

342-20-111

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И Ф В Э
ОЭИ 77-84

А.И. Богянский, В.И. Ермолаев, Н.П. Журавлев, С.Н. Зинин,
В.А. Кренделев, Е.П. Кузнецов, О.И. Михайлов,
Н.А. Нетяга, В.Я. Потапов, В.Г. Рыбаков, В.И. Рыбаченко,
В.С. Филиппов, В.И. Святков, А.П. Шарыкин

ФОТОРЕГИСТРИРУЮЩАЯ СИСТЕМА
ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ СКАТ

E41

**А.И. Богянский, В.И. Ермолаев, Н.П. Журавлев, С.Н. Зимин,
В.А. Кренделев, Е.П. Кузнецов, О.И. Михайлов,
Н.А. Нетяга, В.Я. Потапов, В.Г. Рыбаков, В.И. Рыбаченко,
В.С. Филиппов, В.И. Снятков, А.П. Шарыкин**

**ФОТОРЕГИСТРИРУЮЩАЯ СИСТЕМА
ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ СКАТ**

Направлено в ПТЭ

Аннотация

Богданский А.И., Ермолаев В.И., Журавлев Н.П., Зыкин С.Н., Кределев В.А., Кузнецов Е.П., Михайлов О.И., Нелуга Н.А., Потанов В.Я., Рыбаков В.Г., Рыбаченко В.И., Святков В.И., Филиппов В.С., Шарыкин А.П.
 Фоторегистрирующая система пузырьковой камеры СКАТ. Серпухов, 1977.
 23 стр. (ИФВЗ ОЗН 77-64).
 Библиогр.12.

Описана фоторегистрирующая система, примененная на пропан-фреоновой пузырьковой камере СКАТ. Приведено обоснование выбора параметров системы, технические характеристики фотограмметрических камер, лентопропускных механизмов, систем визуального контроля.

Abstract

Boginsky A.I., Ermolaev V.I., Zhuraviev N.P., Zimin S.N., Kredeliev V.A., Kuznetsov E.P., Mikhailov O.I., Nelyuga N.A., Potanov V.Ya., Rybakov V.G., Rybachenko V.I., Snyatkov V.I., Filippov V.S., Sharykin A.P.
 Photodetection system for Bubble Chamber SCAT. Serpukhov, 1977.
 p. 23. (ИФВЗ 77-64).
 Refs.12.

A photodetection system used in the propan-freon bubble chamber SCAT is described. The grounds for the choice of the system parameters, technical characteristics of the photogrammetric camera, spooling mechanism and visual control system are given.

В В Е Д Е Н И Е

Точность измерения физических параметров частиц, регистрируемых пузырьковой камерой, определяется качеством изображения событий на снимке. Это зависит от качества элементов системы фотографирования: разрешающей способности объективов, возможности корректного учета искажений, контрастности изображения и т.п. Оптическая схема камеры определяет компоновку установки в целом: размеры камеры, габариты и мощность магнита, удобство сопряжения камеры с магнитом, размещение и конструктивную привязку других систем камеры. Параметры фотографической системы также определяют технологию обработки информации с пузырьковой камеры и требования к просмотрно-измерительным приборам, объему и сложности программного обеспечения экспериментов.

Размеры рабочего объема камеры СКАТ ($4,5 \times 1,8 \times 0,95 \text{ м}^3$) были определены из анализа возможных физических процессов, доступных для изучения на Серпуховском ускорителе /1/.

К моменту разработки конструкции камеры СКАТ определялись два типа компоновок систем для фотографирования больших объемов пузырьковых камер: "классические" схемы компоновки и схемы компоновки с применением оптических систем, непосредственно связанных с рабочим объемом камеры, — "Гаргамель", "Мирабель", 12-футовая камера ANL и др. /2-4/.

Для камеры СКАТ была выбрана "классическая" компоновка фото-регистрирующей системы с освещением "под 90°". Схема компоновки камеры, системы фотографирования и освещения приведена на рис. 1.

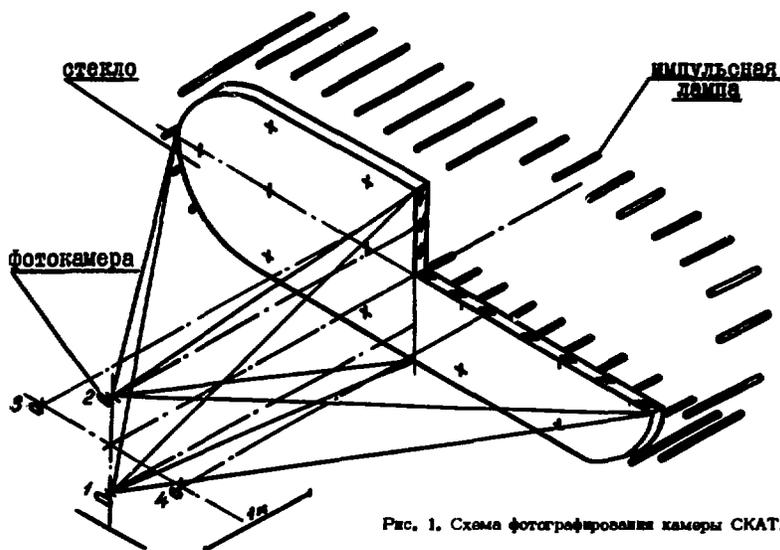


Рис. 1. Схема фотографирования камеры СКАТ.

