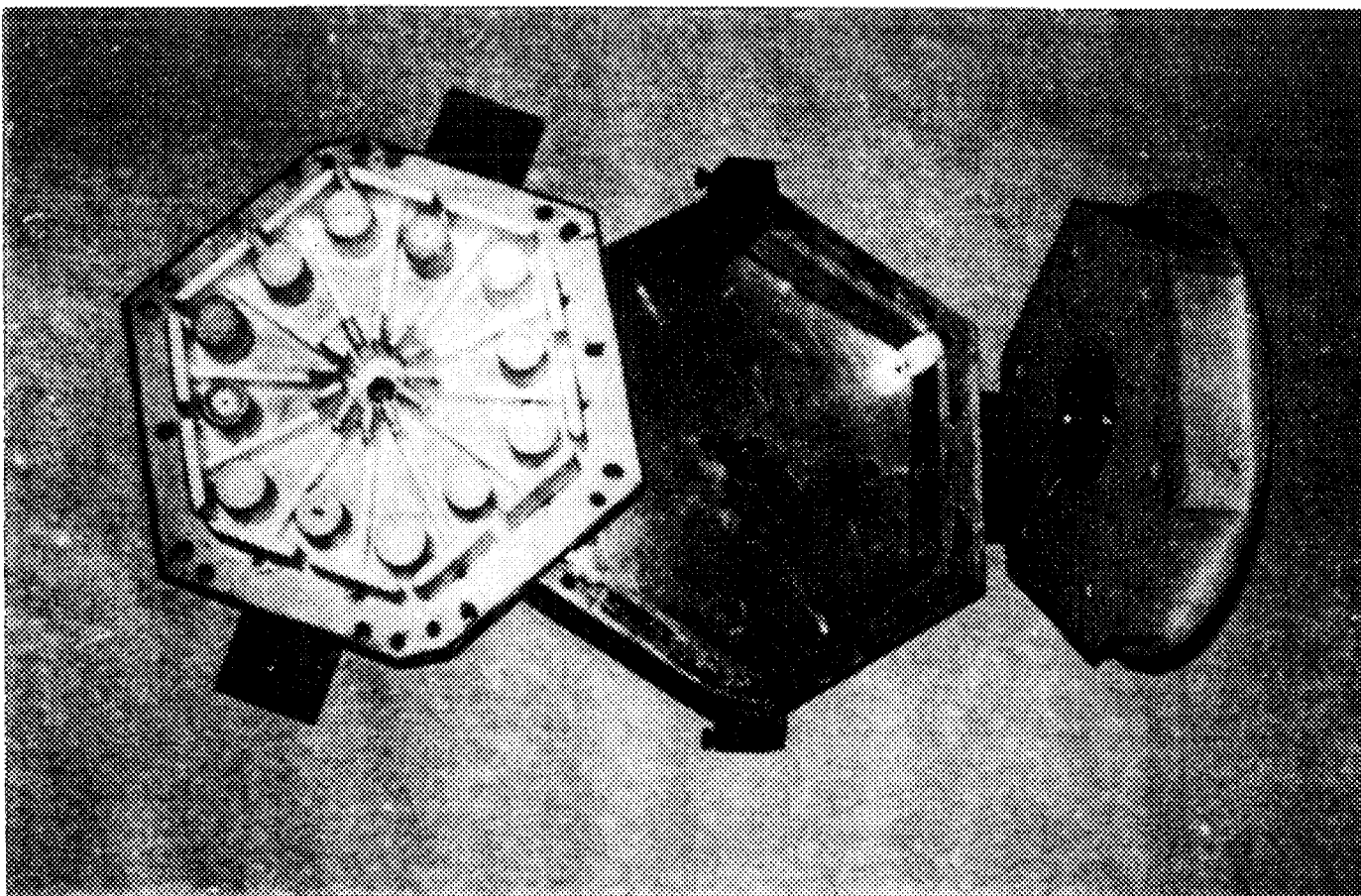


Рис. 6. Фотостолик и пресс-форма для его отливки

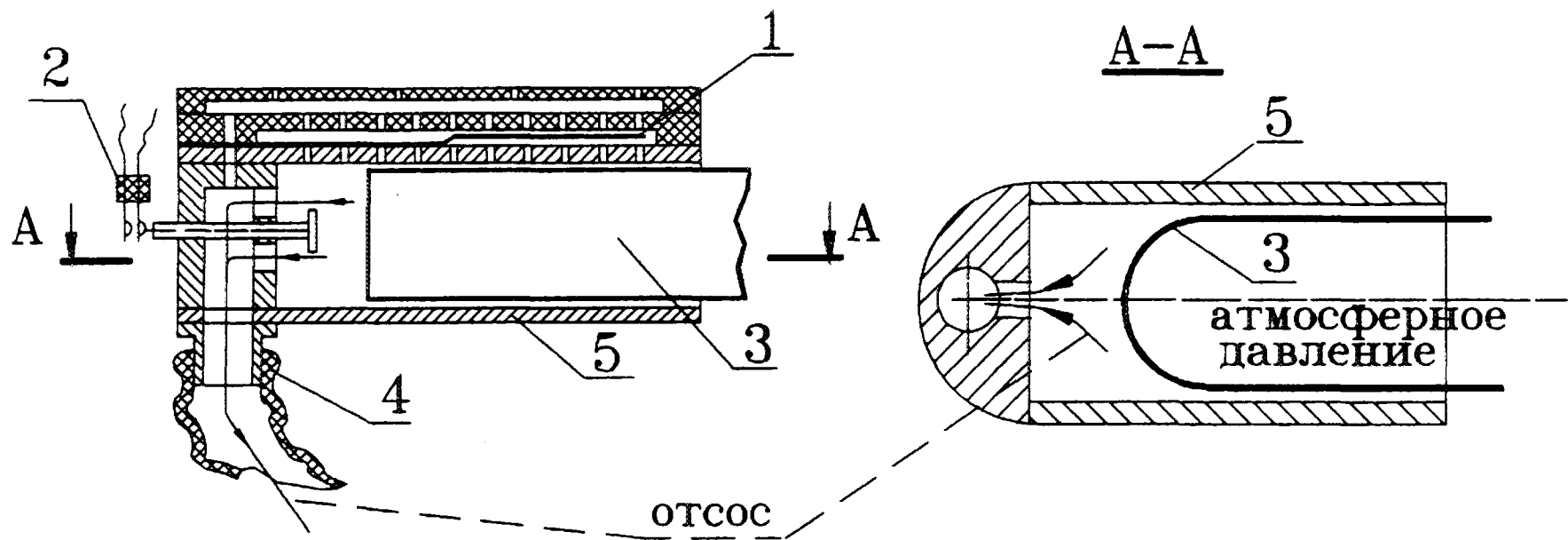


Рис. 7. Накопитель фотопленки БФР:

1-лента из майлара, 2-датчик переполнения накопителя,  
 3-фотопленка, 4-шланг ротационного насоса, 5-корпус  
 накопителя

