

Алмазов А.Я.

Ц846
А-508



АЛМАЗОВ, А.Я. и др.
Б1-10-5452.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б1-10-5452

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 1970 г.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория вычислительной техники и автоматизации

Алмазов А.Я., Ермолаев В.В., Инкин В.Д.,
Каржавин Ю.А., Котов В.М., Позе Р.,
Скрыль И.И.

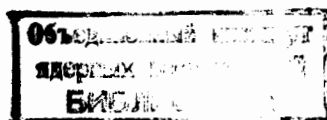
2.845
H-508

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ФОТОГРАФИЙ С ТРЕКОВЫХ КАМЕР "ПУМА"

Проект

с.ф. 3134

16 XII To Koz



Дубна, 1970 г.

Установка "ПУМА" предназначена для замены известного измерительного прибора ПУОС /I/, разработанного в ОИЯИ в 1963 году и выпускавшегося Ленинградским оптико-механическим объединением в 1965-1966 годах.

Приборы типа ПУОС успешно эксплуатируются во многих физических институтах как в нашей стране, так и за рубежом, однако в настоящее время эти установки устарели. Опыт эксплуатации ПУОСов показывает, что производительность работы на них в 3-5 раз ниже, чем на аналогичных, но более сложных установках, применяемых за рубежом.

Основные недостатки ПУОСов, затрудняющие работы операторов и снижающие производительность труда, следующие:

1. Отсутствие обзорного экрана.
2. Невозможность работы с несколькими стереопроекциями.
3. Отсутствие лентопротяжного устройства.
4. Неудобное управление перемещением измерительного стола.
5. Отсутствие режима автосогрвождения следов.
6. Отсутствие автоматического поиска нужного кадра.
7. Отсутствие автоматической установки измерительного стола в заданное положение. (Поиск реперных крестов и возврат к вершине события после измерения очередного трека).
8. Отсутствие непосредственной связи (*on-line*) с ЭВМ.

Некоторые недостатки устраняются потребителями в процессе эксплуатации (вводятся простейшие фильмопротяжные устройства, используется режим *on-line* с ЭВМ), однако, эти усовершенствования позволяют увеличить производительность работы операторов в 1,5 раза л.3,4,5/.

Автоматизация операций по вводу служебных знаков, поиска и установки нужного кадра, обмера крестов, возврата к вершине события после измерения очередного трека увеличивает производительность работы оператора в 4-5 раз.

Действительно, средняя скорость работы оператора на установке ПУОС составляет ~20 минут на событие (3 соб/час).

Установки, реализующие указанные выше функции (система *СОВWEB*, Беркли) позволяют получить среднюю скорость измерения 10-15 соб/час (без автоматического сопровождения по следу).

Доведение ПУОСов до указанного выше уровня автоматизации встречает целый ряд трудностей, связанных с использованием в ПУОСе промышленного микроскопа УИМ-2Г (например, трудность установки обзорного экрана, ограничение числа фильмопротяжных устройств до двух для 70 мм пленки, неудобный привод кареток, подвижный объектив и др.).

Все эти недостатки микроскопа УИМ-2Г приводит к тому, что даже ограниченная модернизация ПУОСов связана с проведением специальных конструкторских разработок, которые требуют больших усилий (большой экран, фильмопротяжные устройства и т.п.) при сомнительном выигрыше в производительности.

Дальнейшей возможностью резкого повышения производительности работы на полуавтоматических устройствах является введение автоматического сопровождения с управлением от электронно-вычислительной машины (ЭВМ).

Опыт работы зарубежных лабораторий показывает, что это дает увеличение производительности, по крайней мере, в два раза.

Так на приборе "*Sweepnik*" получена скорость обработки событий 30-40 событий в час.

Из сказанного ранее можно следующие выводы:

1. Современные полуавтоматические приборы позволяют получить скорость измерения фотографий в 10 раз большую, чем установки ПУОС.

2. Модернизация имеющихся установок ПУОС связана с коренным изменением основного узла ПУОС-микроскопа УИМ-2I с созданием специальных узлов (фильмопротяжных устройств и др.), что требует большего объема конструкторских работ, чем использование в ПУОСах вместе УИМ-2I специально сконструированного измерительного стола.

1. Описание структурной схемы

При создании оптико-механической части прибора "Спиральный измеритель" (СИ) группой конструкторов из ОИЯИ, ГДР и ряда физических институтов СССР^{/6/} была предусмотрена возможность использования основных узлов СИ для модернизации установок ПУОС, что было указано в препринте ОИЯИ^{/7/}.

Использование узлов СИ специально сконструированных для этой цели: микроскоп стола, фильмопротяжного устройства, приводов и т.п. (следует отметить, что эти узлы в настоящее время изготавливаются в ГДР в количестве 11 штук) позволяет резко сократить объем конструкторских работ по модернизации ПУОСов.

Кроме этого, может быть использован целый ряд электронных узлов от прибора СИ, которые будут выпускаться промышленностью.

Блок-схема модернизированной установки ПУОС с использованием узлов СИ, названной ПУМА (полуавтоматическая установка модернизированная с автосопровождением) приведена на рис. 1.

На ней показаны основные узлы прибора, оптико-механическая часть, электронные блоки, управляющие отдельными узлами оптико-механической части, и управляющая вычислительная машина с набором стандартных устройств ввода-вывода.

Общий вид установки ПУМА показан на рис 3 и 4.

Принципиальная схема оптико-механической части приведена на рис. 2. Обрабатываемый снимок 5 проецируется одновременно на обзорный экран 15 измерительный экран 1, а также на устройство автосопровождения (на рисунке не показанное). Проекционная система состоит из осветителя 4, фильмового канала с обрабатываемым снимком 6, трех объективов 11, 12 и 13, полупрозрачного зеркала и отражающих зеркал 10, 14 и 2.

Фильмовый канал неподвижно закреплен на верхней каретке измерительного стола 14 (рис. 5) и может перемещаться по двум взаимноперпендикулярным направлениям (X-Y-направления) относительно неподвижного проекционного объектива 11. Для измерения положения кареток стола используются два отсчетных узла 7 с дифракционными решетками. Управление движением измерительного стола осуществляется с помощью электронных блоков перемещения по X- и Y-направлению

Узел смены проекций представляет собой раму с установленными на ней фильмопротяжными механизмами, которая может перемещаться по направляющим относительно измерительного стола. Каждый фильмопротяжный механизм состоит из приемной и подающей бобин 12, ведущих роликов и фотоэлектрического узла считывания служебной информации, имеющейся на обрабатываемой фотопленке. Процессом поиска и установки в фильмовый канал нужного снимка с проекцией обрабатываемого события управляет ЭВМ.

Пульт контроля и управления состоит из обзорного экрана 15, измерительного экрана 1, пульта двухсторонней связи операторов

с ЭВМ, кнопок управления, "шара положения".