Рабочий объем камеры отделен от фотографирующей системы слоем воды (2,5 м). Вода, заливаемая в "охранный" объем, отделена от рабочей жидкости стеклом с размерами $4200 \times 1100 \text{ мм}^2$ и толщиной 144 мм. Стекло закреплено в специальной обойме и имеет возможность перемещаться как в процессе заполнения камеры рабочими жидкостями, так и в цикле изменения давления (система с "плавающим" стеклом).

Выбор такой схемы был определен следующими соображениями.

1. Фотографирование рабочего объема камеры при непосредственном контакте объективов с рабочей средой требует установки большого числа объективов. Это требует создания специализированных приборов для обработки информации с пузырьковой камеры и приводит к усложнению просмотра снимков.

2. Компановка в таком варианте с применением автоколлимационной системы освещения для камеры с тяжелым наполнением не может дать удовлетворительного качества изображения, так как показатель преломления существенно отличается от единицы, и поэтому контраст и разрешающая способность сильно падают при прохождении света через большой слой жидкости. Кроме того, при непосредственном контакте первого элемента объектива с рабочей жидкостью требуется более точная термостабилизация.

3. В рассматриваемых схемах необходимо применять широкоугольные объективы сложной конструкции. Это существенно удорожает стоимость оптической системы камеры, усложняет калибровку оптических систем и создание математических моделей, используемых в программах определения оптических констант.

4. "Классическая" схема позволяет максимально упростить технологию обработки информации, так как допускает установку на камеру минимального количества фотокамер. Обработка снимков с камеры возможна на универсальных просмотрово-измерительных приборах.

В данной работе описывается конструкция фоторегистрирующей системы пузырьковой камеры СКАТ, содержится обоснование выбора характеристик элементов фоторегистрирующей системы.

1. ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОРЕГИСТРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Можно показать, что для идеальной безабберационной оптики фоторегистрирующего канала и при оптимально выбранном относительном отверстии объектива пространственная разрешающая способность в рабочем объеме камеры для плоскости наилучшей наводки не зависит от масштаба фотографирования и достигает предела, определяемого выражением:

$$\delta X = \sqrt{\frac{k \cdot \lambda \cdot \Delta}{2}}, \quad (1)$$

где: δX – разрешающая способность на оси фотокамеры для плоскости наилучшей наводки; k – коэффициент пропорциональности, зависящий от критерия разрешения (для критерия Рэля $k = 1,22$); λ – расчетная длина волны света; Δ – глубина фотографируемого объема.

Оптимальное относительное отверстие вычисляется при этом из соотношения:

$$A = \sqrt{\frac{2 k \cdot \lambda}{V_1 \cdot V_2 \cdot \Delta}}, \quad (2)$$

V_1, V_2 – масштабы фотографирования для переднего и заднего планов фотографирования. Из соотношения (2) можно видеть, что фотографирование выгодно производить в коротковолновой части спектра с минимально возможным масштабом съемки. В этом случае растет значение оптимального относительного отверстия, снижается требование к чувствительности фотоматериала и мощности осветительной системы.

Нижняя граница для V_1 и V_2 определяется при учете реальных свойств элементов фоторегистрирующей системы и характеристик измерительных приборов, используемых для обработки filmовой информации – абсолютной точности и дискретности отсчетных систем приборов, уровня амплитуд вибраций измерительных приборов.

Реальная разрешающая способность в камере определяется соотношением:

$$dX = \sqrt{\sum_{i=1}^m \delta X_i^2}, \quad (3)$$

δX – полуширина распределения энергии в изображении точки, аппроксимированного функцией Гаусса. При этом учитывается дифракция света на элементах оптики, дисперсия света в средах, рассеяние света, разрешающая способность фотопленки, дискретность отсчетных систем измерительных приборов.

Конкретный анализ показал, что при разрешающей способности фотоматериала ($70 \div 100 \text{ мм}^{-1}$) и точности измерительных устройств

($2,5 \div 5 \cdot 10^{-3}$ мкм) приемлемый масштаб регистрации для переднего плана фотосъемки без существенной потери пространственного разрешения в камере должен быть $\sim 1/20$. При этом максимальная реальная разрешающая способность в центре камеры (для $\lambda = 0,5 \div 0,6$ мкм) равна 0,6 мм.

Выбранные параметры фотографирования определили основные требования к элементам оптической системы камеры СКАТ^{1,5/}.

Т а б л и ц а 1

Требования к точности элементов оптической системы

Параметры системы	Численное значение параметра
1. Точность измерения показателей преломления света	
- во фреоне 13В1	$\pm 2 \cdot 10^{-4}$
- для материала стекла	$\pm 5 \cdot 10^{-4}$
2. Точность обработки поверхностей стекла (плоскостность) в кольцах Ньютона на $\varnothing 100$ мм	± 5
3. Клинообразность блока стекла в любом сечении	± 1 мм
4. Общий радиус кривизны поверхностей стекла	1000 м
5. Разрешающая способность фотокамер на пленке	
- в центре	$40 \div 42$ мм ⁻¹
- на краю	$15 \div 20$ мм ⁻¹
6. Стабильность положения "плавающего" стекла	
- перемещение в цикле расширения	$\approx 0,3$ мм
- наклоны	$\approx 2 \cdot 10^{-3}$ рад

2. ТРЕБОВАНИЯ К СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СРЕД

Выбранная схема компоновки и фотографирования камеры выдвигает ряд требований к рабочим средам камеры и воде в охранном объеме.

