

21

**И Н С Т И Т У Т
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СОАН С С С Р**

ПРЕПРИНТ И Я Ф 18 - 73

И.П.Кооп, А.А.Лившиц, С.И.Мишнев,

Э.М.Трахтенберг, В.М.Хорев

МАГНИТ НАКОПИТЕЛЯ ВЭПП - 2М

Новосибирск

1973

Кооп И.П., Лившиц А.А., Мишнев С.И.,
Трахтенберг Э.М., Хорев В.М.

МАГНИТ НАКОПИТЕЛЯ ВЭПП - 2М

АННОТАЦИЯ

Описана конструкция и технология изготовления магнита
накопителя ВЭПП-2М, а также приведены основные результаты
магнитных измерений.

Структурно-магнитная система накопителя ВЭПП-2М состоит из следующих элементов (см. рис. 1):

- 1) восьми поворотных магнитов с однородным полем
- 2) восьми пар основных квадрупольных линз с максимальным градиентом $\pm 6,3$ кгс/см (диаметр вписанной окружности 34 мм);
- 3) четыре "технических" линз с максимальным градиентом $1,1 \pm 1,4$ кгс/см (диаметр вписанной окружности 41,5 мм);
- 4) восьми пар сектупольных линз с $\frac{d^2 B}{dx^2} = 1$ кгс/см² (диаметр вписанной окружности 43 мм);
- 5) восьми пар октупольных линз с $\frac{d^3 B}{dx^3} = 2$ кгс/см³ (диаметр вписанной окружности 43 мм) (сектупольные и октупольные линзы на рис. 1 не показаны).

Рассмотрим подробно конструкцию поворотного магнита, показанного на рис. 2.

После анализа возможных конструктивных исполнений окончательно была выбрана С-образная конструкция магнита с сильноточным питанием. Форма полюсов магнита "квази-О-образная", т.е. полюс выполняется симметричным до того участка, когда индукция в железе уже спадает до величины 15000:16000 гаусс. Это позволяет максимально симметризовать поле в рабочем зазоре, что и подтвердилось при магнитных измерениях (см. ниже).

Магнитопровод состоит из 4-х основных деталей: верхнего и нижнего полуярем 1 и двух накладок 2. Наличие накладок хотя и вызывает существенное увеличение трудоемкости изготовления магнита, однако, связано с отсутствием стандартного проката необходимой толщины. В качестве заготовок для полуярем были использованы слэбы армко размером 3500x700x180, материал накладок - сталь 0,8 КП (и те и другие заготовки - спецпрокат Магнитогорского металлургического комбината). Выбор армко в качестве материала для ярем магнитопровода объясняется стремлением уменьшить насыщение полюсов магнита.

Размеры поперечного сечения магнитопровода выбраны с таким расчетом, что максимальная индукция везде (кроме полюсных наконечников) не превышала 15000. Это позволяет делать в обрат-

ном ярме различные вырезы и окна без нарушения азимутальной однородности поля.

Вывод верхней и нижней обмотки производится через вырез в обратном ярме магнитопровода. Магнитные измерения поля в первом, опытном магните, подтвердили правильность этого решения, т.к. никаких азимутальных отклонений поля не было обнаружено. Такая конструкция вывода обмотки освобождает торцы магнита от коммутационных шин, что весьма удобно для обслуживания накопителя, т.к. в местах вывода обмоток (на внутреннем радиусе магнитов в центре обратного ярма) нет никаких других элементов.

Ширина гнезда в магнитопроводе под обмотку у обратного ярма несколько увеличена по сравнению с размерами обмотки для того, чтобы уменьшить поле рассеивания и насыщение полюсов.

Конструкция магнитопровода обеспечивает удобную сборку и разборку полуярма магнита без снятия нижней накладке (см.рис.3). Для этого в нижнем полуярме сделаны пазы, в которые входят выступы гайки 2, накрученной на стяжную шпильку 1. В гнезде накладке 5 установлено опорное кольцо 3, которое после снятия шпильки 1 не дает гайке опускаться. На шпильке 1 имеется большой заходный конус. Такая конструкция обеспечивает легкое выворачивание и заворачивание шпильки 1.

Для получения в магнитах однородного поля необходимой точности, плоскость разъема и полюс обрабатываются с одной установки.