Вычислительная машина используется для организации всего процесса обработки, накопления полученных данных, а также для контроля за действием оператора и качеством работы установки. Практически все основные узлы прибора функционально независимы и связаны между собой только через ЭВМ с помощью программы управления.

2. Измерительный стол с фильмовым каналом

Общий вид измерительного стола показан на рис. 5. На плате IO измерительного стола на шарикоподшипниках перемещается средняя каретка 2 (X-каретка). Внутренние подшипники, направляющие перемещение каретки, являются опорными, наружные - подпружинены и осуществляют силовое замыкание. Полное перемещение каретки по направлению X составляет 250 мм. Верхняя каретка I4 (Y-каретка) установлена на X-каретке и перемещается относительно её по замкнутым призматическим направлениям. Полное перемещение Y-каретки составляет 100 мм. Каждое крайнее положение кареток ограничено двумя конечными выключателями (нормальным и аварийным). Привод кареток осуществляется парой винт-гайка I2 и I3 по направлению X и парой винт-гайка 5 и 6 по направлению Y. Пара винт-гайка выбрана специальной конструкции, обеспечивающей отсутствие люфта и постоянный коэффициент трения в передаче. Приводимые винты I2 и 5 связаны через безлюфтовые редукторы с электродвигателями II и 4, соответственно. Положение стола по X и Y-направлениям измеряется с помощью отсчетных узлов с дифракционными решетками 9 и I, соответственно. Шаг штрихов, занесенных на дифракционной решетке, равен 10 мкм. На плате IO закреплены также линзы освети-

с ЭВМ, кнопок управления, "шара положения".

Вычислительная машина используется для организации всего процесса обработки, накопления полученных данных, а также для контроля за действием оператора и качеством работы установки. Практически все основные узлы прибора функционально независимы и связаны между собой только через ЭВМ с помощью программы управления.

2. Измерительный стол с фильмовым каналом

Общий вид измерительного стола показан на рис. 5. На плате IO измерительного стола на шарикоподшипниках перемещается средняя каретка 2 (X-каретка). Внутренние подшипники, направляющие перемещение каретки, являются опорными, наружные - подпружинены и осуществляют силовое замыкание. Полное перемещение каретки по направлению X составляет 250 мм. Верхняя каретка I4 (Y-каретка) установлена на X-каретке и перемещается относительно её по замкнутым призматическим направлениям. Полное перемещение Y-каретки составляет 100 мм. Каждое крайнее положение кареток ограничено двумя конечными выключателями (нормальным и аварийным). Привод кареток осуществляется парой винт-гайка I2 и I3 по направлению X и парой винт-гайка 5 и 6 по направлению Y. Пара винт-гайка выбрана специальной конструкции, обеспечивающей отсутствие люфта и постоянный коэффициент трения в передаче. Приводимые винты I2 и 5 связаны через безлюфтовые редукторы с электродвигателями II и 4, соответственно. Положение стола по X и Y-направлениям измеряется с помощью отсчетных узлов с дифракционными решетками 9 и I, соответственно. Шаг штрихов, занесенных на дифракционной решетке, равен 10 мкм. На плате IO закреплены также линзы освети-

тельной системы 7.

Фильмовый канал 8 установлен на верхней каретке I4. Фиксация пленки в фильмовом канале осуществляется с помощью присоса. Откачка воздуха производится через канавку, расположенную по периметру окна фильмового канала, и через дополнительные отверстия, которые независимо от канавки соединены с системой откачки воздуха.

Положение пленки вдоль длины фильмового канала направляется специальными выступами. С одной стороны фильмового канала расположены неподвижные выступы, с другой - подпружиненные. Перед включением системы откачки воздуха и осуществлением присоса пленки должна быть введена в фильмовый канал. Эта операция осуществляется с помощью неподвижной прижимной рамки, установленной на кронштейне узла проекционных объективов (на рис. 3 не показана).

3. Узел смены проекций

На рис. 6и7 показан узел смены проекций и измерительный стол с фильмовым каналом 7, размещенные на станине I ПУМА. На раме узла смены проекций 3 установлены четыре фильмопротяжных механизма 4. Рама вместе с фильмопротяжными механизмами может перемещаться по направляющим 2, занимая одно из 4 возможных фиксированных положений. Перемещение её осуществляется кривошипным механизмом 8, приводимым во вращение электродвигателем. Фиксация положения рамы производится с помощью рычага 9 и планки с углублениями 10.

При каждом фиксировании положения рамы одна из пленок, установленных в фильмопротяжных механизмах, находится над фильмовым каналом измерительного стола, если каретки стола занимают некоторое заданное положение (начальное положение). В этом положении пленка с помощью прижимной рамки может быть введена в фильмовый

канал. После присоса её для того, чтобы обеспечить возможность свободного перемещения измерительного стола при неподвижном узле смены проекций, должны быть образованы свободно висящие петли пленки 6. Три остальные пленки в это время находятся в натянутом состоянии 5 между ведущими роликами фильмопротяжного механизма. Смена установленной в фильмовом канале пленки происходит следующим образом. Давление воздуха в канавке фильмового канала повышается до атмосферного, и фильмопротяжный механизм, натягивая пленку, выбирает петли 6. После того, как пленка натянется, кривошипный механизм 8 перемещает раму в следующее, заданное фиксированное положение. После этого повторяется описанная выше последовательность операций.

Фильмопротяжный механизм для каждой пленки состоит из двух одинаковых узлов, расположенных слева и справа от измерительного стола (рис. 6). Быстрая перемотка пленки осуществляется с помощью электродвигателей I3, фрикционно связанных с бобинами I2. Медленная перемотка пленки при поиске и точной остановке искомого снимка, а также образование петель пленки осуществляется с помощью ведущих роликов II. Каждый ведущий ролик приводится во вращение отдельным электродвигателем. На каждом фильмопротяжном механизме установлено по одному фотоэлектрическому узлу считывания служебной информации.

4. Основные характеристики управляющей ЭВМ

Разработка проекта ПУМА проведена в предположении, что в качестве управляющей ЭВМ будет использована вычислительная машина, имеющая следующие характеристики /8/:

- 1) Система счисления - двоичная
- 2) Длина слова - 12 разрядов
- 3) Емкость оперативного запоминающего устройства - до 32К
- 4) Организация памяти - страничная
- 5) Цикл памяти - 1.5 мксек
- 6) Количество основных команд - 65
- 7) Общее число команд - до 200
- 8) Возможное число подключаемых внешних устройств - 64
- 9) Система прерывания - с программным приоритетом
- 10) Быстрый канал обмена данными имеет скорость до $7,9 \cdot 10^6$ бит/сек.