Рабочая жидкость

Основные требования к рабочей жидкости для получения качественных фотографий заключаются в сохранении стабильности коэффициента преломле-

ния и малом рассеянии света. Поведение коэффициента преломления фреона 13В1 (один из основных заполнителей камеры) в рабочем интервале температур исследовалось в работе^{/6/}. Для интервала температур $30 \pm 35^\circ$ скорость изменения показателя преломления света для спектральной линии D оказалась равной $\Delta n_D / \Delta t = 1,6 \cdot 10^{-3}$ град⁻¹. Соответственно, требование на термостабилизацию рабочей температуры при допуске отклонения показателя преломления $\Delta n_D = 5 \cdot 10^{-4}$ равно $\pm 0,3^\circ\text{C}$.

В рабочих условиях стабильность температуры фреона зависит от стабильности статической температуры фреона в поджатом состоянии (обеспечивается $\pm 0,2^\circ\text{C}$) и стабильности величины динамического охлаждения фреона в момент фотографирования (при расширении фреона). Динамическая температура фреона определяется стабильностью коэффициента расширения фреона, что, в свою очередь, зависит от качества временных характеристик системы расширения камеры.

Уменьшение фона рассеянного света во фреоне достигается фильтрацией фреона от примесей не более 50 мкмк^* и применением для освещения рабочего объема камеры поляризованного света^{/7/}, что значительно снижает рассеяние света на термодинамических неоднородностях фреона.

Фотографирование рабочего объема производится на фоне экрана с черным покрытием (коэфф. Альbedo $0,05 \pm 0,1$). Импульсные светильники закрыты системой жалюзи, экранирующей объективы от прямого попадания света лампы и воду в охранном объеме камеры от освещения.

Вода охранного объема

К качеству заполняющей охранной объем воды предъявляются жесткие требования по оптическим свойствам – сохранение максимальной прозрачности и стабильности коэффициента преломления света в течение сеанса работы. По совокупности физико-химических свойств – вязкость, теплопро-

*) В качестве фильтров используются материалы фирмы "Millipore".

водность, сжимаемость, скорость изменения показателя преломления от температуры – вода имеет существенные преимущества по сравнению с другими прозрачными жидкостями. Однако вода имеет существенный недостаток. В рабочих условиях трудно сохранить ее высокую прозрачность и стабильность коэффициента преломления в течение длительного времени.

Проблема стабилизации оптических свойств воды изучалась в двух направлениях: сведение к минимуму площади контакта воды с корродирующими материалами и изучение факторов, влияющих на скорость коррозии сталей в воде и скорость поступления продуктов коррозии в воду. Внутренняя поверхность корпуса охранного объема камеры, отлитого из стали (Ст. 20), была плакирована нержавеющей сталью. Другие средства защиты (лакокрасочные покрытия, гальванические покрытия) оказались малоэффективными или технологически недоступными из-за большой площади внутренней поверхности охранного объема.

Изучение химических средств борьбы с коррозией дало следующие результаты.

1. Скорость коррозии стали Ст. 20 в дистиллированной воде с ингибиторами (бихромат натрия и гексаметафосфат натрия с концентрациями, приемлемыми по оптическим свойствам раствора) при температуре $t = 35^{\circ}\text{C}$ по сравнению со скоростью коррозии стали в обессоленной воде снижается на несколько порядков и составляет $0,04 \text{ г/м}^2/\text{час}$.

2. Скорость коррозии в воде, обессоленной методом ионного обмена при тщательной дегазации, характеризуется следующими показателями:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| а) вода, равновесно насыщенная кислородом и углекислым газом | - $0,022 \text{ г/м}^2/\text{час}$; |
| б) вода без углекислого газа | - $0,003 \text{ - " -}$ |
| в) вода без кислорода и углекислого газа | - $0,001 \text{ - " -}$ |

Таким образом, наиболее эффективным способом борьбы с коррозией является тщательная дегазация воды, обессоленной методом ионного обмена.

В первых сеансах работы установки технология дегазации воды в емкостях методом вакуумирования и выдержки под вакуумом в течение

недели дала положительные результаты. Спектр пропускания света водой после испытаний в течение месяца приведен на рис. 2. Эти данные позволяют сделать вывод, что оптимальный диапазон ахроматизации оптических систем должен быть в пределах $\lambda = (450 \text{ мкм} \div 700 \text{ мкм})$.

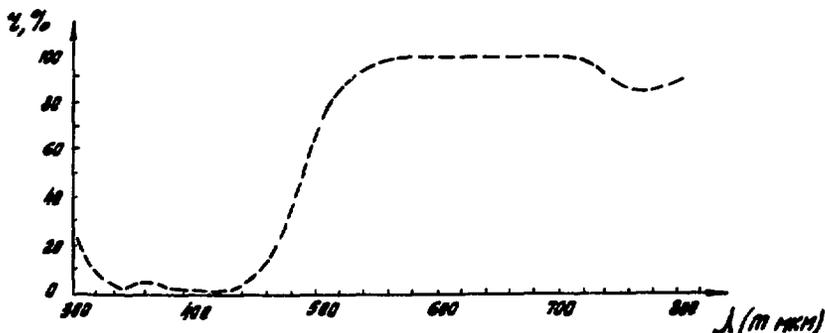


Рис. 2. Спектр пропускания света дегазированной водой, обессоленной методом нового обмена (данные приведены после испытания воды в течение месяца).

3. ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧЕГО ОБЪЕМА

В камере СКАТ используется схема освещения рабочего объема "под 90° ". Импульсные светильники в количестве 25 штук располагаются по периферии рабочего объема камеры на верхней и нижней стенках его корпуса. Импульсные осветители построены на базе специально разработанной кварцевой импульсной лампы типа ИФП 2000-3^{18/}, имеющей ресурс работы до 10^5 срабатываний.

В рабочих условиях, при осуществлении циклов изменения давления в камере, светильники испытывают значительные динамические нагрузки, вызванные быстрыми деформациями корпуса рабочего объема (прогиб 1 мм за 0,05 с), движением жидкости в циклах расширения. Это потребовало применения специальных конструктивных мер защиты импульсных ламп от вибраций: жесткого крепления корпусов осветителей к стенке рабочего

объема камеры, опоры корпуса импульсной лампы на стеклянную или кварцевую трубку и крепления электродных узлов лампы в сферических шарнирах, обеспечивающих развязку от температурных деформаций^{/9,10/}.

Для повышения ресурса работы установки без замены импульсных ламп, требующей специальных мер и остановки камеры, в каждом светильнике одновременно устанавливаются две лампы (рис. 3). Питание ламп осуществляется от одного блока поджига и конденсаторной батареи. Охлаждение светильников производится продувкой сжатым воздухом. Система охлаждения имеет специальные клапанные и сигнализирующие устройства, блокирующие работу разгерметизированных светильников.

4. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ КАМЕРЫ

В фотограмметрических камерах используются специально разработанные широкоугольные высокоразрешающие фотообъективы^{/5/}. Характеристики объектива приведены на рис. 4. и в табл. 2. Фотокамера конструктивно оформлена в виде нерасстраивающегося узла (рис. 5). Корпус фотокамеры, выполненный из антикоррозийного немагнитного титанового сплава, имеет посадочные фланцы и центрирующие пояски, обеспечивающие сохранение стереобазы при многократных сборках установки. На камере одновременно устанавливается четыре фотограмметрические камеры. Две фотокамеры, установленные на главной вертикальной стереобазе, регистрируют весь рабочий объем. Формат снимка этих камер $220 \times 67 \text{ мм}^2$. Две другие фотокамеры регистрируют по половине рабочего объема (с перекрытием 10%).

На выравнивающем стекле каждой фотокамеры по периферии кадра нанесены filmовые реперные кресты, впечатываемые контактным образом на фотопленку импульсной подсветкой, выполненной на полупроводниковых светодиодах.

С целью предупреждения аварийных ситуаций на пузырьковой камере установлена система, компенсирующая утечки воды из охранного объема.

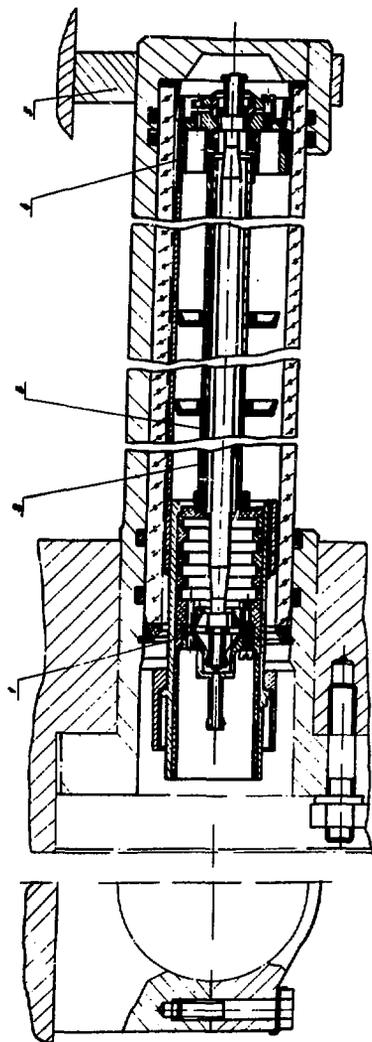


Рис. 36. Вармавт установка осветителя с использованием наружных штормов: 1 - шарнирная опора крепления электрода, 2 - лампа, 3 - стеклянная трубка системы обдува, 4 - кофта, 5 - опора закрепления пемала к корпусу камеры.