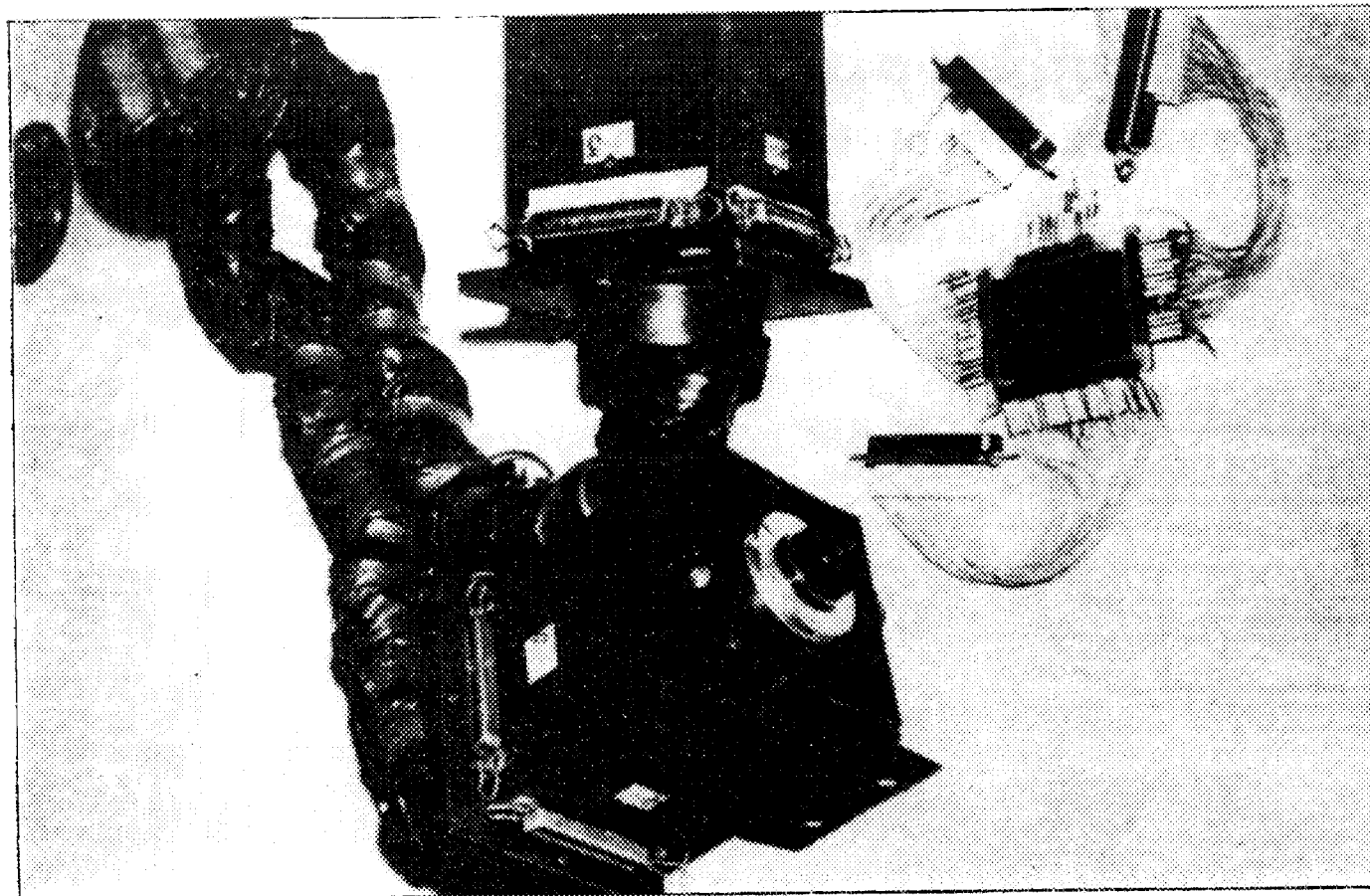
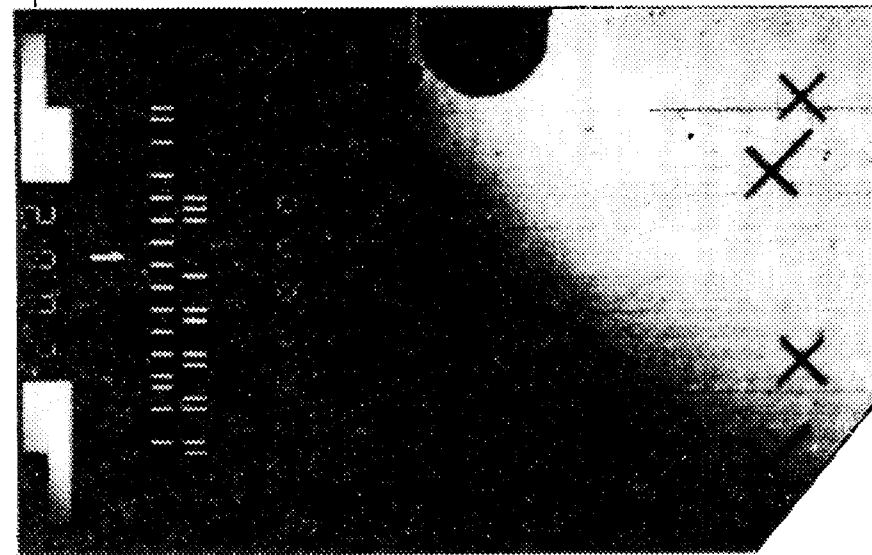