Передача данных по этому каналу может осуществляться в режиме увеличения памяти, что может быть использовано для построения счетчиков внутри ЭВМ.

11) Программный канал обмена данными имеет скорость $1,77 \cdot 10^6$ бит/сек

12) Уровни сигналов: 0в и -3в

13) Рабочая температура окружающей среды $10 \pm 35^\circ\text{C}$. Охлаждение не требуется.

Программное обеспечение машины включает в себя транслятор с символических языков, библиотеку служебных программ и набор тестовых программ.

В качестве такой машины может быть использована ЭВМ типа ТРА Венгерского производства или аналогичная машина производства СССР.

5. Основные электронные блоки ПУМА

Электронные блоки ПУМА осуществляют связь исполнительных элементов и датчиков оптико-механической части ПУМА с ЭВМ и обеспечивает выполнение команд, вырабатываемых программой управления. К числу основных электронных блоков относятся (см.рис.1):

- 1) Блоки управления перемещением кареток измерительного стола по направлениям осей координат X и Y.
- 2) Блок управления узлом смены проекций.
- 3) Электронные узлы пульта управления и контроля.
- 4) Блок автосопровождения.

Связь электронных блоков с ЭВМ осуществляется по каналу программного прерывания и по каналу непосредственного доступа в память в режиме увеличения памяти (*Increment memory*).

Прямые связи между отдельными электронными блоками ПУМА отсутствуют, а согласованное функционирование всего комплекса аппаратуры задается программой управления. Электронные блоки совместно с узлами оптико-механической части ПУМА образуют системы автоматического регулирования, обратные связи которых замыкаются через ЭВМ //.

Приоритеты на обслуживание запросов от отдельных блоков обеспечиваются схемным способом. Время на обслуживание одного запроса составляет ~ 10 мксек.

Логическая часть прибора выполняется на интегральных микросхемах с использованием плат с двухсторонним печатным монтажом.

При создании прибора предполагается широкое использование электронных схем, ранее разработанных для "Спирального измерителя" и больших просмотровых столов. Этому способствует применение для управления прибором вычислительной машины типа используемой в СИ и БПС.

6. Система автоматического сопровождения

Автоматическое сопровождение по изображению следа частицы осуществляется путем перемещения измерительного стола, управляемого с помощью ЭВМ.

ЭВМ, анализируя сигналы, поступающие с датчика автосопровождения, вычисляет предполагаемую траекторию следа частицы и управляет движением каретки измерительного стола.

Датчик автосопровождения обеспечивает сканирование в зоне 2 мм^2 , образуя в этой зоне два взаимноперпендикулярных прямоугольных растра. Сканирование может осуществляться в зависимости от задачи точечным или линейным элементом. Для создания указанного растра предполагается применить диск Нипкова.

Электронные схемы системы автоматического сопровождения должны обеспечить формирование импульсов от следов и передачу информации о положении следа в память ЭВМ. Остальные операции по определению координат середины треков и вычисление траектории движения измерительного стола вычисляются ЭВМ.

Данные датчика автосопровождения:

1. Число линий сканирования - 20
2. Расстояние между линиями сканирования (по пленке) - 100 мкм
3. Скорость сканирования - 1 мкм/мксек.

Для обеспечения наведения системы автосопровождения измеряемый след нужно поставить в зону сканирования, которая будет обозначена на оптических экранах и указать начальное направление движения.

Таким образом, возможный режим работы оператора будет следующим - установка точки взаимодействия в середину зоны сканиро-

вания по экрану с большим увеличением, указание (грубое) направлений всех следов, исходящих от вершины, и далее автоматическое сопровождение каждого следа с автоматическим возвратом в точку взаимодействия.

В случае нарушения работы системы автосопровождения или в случае сложной ситуации, когда ЭВМ не сможет самостоятельно решить проблему правильного сопровождения следа (сильно загрязненный участок и т.п.). ЭВМ остановит сопровождение и вызовет оператора.

Для взаимодействия оператора с ЭВМ будут использованы пульта связи и искровой карандаш. Искровой карандаш - устройство для ввода координат непосредственно по экрану с большим увеличением в ЭВМ.

В этом устройстве искра, создаваемая на конце небольшого карандаша, при соприкосновении его со стеклом экрана будет возбуждать ультразвуковые волны, которые будут регистрироваться микрофонами. Время после подачи искры до регистрации её микрофоном будет преобразовываться в координату.

7. Последовательность операций в работе ПУМА

Чтобы пояснить взаимодействие отдельных узлов прибора и работы ПУМА в целом, рассмотрим вариант организации работы ПУМА в режиме автосопровождения.

После окончания обработки некоторого события, оператор нажимает кнопку "следующее событие", при этом в фильм канал измерительного стола с помощью узла смены проекций устанавливается снимок первой проекции следующего события, отобранного при просмотре. Работой узла смены проекций управляет ЭВМ на основе полу-

ченной при просмотре информации.

Обработка снимка начинается с определения координат реперных крестов. ЭВМ на основе заранее заданной информации управляет перемещением измерительного стола так, что изображения определенных реперных крестов последовательно выводятся в зону автосопровождения, при этом измерение положения крестов происходит без участия оператора. Возможен также режим полуавтоматического измерения реперных крестов. В этом случае ЭВМ, управляя перемещением измерительного стола, выводит реперные кресты последовательно в зону, которая видна в увеличенном виде на измерительном экране. Оператор с помощью "шара перемещения" управляет движением измерительного стола, совмещая изображение реперного креста с перекрестием на измерительном экране. После нажатия кнопки "Реперные кресты" данные о координатах положения измерительного стола и номер креста поступают в ЭВМ.

После измерения реперных крестов ЭВМ на основе полученной при просмотре информации выводит вершину обрабатываемого события в зону автосопровождения и дальнейшие измерения отдельных следов события происходят последовательно под контролем оператора и ЭВМ. В процессе измерения оператор наблюдает по обзорному экрану за качеством измерения и в необходимых случаях переходит на ручной режим работы.

Данные, полученные в процессе измерений, непрерывно поступают в ЭВМ. По виду изображения на обзорном экране оператор может оценить качество изображения события, решить вопрос об измерении дополнительных точек (опорных точек) на следах обрабатываемого события и т.д.

На этом обработка снимка данной проекции события заканчивается и оператор переходит к измерению следующей проекции, и далее следующего события. В описанном режиме на обработку одной проекции четырехлучевого события должно затрачиваться в среднем около 1 минуты.

В режиме ручного измерения ЭЗМ управляет последовательностью работы прибора, а измерение координат реперных крестов и следов события производится вручную по измерительному экрану при помощи "шара положения".

8. Основные технические данные прибора

1. Предполагается среднее время обработки снимка с изображением одного четырехлучевого события:

а) в режиме ручного измерения примерно должно быть равно 5 мин.

б) в режиме автосопровождения примерно должно быть равно 2 мин.