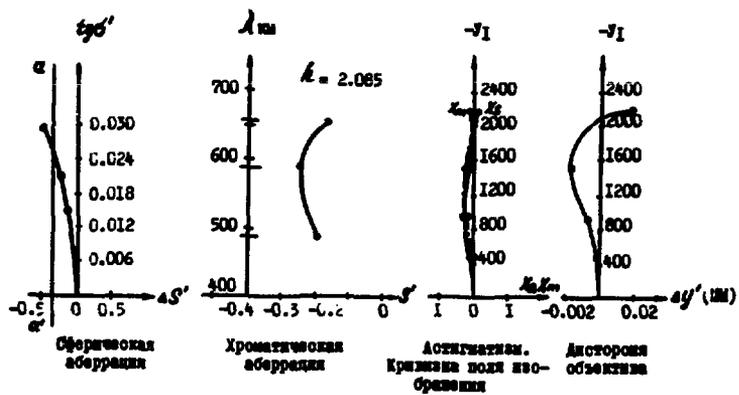
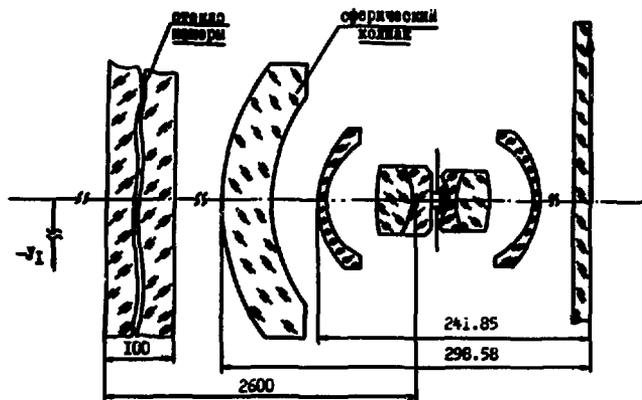


Рис. 4. а) оптическая схема объектива, б) абберационные характеристики объектива.

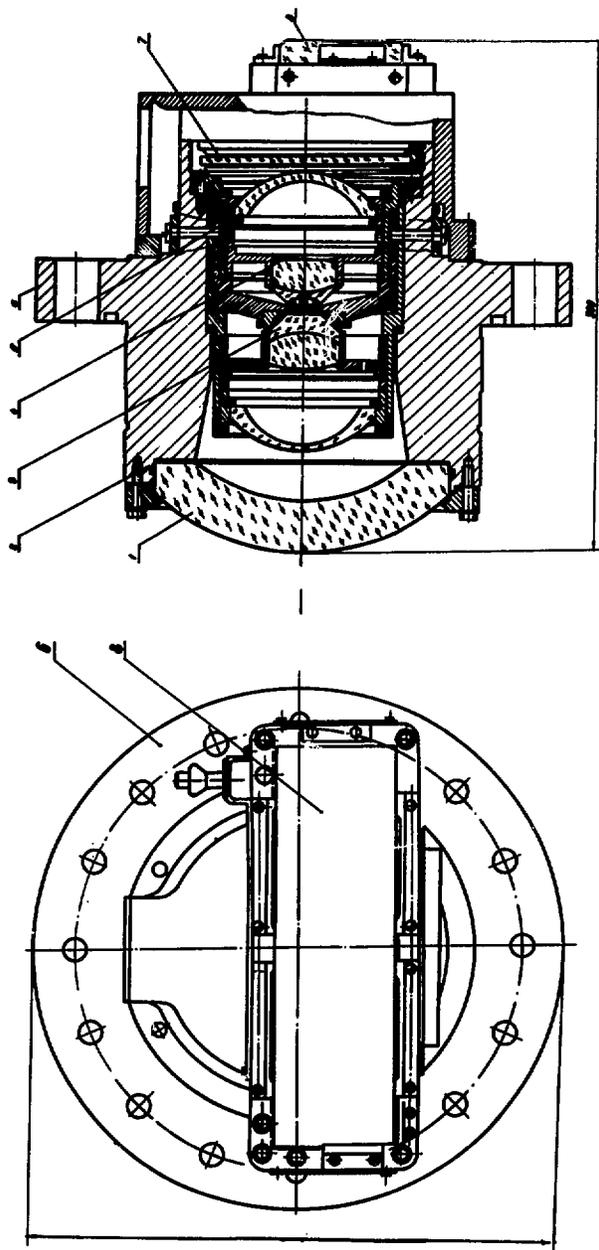


Рис. 5. Конструкция узла фотограмметрической камеры (ФК) с объективом Ортингов-12; 1-5 - линзы объектива (элемент 1 является также слюдяным контактом), 6 - корпус ФК, 7 - светофильтр, 8 - выравняющее стекло.

Таблица 2

Параметр	Численное значение
Фокусное расстояние в воздухе	$100 \pm 0,8$ мм
Угол поля зрения	
- в воздухе (полный)	103°
- в воде (рабочий)	80°
Относительное отверстие	$1/16,5 \div 1/32$
Остаточная максимальная радиальная дисторсия по полю на пленке	0,3 мм
Разрешающая способность	
- в центре	40 ± 2 мм ⁻¹
- на краю	20 ± 5 мм ⁻¹
Масштаб съемки	
- передний план	1/19,6
- задний план	1/27

5. ЛЕНТОПРЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФОТОРЕГИСТРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

Общий вид компоновки ЛПМ на установке представлен на рис. 6. Система блоков ЛПМ крепится на общей грузовой плите, имеющей юстировочные подвижки относительно охранного объема камеры СКАТ.

На каждую фотограмметрическую камеру на каретке, имеющей привод от пневмоцилиндра, одновременно установлено два блока ЛПМ, полностью готовых к работе.