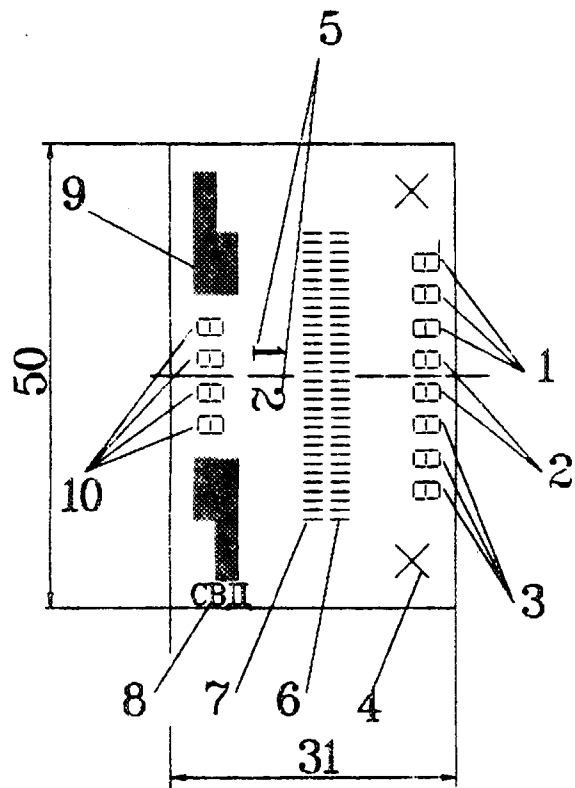