При этом обеспечивается параллельность не хуже 0,02. С такой же точностью выполняется межполюсной зазор. После предварительной обработки полуярма отжигаются в защитной среде для обеспечения стабильности и устранения поводок. Плоскости стыка полуярм с накладками также выполняются с обеспечением высокой плоскостности (0,02). Это устраняет деформации полуярм при сборке.

В связи с малым количеством магнитов заказ шины специального профиля для основной обмотки магнита был признан нецелесообразным. Шина сечением 12 x 50 была изготовлена из медного листа 12. Обмотка 3 (см.рис.2) состоит из двух секций по 3 витка в каждой. Длина секции 7 метров. Отдельные участки шины спаяны в замок припоем ПСР-45. В шину впаяна припоем ПОС-30 охлаждающая трубка $\Phi 10 \times 1,5$. Диаметр охлаждающей трубки был принят максимально возможным для обеспечения мини-

мальных потерь напора на длине секции и уменьшения перегрева охлаждающей жидкости. Применение охлаждающих трубок с толщиной стенки менее 1,5-2 миллиметров в сильноточных обмотках представляется неправильным, т.к. это может по различным причинам привести к аварийным ситуациям из-за повреждения трубки.

Изоляцией обмотки служит киперная лента, пропитанная эпоксидным компаундом горячего отверждения под давлением 3:4атм после предварительного вакуумирования обмотки в специальной форме. Изоляция такого типа ("монолит") наряду с высокой электрической прочностью обладает хорошей механической прочностью и обмотка представляет собой жесткий блок, нечувствительный к воздействию пондеромоторных сил. Следует отметить, что витки корректирующей обмотки выполнены в едином блоке с основной обмоткой, что позволяет осуществить их хорошее охлаждение и, при необходимости, существенно повысить плотность тока в них. Окончательно изготовленный блок обмоток показан на фото 4. Конструкция выводов обмотки выполнена так, что верхний и нижний блоки обмоток являются полностью идентичными, а их коммутация осуществляется без всяких промежуточных деталей.

Рассмотрим некоторые технологические особенности изготовления обмотки.

Намотка шины 12 x 50 производилась без изготовления какой-либо сложной спецоснастки, на универсальном трубогибе, на верхнюю плиту которого, устанавливалась специальная плита 5 с центральным керном, размеры которого соответствовали полюсу отклоняющего магнита (см.рис.5).

В начале намотки шина 3 с припаянным к ней одним из выводов базируется по упору 2 и принимается к Керну 1 легкосъемными домкратами 4. Свободный конец её пропущен через регулируемое натяжное устройство 6.

Намотка шины производится вращением стола трубогиба; по мере намотки домкраты 4 переставляются, обеспечивая прижим к центральному керну вновь намотанных участков обмотки. Конец обмотки обрезается в размер по месту и затем к нему припаяется второй вывод. (Предварительная пайка второго вывода невозможна из-за нестабильности вытяжки шины при намотке).

Пропитка обмотки эпоксидным компаундом производилась в специальной легко разборной вакуумно-плотной форме. Наиболее

сложным было надежное уплотнение выводов основной и корректирующей обмотки, конструкция которого ясна из рис. 6. При такой конструкции исключается попадание компаунда внутрь охлаждающей трубки, и контактные поверхности выводов шин не нуждаются в обработке после пропитки.

Изготовление обмоток по вышеописанной технологии обеспечивает их высокую точность, особенно по внутреннему контуру, что позволяет обойтись без специальных устройств для закрепления обмотки в магнитопроводе. Т.к. выводы обмоток лежат друг на друге (см. рис. 2), то под действием поперечных сил обмотки, стремясь сблизиться, чуть-чуть поворачиваются, заклиниваясь при этом на полюсах магнита с самоторможением. Для удобства транспортировки отдельных полуарм обмотки предварительно расклиниваются в них текстолитовыми клиньями 3.

Итак, основные особенности магнита описанной конструкции:

- 1) увеличенная зона хорошего поля по сравнению с обычными С-образными магнитами (см. ниже результаты магнитных измерений);
- 2) высокая надежность обмотки, а также возможность легкой её замены в случае необходимости;
- 3) удобство обслуживания контактных стыков благодаря выводу обмотки через окно в обратном ярме магнитопровода.