Каретки имеют два фиксированных положения относительно фотограмметрических камер. В одном из них в рабочем положении находится один блок ЛПМ. При переключении положения каретки в случае обрыва или конца фотопленки в блоке в рабочее положение входит второй блок ЛПМ. Та-

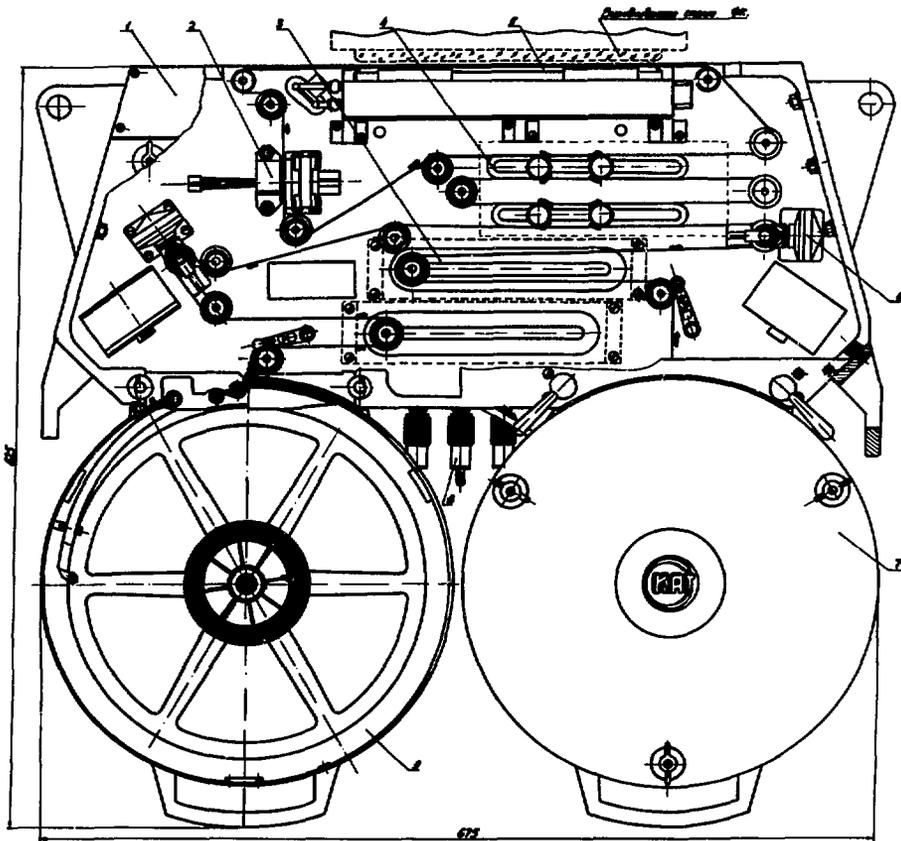


Рис. 6. Общий вид лентопротяжного механизма: 1 - корпус ЛПМ, 2 - блок ввода служебной информации, 3 - узел накопления пленки, 4 - узел кадровой протяжки пленки, 5 - фальмовый канал, 6 - прижимное устройство, 7 - приемная кассета, 8 - штуцеры трассы подачи сжатого газа на устройства подматки и протяжки пленки, 9 - подающая кассета.

ким образом, смена фото пленки, мелкие профилактические работы, устранение неисправностей не приводят к необходимости остановки камеры и эксперимента.

Переключение ЛПМ предусмотрено в двух вариантах: ручное и дистанционное. Для этой цели в системе питания пневмоцилиндров приводов кареток установлены ручные двухпозиционные вентили и электромагнитные золотниковые клапаны.

В каждом блоке ЛПМ установлены микроконтакты, фиксирующие и сигнализирующие конец или обрыв пленки. Этот сигнал используется для автоматического переключения ЛПМ и коммутации электрических цепей контроля и управления ЛПМ.

Конструкции всех блоков ЛПМ полностью идентичны и разработаны на основе пневматического устройства для прерывистого перемещения пленки, описанного в ^{11/}. Общий вид блока ЛПМ представлен на рис. 7. Характеристики ЛПМ приведены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Параметры ЛПМ	Численное значение параметра
формат используемой фото пленки	70 мм
Емкость кассет для фото пленки	300 м
Максимальный шаг перемотки	240 мм ± 1
Привода, управление	пневматическое
Время переключения кадров (минимальное)	70 мс
Объем впечатываемой на снимок служебной информации	марки Бреннера, номер пленки (0÷9999), номер кадра (0÷1999).

Электронная стойка управления ЛПМ ^{12/} имеет канал передачи информации для записи в ЭВМ номеров пленок и кадров в течение эксперимента; имеется канал, блокирующий работу ЛПМ и осветительной систе-