2. Среднеквадратичная погрешность измерения координат точек следов частиц на обрабатываемом снимке, не должна быть более 4-5 мкм.

3. Величина рабочих перемещений кареток измерительного стола по X и Y-направлениям принята равной 230 и 80 мм, соответственно.

4. Максимальный размер окна фильмового канала выбран равным 227x77 мм², возможна обработка пленок шириной 35, 50, 70 и 80 мм.

5. Узел смены проекций должен допускать одновременную установку четырех рулонов пленки при длине пленки в каждом рулоне до 300 м.

6. Увеличение изображения снимка на обзорном экране ПУМА принято 5-ти кратным, на измерительном экране увеличение изображения принято 25-кратным.

7. Максимальная скорость перемещения измерительного стола с помощью "шара положения" - 50 мм/сек.

8. Скорость перемещения измерительного стола в режиме автоматического сопровождения - 10±15 мм/сек.

9. В состав установки ПУМА входит управляющая электронно-вычислительная машина. Данные, полученные в процессе обработки снимка, накапливаются на магнитной ленте, и дальнейшая обработка ведется на большой ЭВМ.

10. Нормальные условия работы установки: температура помещения $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха 50-60%.

9. Программное обеспечение прибора

Программное обеспечение прибора ПУМА ориентировано на управление прибором с помощью ЭВМ с последующей передачей данных на большую ЭВМ, и состоит из двух основных частей:

1. Программы для работы на линии с ЭВМ, написанные на автокоде, выполняют следующие функции:

- а) управление последовательностью измерений;
- б) управление работой всех основных узлов прибора;
- в) прием, накопление и первичный контроль данных, полученных в процессе измерения;

г) связь с оператором;

д) тестовый контроль и диагностика неисправностей прибора.

2. Программа последующей обработки данных:

геометрическая реконструкция, кинематический анализ и т.д. выполняются в режиме *off line* на большой ЭВМ. После соответствующего редактирования входных данных может быть использовано существующее стандартное математическое обеспечение.

При разработке программного обеспечения прибора ПУМА предполагается широкое использование отдельных управляющих программ, написанных для установок СИ и БПС.

10. Экономическая целесообразность использования прибора типа ПУМА

Проведение современного физического эксперимента с использованием пузырьковых камер требует, как правило, измерения нескольких десятков тысяч событий, т.е. для обработки фотографий одного эксперимента в разумные сроки необходимо иметь не менее 5-6 установок типа ПУОС, соединенных *on-line* с ЭВМ. Эта же задача может быть разрешена с помощью одной установки ПУМА.

Стоимость измерительного центра, состоящего из 6 ПУОСов, составляет:

1. Стоимость ПУОС - 72 тыс.руб. (6 штук)

2. Стоимость управляющей ЭВМ для работы в режиме *on line* - 20÷50 тыс.руб.

3. Затраты на минимально необходимую модернизацию ПУОСов (введение фильмопротяжных устройств, модернизация электронных схем, использование привода для перемещения микроскопного стола и т.д.), составляет примерно 30 тыс.рублей.

Для эксплуатации указанных ГУОСов необходима работа в одну смену 6 операторов.

Предполагаемая стоимость установки ПУМА:

1. Оптико-механическая часть - 30÷50 тыс.рублей
2. Электронная часть - 20 тыс.рублей
3. Управляющая ЭВМ - 20÷50 тыс.рублей

Установка ПУМА обслуживается одним оператором.

Из приведенных выше цифр следует, что стоимость оборудования для измерения одинакового количества снимков в случае применения ПУМА меньше, при этом, что очень важно, число операторов сокращается в 6 раз.

М. Сидоров
Котляков
В. Сидоров
Григорьев
И. Сидоров
И. Сидоров

ЛИТЕРАТУРА :

1. В.Я.Алмазов, И.А.Голутвин, В.Д.Инкин, Ю.А.Каржавин, В.Д.Неустроев, В.Д.Степанов. Препринт ОИЯИ 1352, Дубна, 1963г.
2. М.Г.Мещеряков, Н.Н.Говорун. Быстродействующие вычислительные машины в физических исследованиях. Вестник АН СССР, 3, 1968.
3. Н.Н.Говорун, В.И.Мороз, Г.Н.Тентюкова, В.Н.Шигаев. Система обработки фнльмовой информации с пузырьковых камер ОИЯИ на электронно-вычислительных машинах. Препринт ОИЯИ 10-3627. Дубна, 1967.
4. *H.R. Brugger, R.R. Miller, R.T. Plano*
On line checking of Bubble chamber measurement.
Труды XII международного конгресса по физике высоких энергий. Дубна, 1964.
5. *R.L. Mc. Ilwain SMP and Frankenstein*
on line IEE Trans on Nuc. Sc., Aug. 1965, NS-12 N4
6. В.М.Живаев, А.С.Зеленчер, Ю.А.Каржавин, А.И.Кумулун, В.Н.Лысяков, М.Г.Мещеряков, Р.Позе, И.И.Скрыль, Г.Шуманн, В.А.Ямницкий. Спиральный измеритель. Проект оптико-механической части установки. Препринт ОИЯИ БЗ-10-4694.
7. А.Я.Астахов, Ю.А.Каржавин, В.М.Котов, В.Н.Лысяков, М.Г.Мещеряков, Г.А.Погодина, Позе Р., Г.А.Ососков, И.И.Скрыль, Г.Шуманн. Спиральный измеритель (описание основных узлов оптико-механической части и электронных блоков управления). Препринт ОИЯИ Р10-4943. Дубна, 1970г.
8. *The Digital Small Computer Handbook*
1966 - 67 Edition

передача данных для дальнейшей обработки.