Магнитные измерения производились с помощью специально сконструированного блока с семью пленочными датчиками Холла, установленными в меданной плоскости в радиальном направлении. Методика магнитных измерений полностью аналогична описанной в [1]. Данные измерений выводились на перфоленту и обрабатывались затем на ЭЦВМ "Минск-22".

Калибровка блока датчиков производилась в специальном магните с неоднородностью поля не более $\pm 5 \cdot 10^{-5}$. Кроме того, для контроля использовался ядерный магнитометр.

Перемещение блока датчиков вдоль полюса магнита (в азимутальном направлении) производилось с помощью специальной каретки, которая однозначно базировалась на полюс магнита.

Хорошая однородность поля в межполюсном зазоре позволила также использовать ядерный магнитометр для выяснения ха-

рактеристик насыщения магнита при больших токах в обмотке и для дополнительной проверки результатов измерений по датчикам Холла.

Первый этап магнитных измерений был проведен на опытном магните на измерительном стенде до предельных значений тока в основной обмотке (свыше 8 ка). По результатам этих измерений выявилась возможность уменьшить ширину плоского участка полюса со 100 до 88 миллиметров, что позволило уменьшить насыщение полюсов и потери ампервитков в магнитопроводе.

Второй этап магнитных измерений проводился непосредственно на собранном накопителе (без вакуумной камеры) с максимальным током 2,5 ка с использованием реальной коммутации всех элементов.

Основные результаты магнитных измерений приведены на рис. 7 и 8.

Основные физико-технические параметры магнита приведены ниже:

1. Общее число магнитов.	8
2. Рабочая апертура	30x40 в мм.
3. Эффективная длина по равновесной орбите в мм	860
4. Индукция на равновесной орбите при максимальной энергии $E=660$ Мэ в в гауссах.	18000
5. Максимальный ток в основных обмотках при энергии $E=660$ Мэ в амперах.	8000
6. Максимальный ток в корректирующей обмотке	8 : 10 ампер
7. Сечение витка основной обмотки в мм ²	600
8. Число витков основной обмотки.	6
9. Число витков корректирующей обмотки.	58
10. Максимальное напряжение отн. земли в вольтах	35
11. Максимальная потребляемая мощность в квт.	36
12. Наружные размеры поперечного сечения в мм.	485x560
13. Общий вес магнита в кг.	1500
14. Вес меди обмоток в кг	50