Рис. 8. Блок информационного табло и жидкокристаллический индикатор



ОТПЕЧАТОК СНИМКА ПЕРВОЙ ПРОЕКЦИИ

Рис. 9. Расположение знаков на жидкокристаллическом индикаторе информационного табло БФР:

1—тип триггера, 2—номер расширения БЦПК, 3—номер пленки, 4—реперные кресты, 5—номер стереопары, 6—номер пленки в двоичном коде, 7—номер кадра в двоичном коде, 8—название установки, 9—марки Бренера, 10—номер кадра

## 6. Информационное табло

Информационное табло (ИТ) выполнено на жидких кристаллах (рис.8), работающих на просвет, которые освещаются вспышкой импульсной лампы типа ИФК-2000. Изображение индикатора в масштабе 1:1 объективом впечатывается на каждый кадр фотопленки в момент освещения рабочего объема пузырьковой камеры эксимерным лазером. Так как фоторегистратор состоит из двух одинаковых платформ, табло ставится для каждой стереопары. Интенсивные световые вспышки к индикаторам транспортируются по световодам большого сечения 28×50×800 мм от импульсного осветителя, находящегося в корпусе БФР. Электронное управление блоком ИТ находится в пультовой быстроциклирующей камеры.

Для автоматической обработки снимков на сканирующем автомате НРD, просмотрно-измерительных столах и других полуавтоматических приборах ИТ, впечатываемое на фотопленку, содержит (рис.9):

- а) марки Бренера для остановки кадра на автомате,
- б) номер пленки и номер кадра в двоичном и двоично-десятичном кодах,
- в) реперные кресты,
- г) дополнительную информацию: номер эксперимента, номер пленки, дату, номер сеанса, тип триггера, номер проекции, название установки и проч.

Одним из требований по обработке фильмовых материалов является постоянный контраст элементов табло.

Тип используемой фотопленки - 38 Л, неперфорированная, шириной 50 мм, светочувствительность  $S_{0,85} = 250$  ед. ГОСТ 2817-50. Оптическая плотность знаков информационного табло  $> 2,8$ .

### Основные характеристики БФР

Размер снимка на фотопленке	50 × 178 мм
Размер снимка рабочего объема БЦПК	50 × 145 мм
Размер снимка информационного табло	50 × 33 мм
Масштаб фотографирования	1: 1
Максимальная частота работы БФР в триггируемом режиме	15 Гц
Максимальное количество фотографируемых кадров за цикл ускорителя	7
Количество фотопленки в кассетах	600-800 м
Привод фоторегистратора	электрогидравлический
Габаритные размеры фоторегистратора	990 × 1130 × 1500 мм

Необходимое качество снимков пузырьков с диаметром  $15 \pm 20$  мкм обеспечивается точной юстировкой фоторегистратора относительно БЦПК - расположением фотопленки в плоскости изображения объективов стереоголовки камеры.