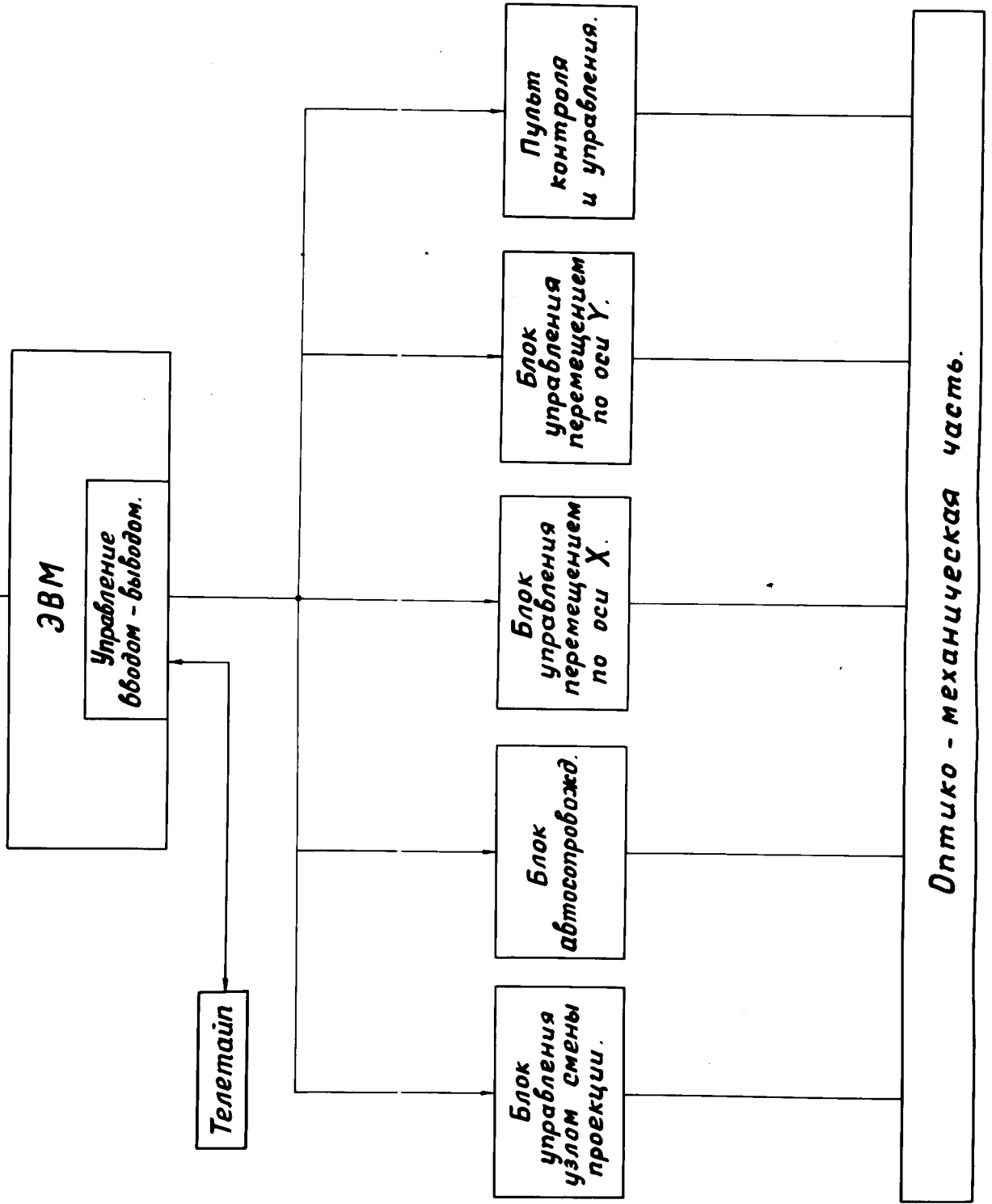
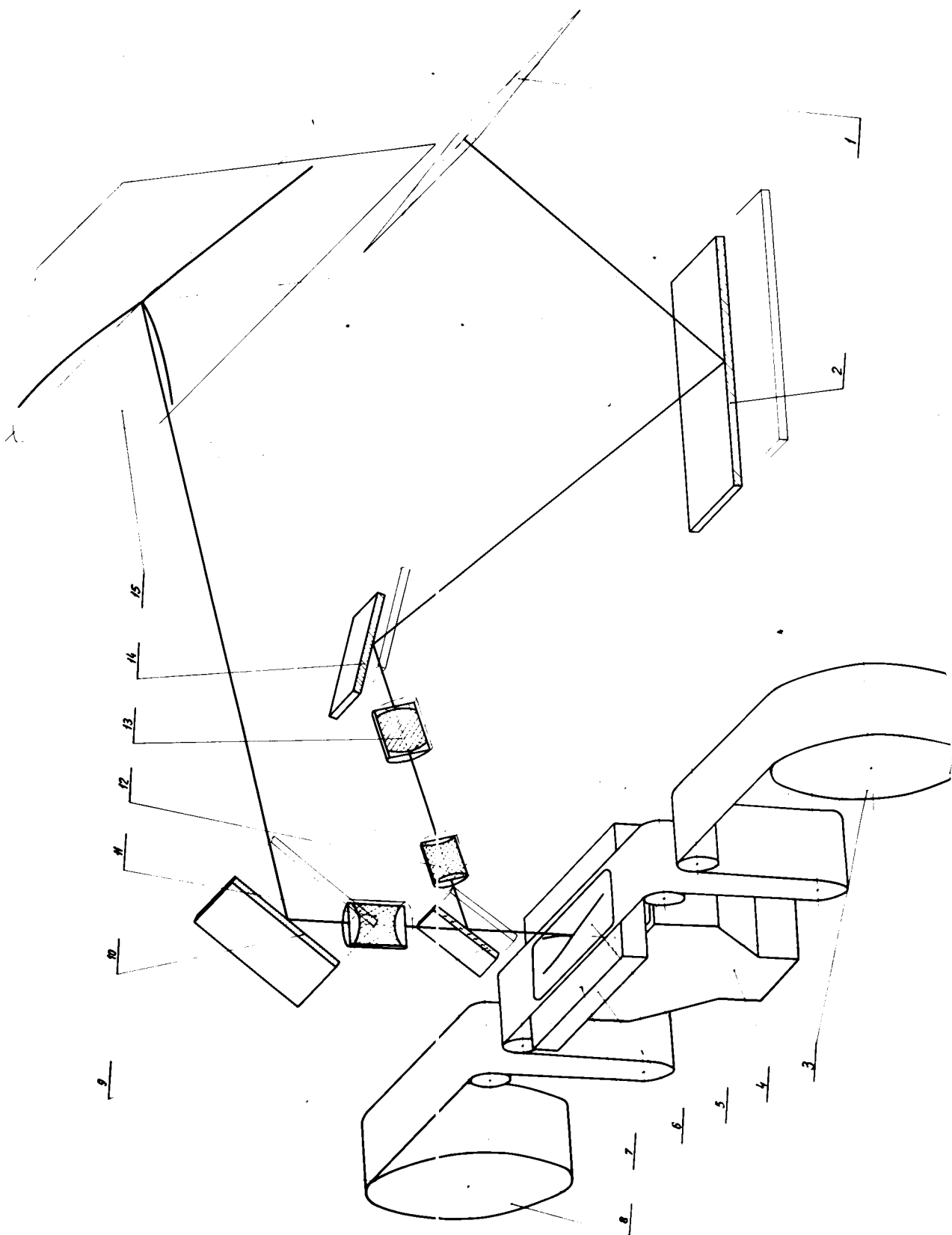
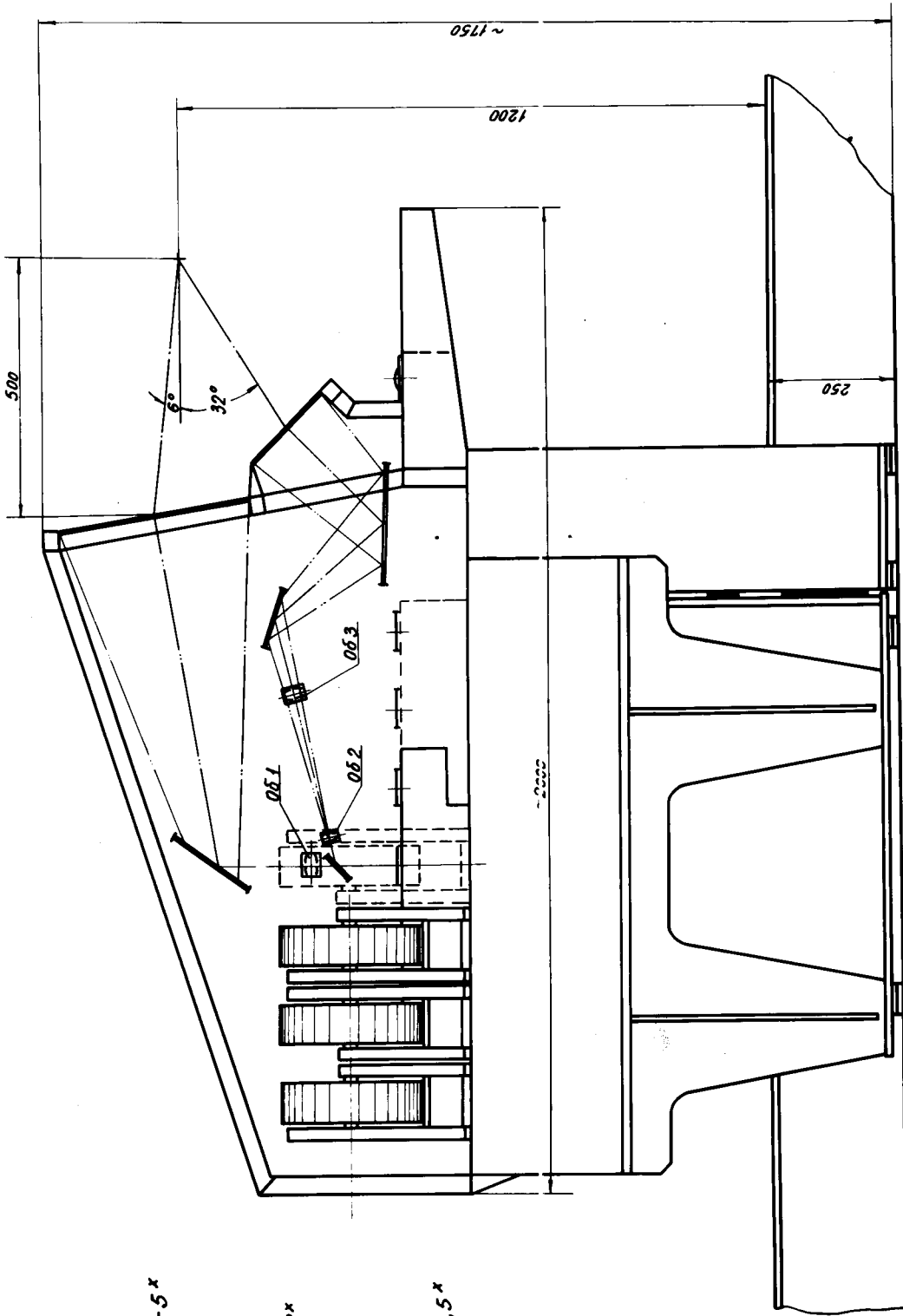