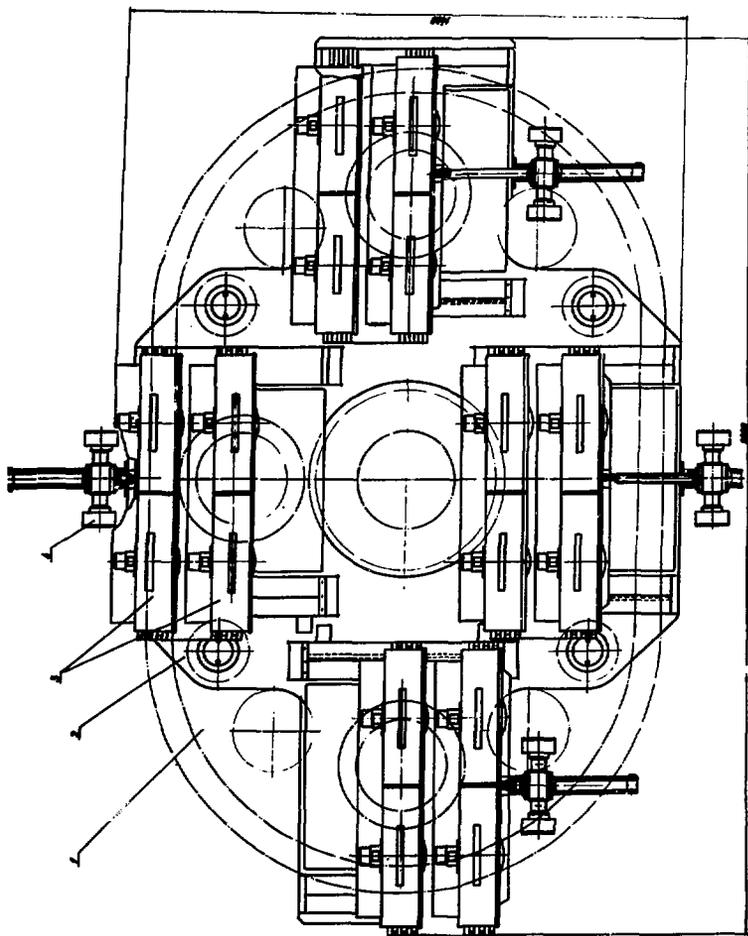


Рис. 7. Общий вид комплексы блока ленточных механизмов: 1 - корпус ограниченного объема пазысковой камеры, 2 - базовая плита для крепления ленточных механизмов в вспомогательных системах, 3 - скелетные блоки ленточных механизмов, 4 - устройство смены ленточных механизмов.

мы камеры в случае отсутствия пучка частиц. На центральный пульт управления выводится оперативная информация: номера пленок и кадров, количество пленки в кассетах, правильность работы механизмов покадровой перемотки, обрыв пленки в ЛПМ.

6. ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ

Для обеспечения возможности проведения визуального контроля за процессами наполнения рабочего объема камеры и периодических внутренних осмотров на камере установлена специальная перископическая система^{15/}. Схема системы приведена на рис. 8. Перископ имеет два канала вывода изображения: на контрольный фоторегистратор, работающий на 35-мм перфорированной фотопленке, и на телевизионную камеру. Видимое увеличение перископа - 0,5. Линейное поле зрения в рабочем объеме - 500 мм. Для освещения рабочего объема при визуальном наблюдении используются ртутные люминесцентные лампы.

7. РЕПЕРНЫЕ ЗНАКИ НА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ "ПЛАВАЮЩЕГО" СТЕКЛА

Малое отличие значений коэффициентов преломления света стекла и фреона, выбранная схема системы освещения рабочего объема камеры и большое угловое поле зрения объективов ($2\beta = 80^\circ$) не позволяют выполнить реперные знаки на стекле традиционным способом - матированием стекла абразивными порошками, так как в этих условиях индикатрисса рассеяния света матированным стеклом имеет малую ширину (полуширина $\sim 10^\circ$). При первых запусках камеры использовались реперные знаки, выполненные по схеме, представленной на рис. 9. В этой конструкции свет рассеивается полированной поверхностью стального шарика (коэффициент отражения света $R \approx 0,7$, диаметр шарика $d = 1$ мм). Смещение

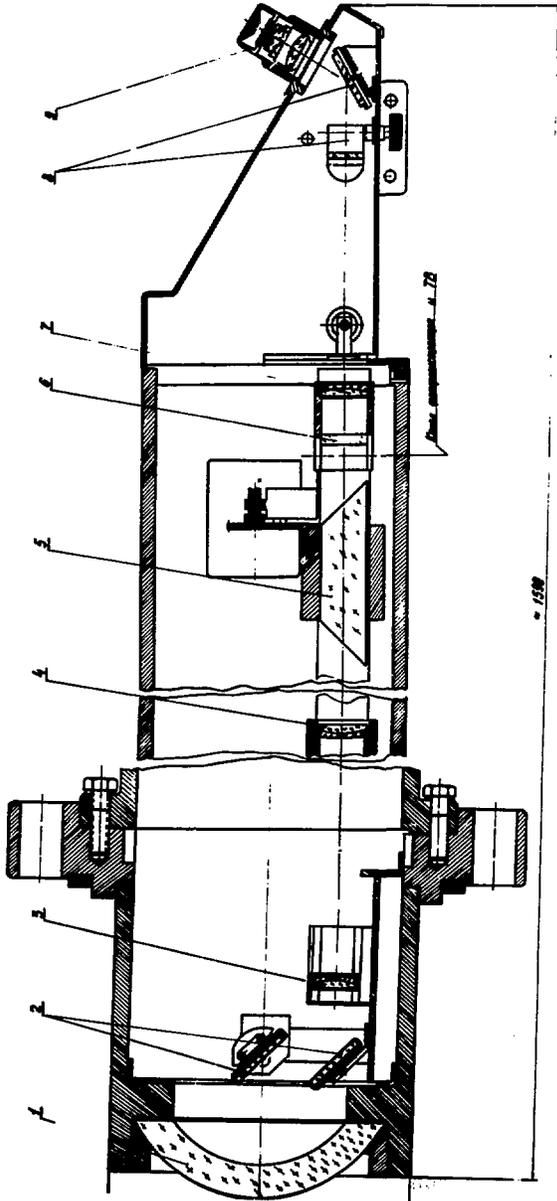


Рис. 8. Система визуального наблюдения рабочего объема: 1 - защитное стекло, 2 - зеркало, 3,4,5,7 - оптические элементы перископа, 6 - полупрозрачное зеркало, 8 - зеркало, 9 - окуляр.