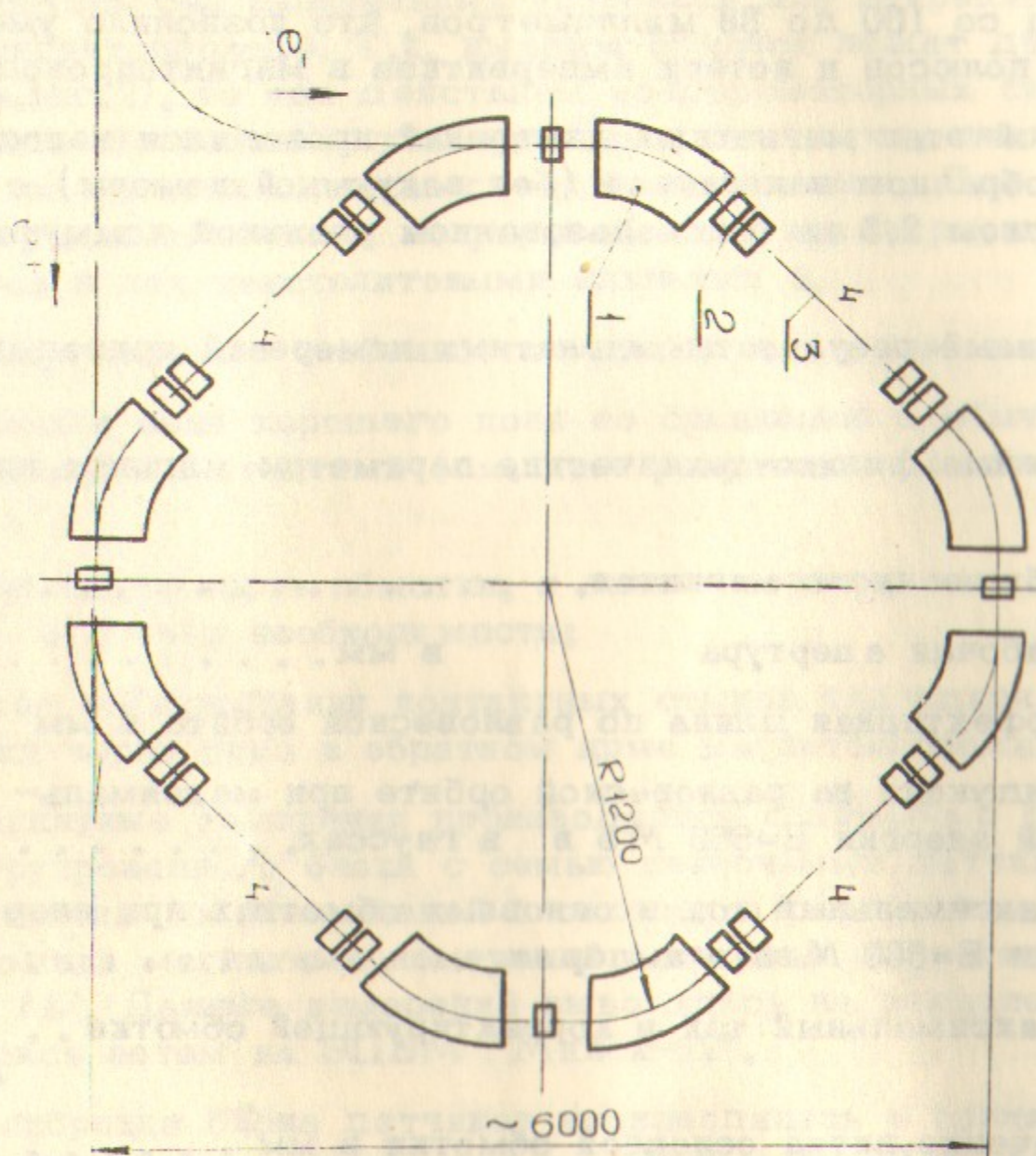


Рис.1

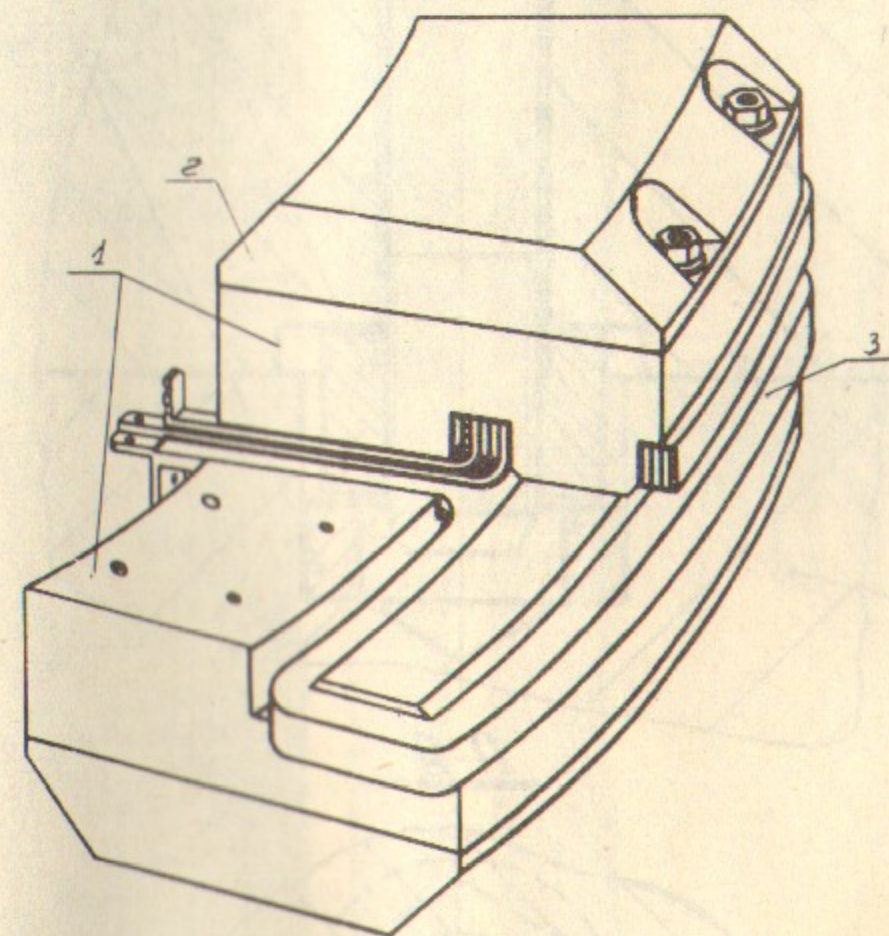


Рис.2.