Рис. 1





$f'_1 = 160$
 $S'_1 = -180$
 $S_1 = 900$

$\beta = -5^x$

ОД1

$f'_2 = 120$
 $S'_2 = -180$
 $S_2 = 360$

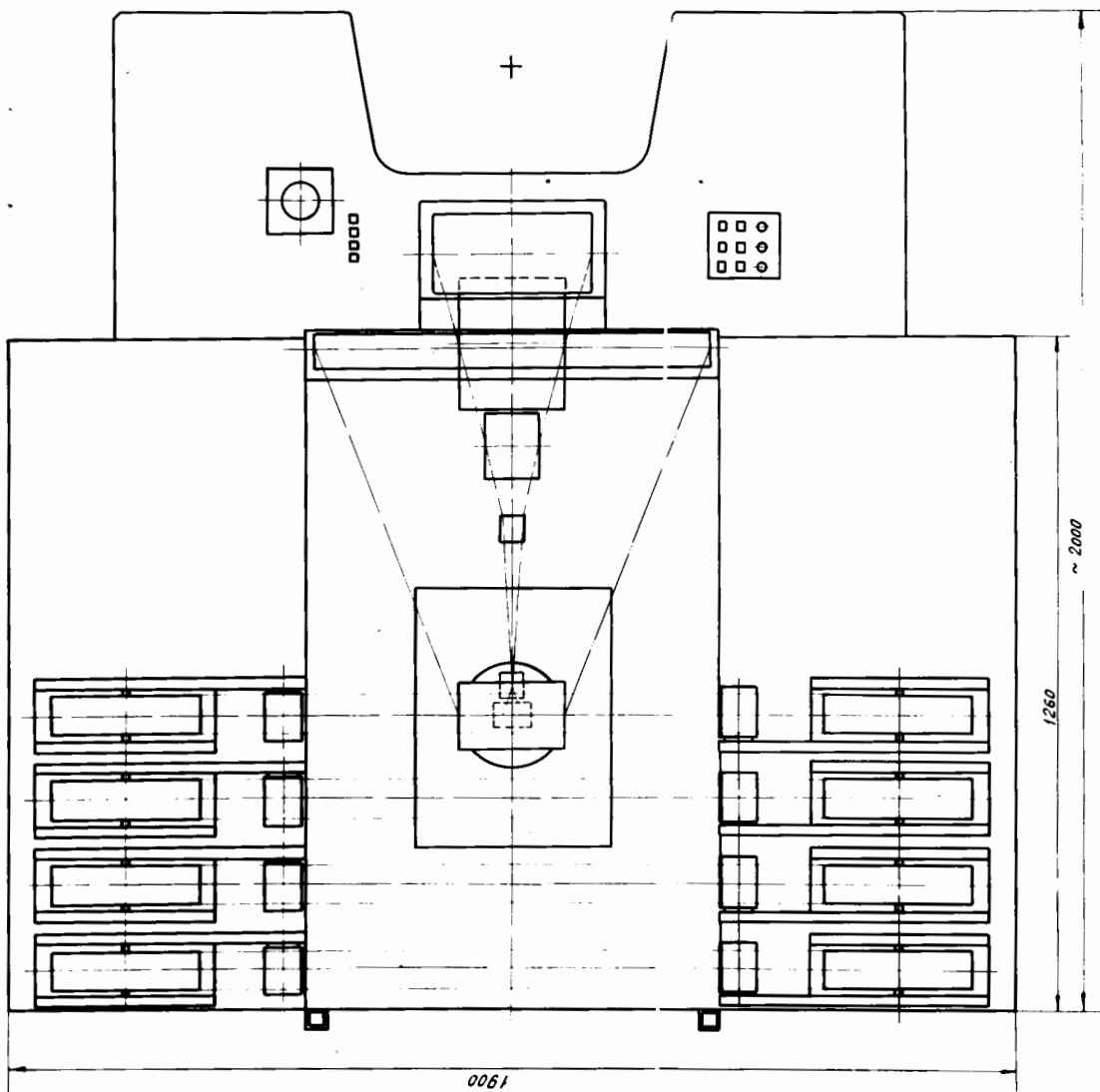
$\beta = -2^x$

ОД2

$f'_3 = -64$
 $S'_3 = 59$