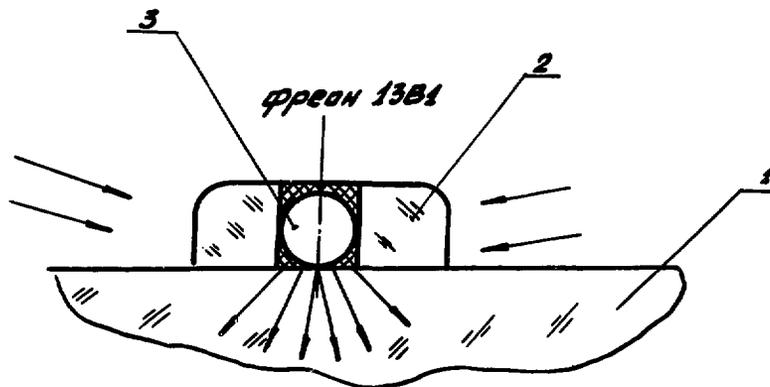


Рис. 8. Схема реперного знака: 1 - стекло камеры, 2 - оправа, 3 - стальной шарик диаметром 1 мм.

мнимых изображений источников света, даваемых сферой, - "линзовый эффект" - при освещении шарика со всех сторон в рабочем диапазоне углов поля зрения объективов сравнительно мало, однако оно должно учитываться при определении оптических констант.

В заключение авторы работы благодарят коллективы рабочих и инженеров опытного производства ИФВЭ, Минского механического завода, Казанского оптикомеханического завода, Лыткаринского государственного завода оптического стекла, принявших участие в изготовлении деталей и узлов системы фотографирования камеры СКАТ.

Авторы благодарны Е.Н.Чернову, В.Д.Эрхиму и В.В.Терешину, выполнившим большой объем работ по регулировке узлов системы фотографирования камеры СКАТ, Г.И.Селиванову - за ряд ценных критических замечаний.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Е.П.Кузнецов. О проекте пропан-фреоновой камеры СКАТ. ОИЯИ 10-4269, Дубна, 1968;
Е.П.Кузнецов и др. Труды Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий, Дубна, 1971, т. 2, стр. 675;

- А.З.Барабашев и др. Материалы рабочего совещания по технике пузырьковых камер. ОИЯИ 13-4466, Дубна, 1969, стр. 51;
А.З.Барабашев и др. Препринт ИФВЭ 71-75, Серпухов, 1971;
А.В.Астахов и др. Электрофизическая аппаратура, вып. 9, М., Атомиздат, 1971, стр. 114.
2. Int. Coll. on Bubble Chambers, Heidelberg, 1967, CERN 67-26, vol. 1, 111, Geneva, 1967.
 3. Prog. of Int. Conf. on Bubble Chambers, Argonn, 1970.
 4. Int. Coll. on Bubble Chambers, Heidelberg, 1967, CERN 67-26, vol. 1, 97, Geneva, 1967.
 5. Е.П.Кузнецов и др. Материалы рабочего совещания по технике пузырьковых камер, ОИЯИ 13-4466, Дубна, 1969, стр. 70.
 6. Д.С.Баранов, О.И.Михайлов. Препринт ИФВЭ 75-113, Серпухов, 1975.
 7. О.И.Михайлов. Импульсный осветитель для освещения рабочего объема тяжелых пузырьковых камер в схемах освещения под углом в 90° . А.С. № 477375, БОИПОТЗ, № 28, 109, 1975.
 8. А.З.Барабашев и др. Материалы рабочего совещания по технике пузырьковых камер. ОИЯИ 13-4466, Дубна, 1969, стр. 85; ПТЭ, № 3, 175 (1971).
 9. Е.П.Кузнецов и др. Материалы рабочего совещания по технике пузырьковых камер, ОИЯИ 13-4466, Дубна, 1969, стр. 74.
 10. А.З.Барабашев, Е.П.Кузнецов, О.И.Михайлов и др. Устройство для крепления импульсной лампы в пузырьковой камере. А.С. № 312222, БОИПОТЗ, № 25, 180, 1971.
 11. Н.П.Журавлев, С.Н.Зимин, О.И.Михайлов, Е.П.Кузнецов. Устройство для прерывистого перемещения пленки. А.С. № 489065, БОИПОТЗ, № 39, 119, 1975.
 12. О.И.Михайлов, В.Г.Рыбаков. Препринт ИФВЭ 71-121, Серпухов, 1971.

Рукопись поступила в издательскую группу
28 апреля 1977 года.



Цена 12 коп.

**© – Институт физики высоких энергий, 1977.
Издательская группа И Ф В Э
Заказ 594. Тираж 260. 1 уч.-изд.л. Т-07356.
Май 1977. Редактор Н.П. Ямба.**