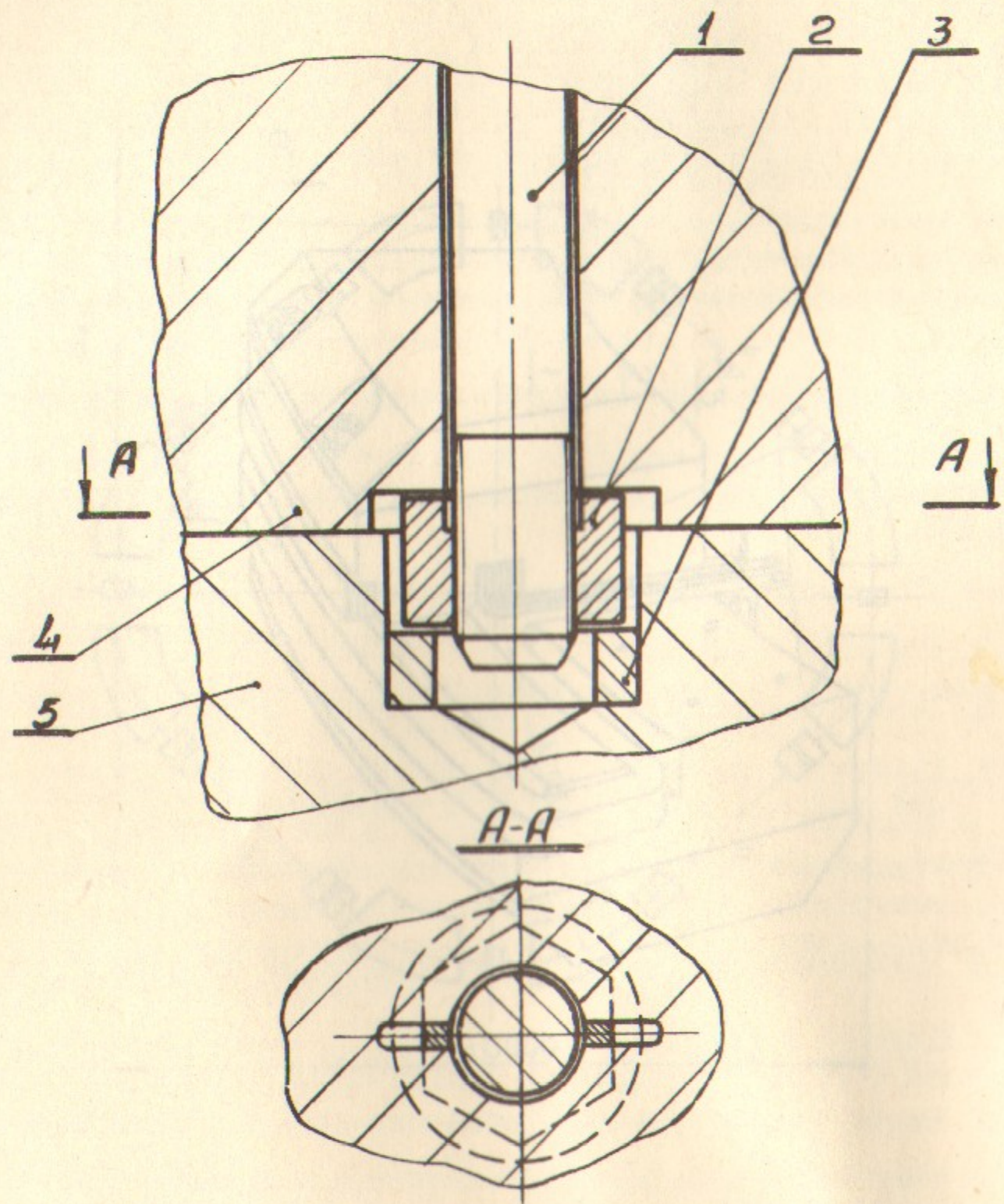


Рис.3.