 $S_2 = 740$

$\beta = 12,5^x$

ОД3



M 1:5

Puc 4

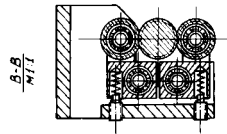
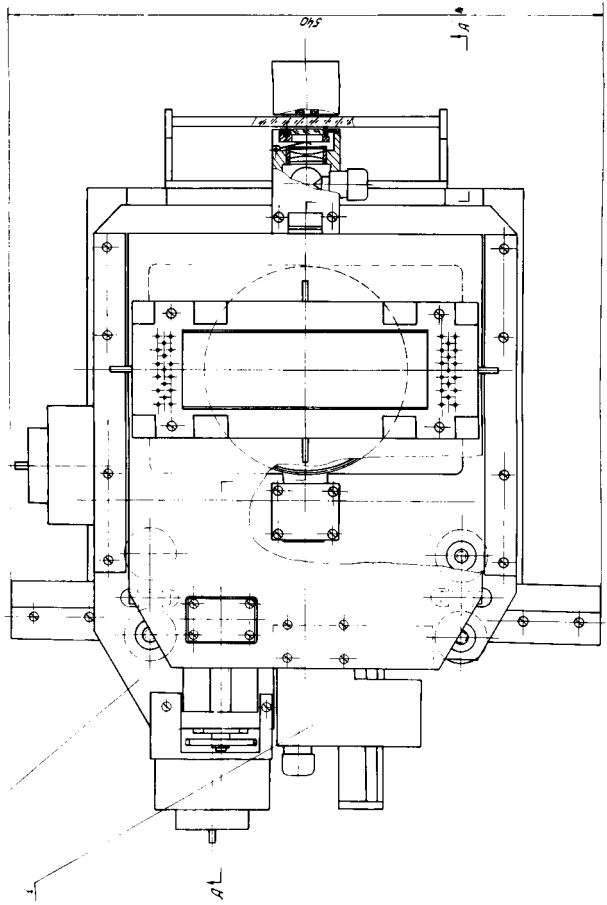
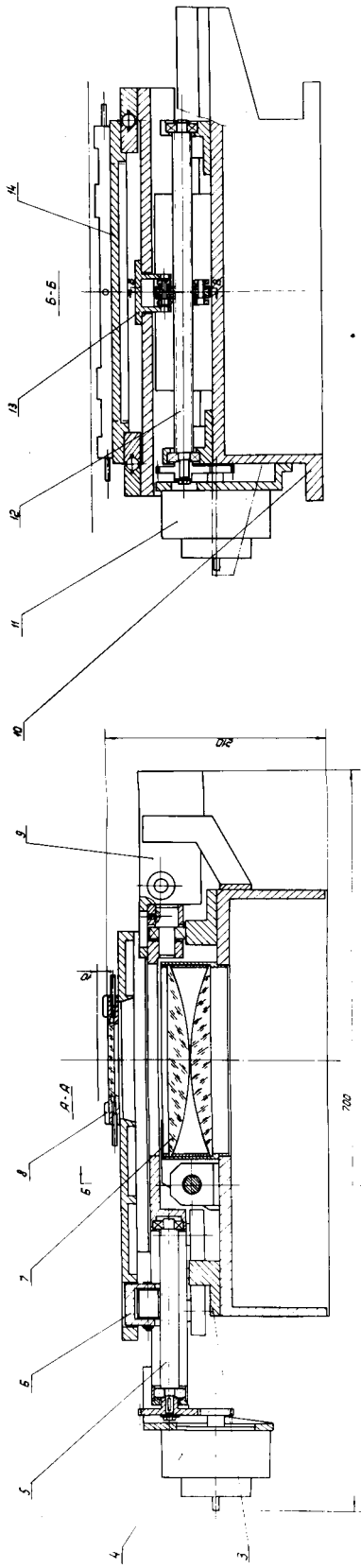
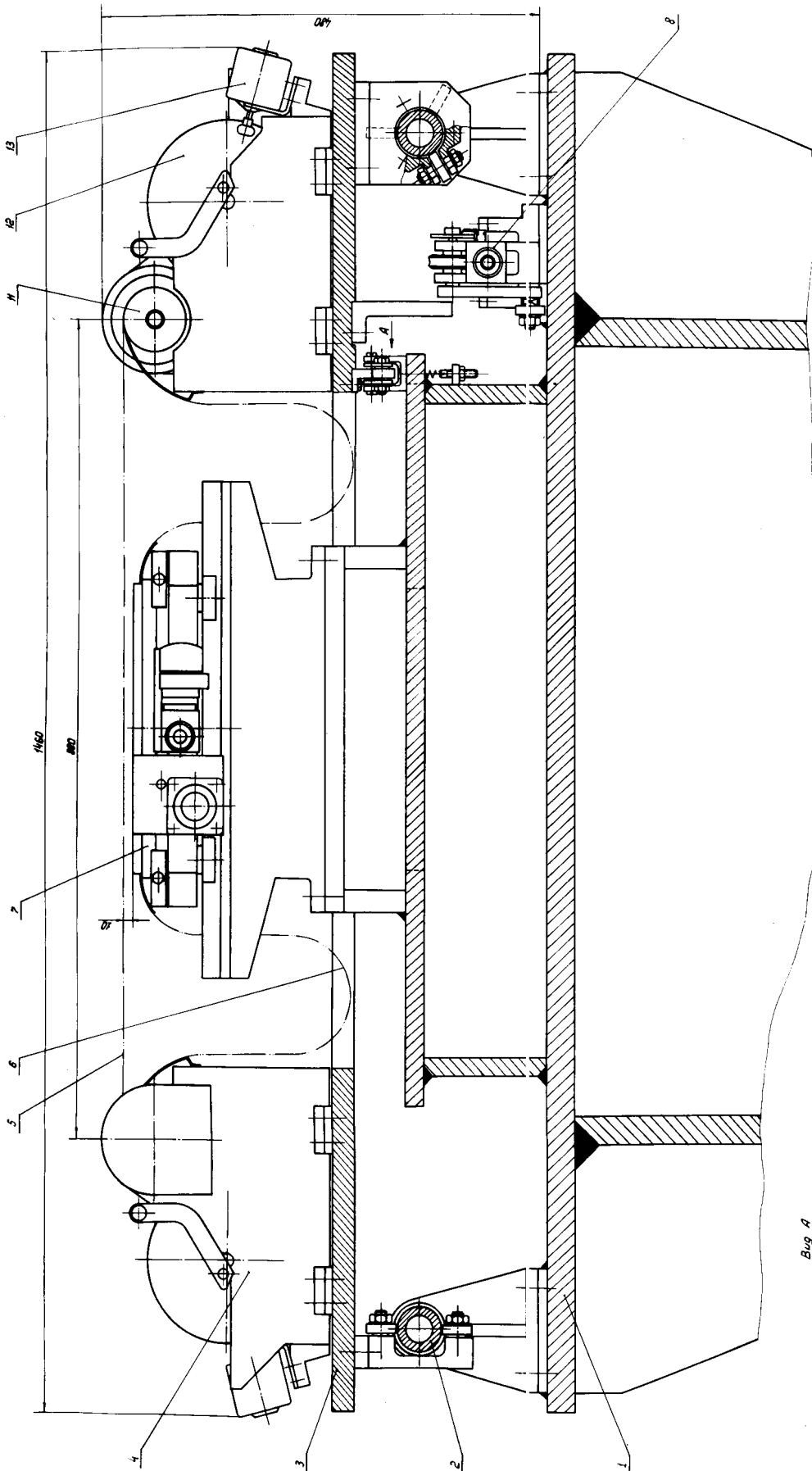