## 7. Юстировка фоторегистратора

Процесс настройки БФР проводят в такой последовательности: предварительно устанавливают грани, освещаемые эксимерным лазером, на расстоянии от стереоголовки  $L=600$  мм, равном двойному фокусу объективов вершинного детектора (используются объективы "Индустар 11",  $F=300$  мм, масштаб фотографирования 1:1). Далее идет прокрутка фотостолов в режиме  $f=10$  Гц в течение 15-20 мин. Точная установка граней параллельно фокальной плоскости проводится методом лазерной локации по юстировочным зеркалам, временно закрепленным на корпусе камеры и поочередно на каждой грани фотостолика. Поскольку фоторегистратор работает в режиме динамического удара, прокрутка повторяется несколько раз. Массивная тумба, на которой установлен мальтийский механизм с фотостоликами, стоит на платформе с регулировочными узлами, обеспечивающими перемещение в продольно-поперечных направлениях, что позволяет производить наклон и поворот вокруг оси вращения фотостоликов. Юстировка БФР во время сеанса установки СВД проводится по мере надобности по результатам просмотра тестов и проявленных концов каждой отснятой фотопленки.

## Заключение

В течение всех экспериментов на установке СВД отснято с помощью быстродействующего фоторегистратора более 300 тыс. стереоснимков. В процессе обработки filmовой информации получены точностные данные восстановления пространственной картины взаимодействий: для вершины  $30$  мкм в плоскости, перпендикулярной оптической оси, и  $300$  мкм вдоль оптической оси объективов стереоголовки [4].

Автор благодарит сотрудников ОИЯИ: И.В.Богуславского, И.М.Граменицкого, М.Д.Шафранова за помощь в организации работ; В.А.Авдеева, О.И.Блинова, А.И.Савельева, А.В.Чижова за изготовление деталей и узлов БФР; В.А.Кузнецова за изготовление электроники для ИТ; В.Н.Алмазова, Н.В.Богомолова, В.В.Попова за участие в подготовке и обслуживании БФР во время сеансов СВД, а также сотрудников ИФВЭ (Протвино): Е.Н.Арда-



шева за разработку микропроцессорных систем, обеспечивающих управление и контроль за работой БФР; Е.А.Паршина и В.А.Хмельникова за разработку оптической системы юстировки БФР относительно БЦПК; Г.Я.Митрофанова за подготовку электротехнического оборудования.

Техническое совершенствование БФР проводилось при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант N96-02-17927).

## Литература

1. Андрищин А.М. и др. Препринт ИФВЭ 84-3, Протвино, 1984.
2. Ardashev E.N. et al. Precision liquid hydrogen rapid cycling bubble chamber, Nucl. Instr. and Meth., 1995, A 356, p.210-219.
3. Benichou J.L. et al. A rapid cycling hydrogen bubble chamber with high spatial resolution for visualizing charmed particle decays, Nucl. Instr. and Meth., 1981, v.190, p.487-502.
4. Кравцов В.Д. и Кутов А.Я. Сообщение ОИЯИ Р10-93-354, Дубна, 1993.

Рукопись поступила в издательский отдел  
3 декабря 1996 года.

Самсонов В.А.

P13-96-442

Быстродействующий фоторегистратор установки  
«Спектрометр с вершинным детектором»

Для фотографирования рабочего объема быстроциклирующей пузырьковой камеры на две стереопроекции изготовлен быстродействующий фоторегистратор, рассчитанный на работу с неперфорированной пленкой шириной 50 мм при длине кадра 178 мм. В конструктивном отношении он представляет светонепроницаемый корпус с двумя лентопротяжными механизмами. Шаговые повороты фотостоликов производятся мальтийским механизмом, приводимым в движение гидромотором. Максимальная частота работы фоторегистратора в триггеруемом режиме 15 Гц. К настоящему времени отснято более 300 тыс. стереоснимков.

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1996

Samsonov V.A.

P13-96-442

Rapid Photoregistrator for the Spectrometer with Vertex Detector

A rapid photoregistrator intended for operation with a nonperforated film with width 50 mm and picture length 178 mm is manufactured for photographing of the active volume of the rapid cycling bubble chamber on two stereoprojections. As to the construction, it's a light opaque box with two film-advanced mechanisms. Step turns of the phototables are made by the maltese mechanism set in motion by hydromotor. The maximum frequency of the photoregistrator operation in the triggering regime is 15 Hz. More than 0.3 million stereopictures have been taken.

The investigation has been performed at the Laboratory of Particle Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1996

Редактор Е.В.Калиникова. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 24.12.96

Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд.листов 1,38

Тираж 350. Заказ 49606. Цена 1656 р.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
Дубна Московской области