Рис. 5 Угнетательный стол с фильмами каналов.



Вуз А
1:1

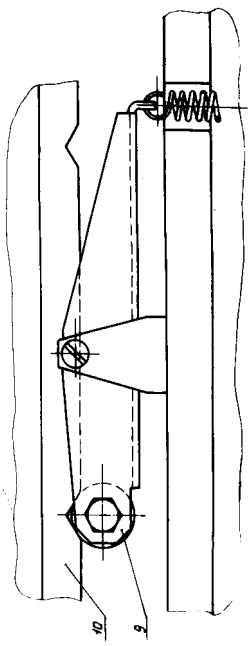


Рис. 6 Шерителеный стол.
Механический механизм и измерительный механизм.

(Листовой формат) М 1:2
Рис. 6

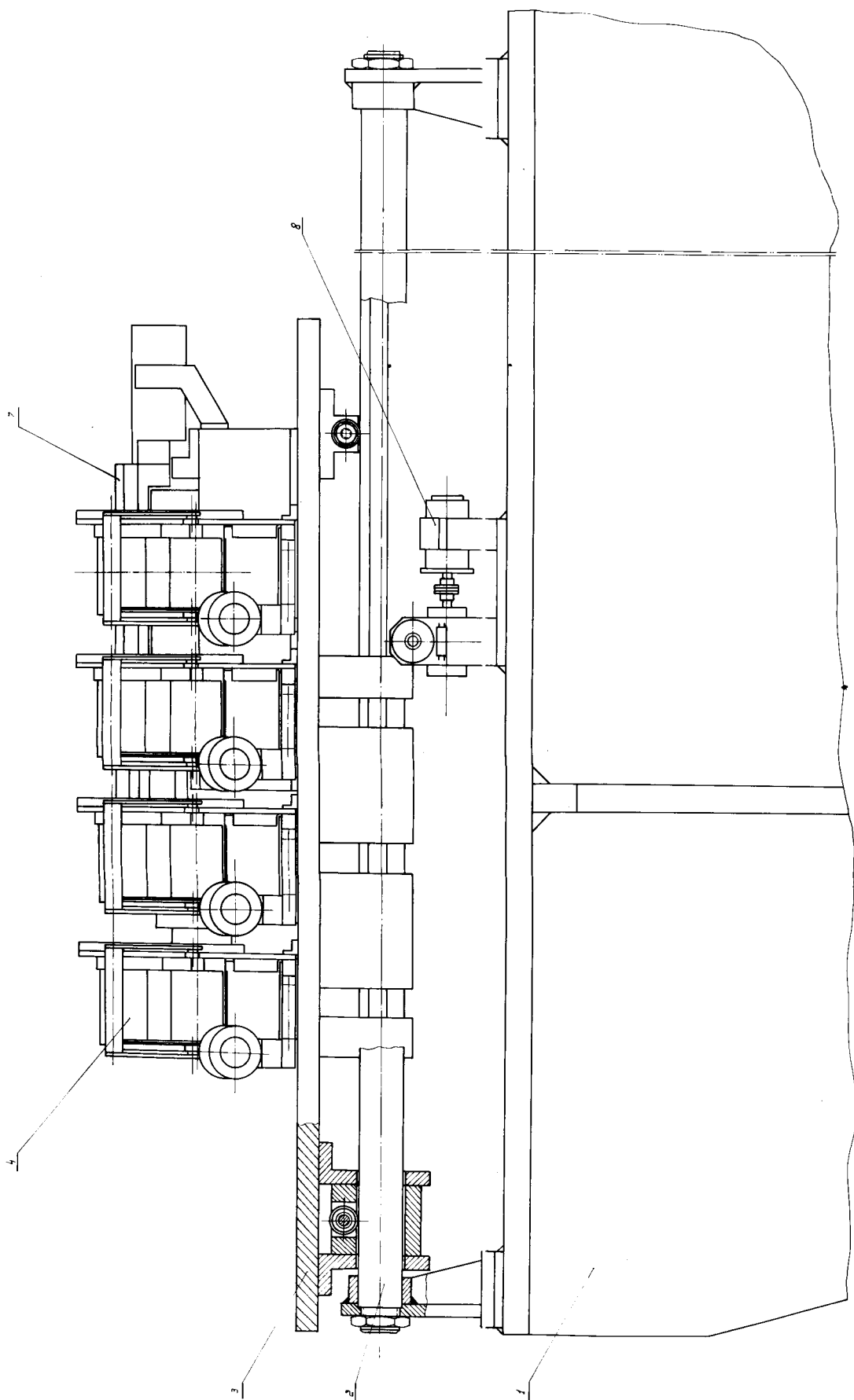


Рис. 7 Измерительный стол, механизм сены проекции и
фильмопротяжный механизм

(исходный проект) М.1.2
Рис. 7