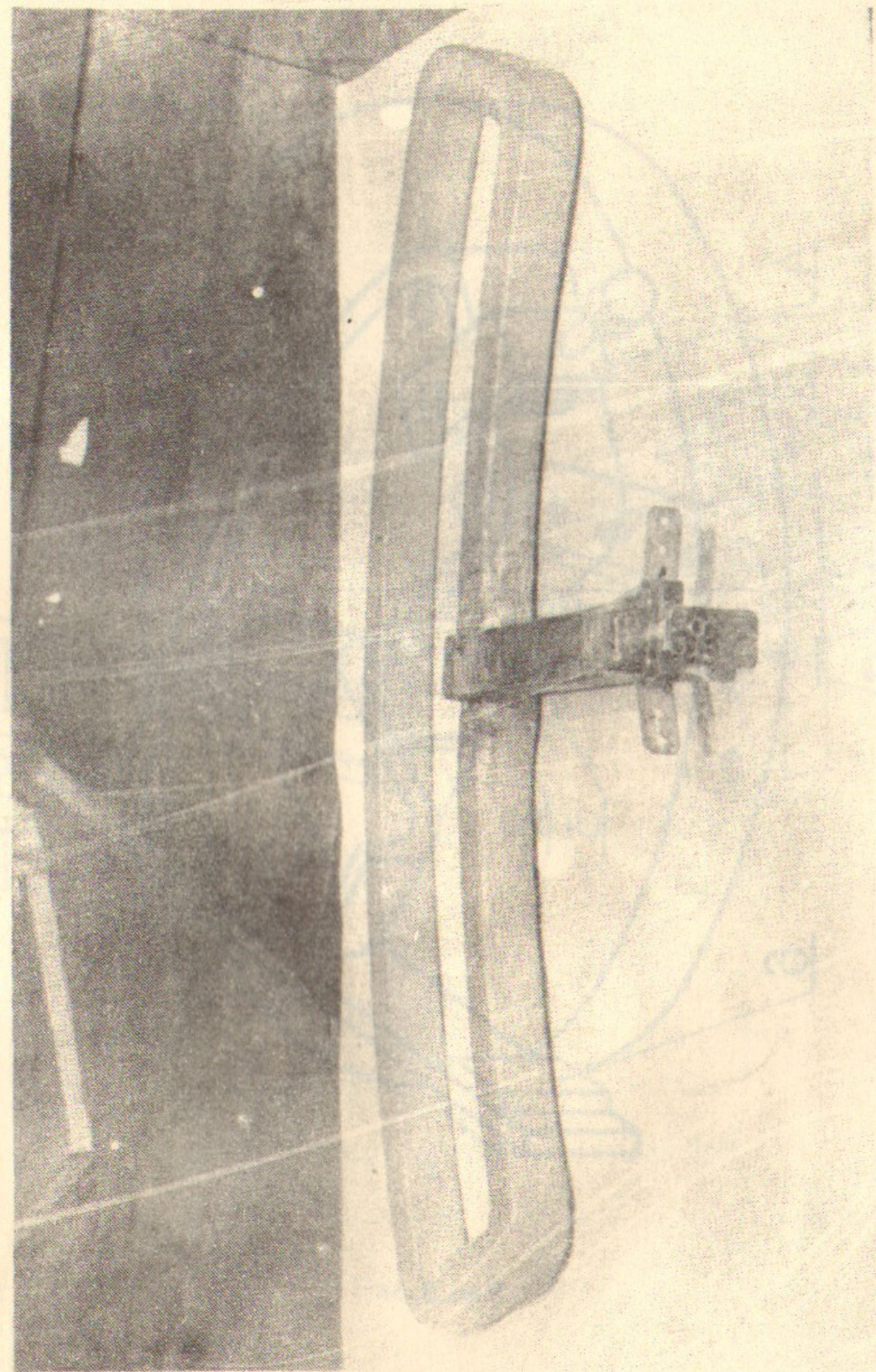


Рис.4.

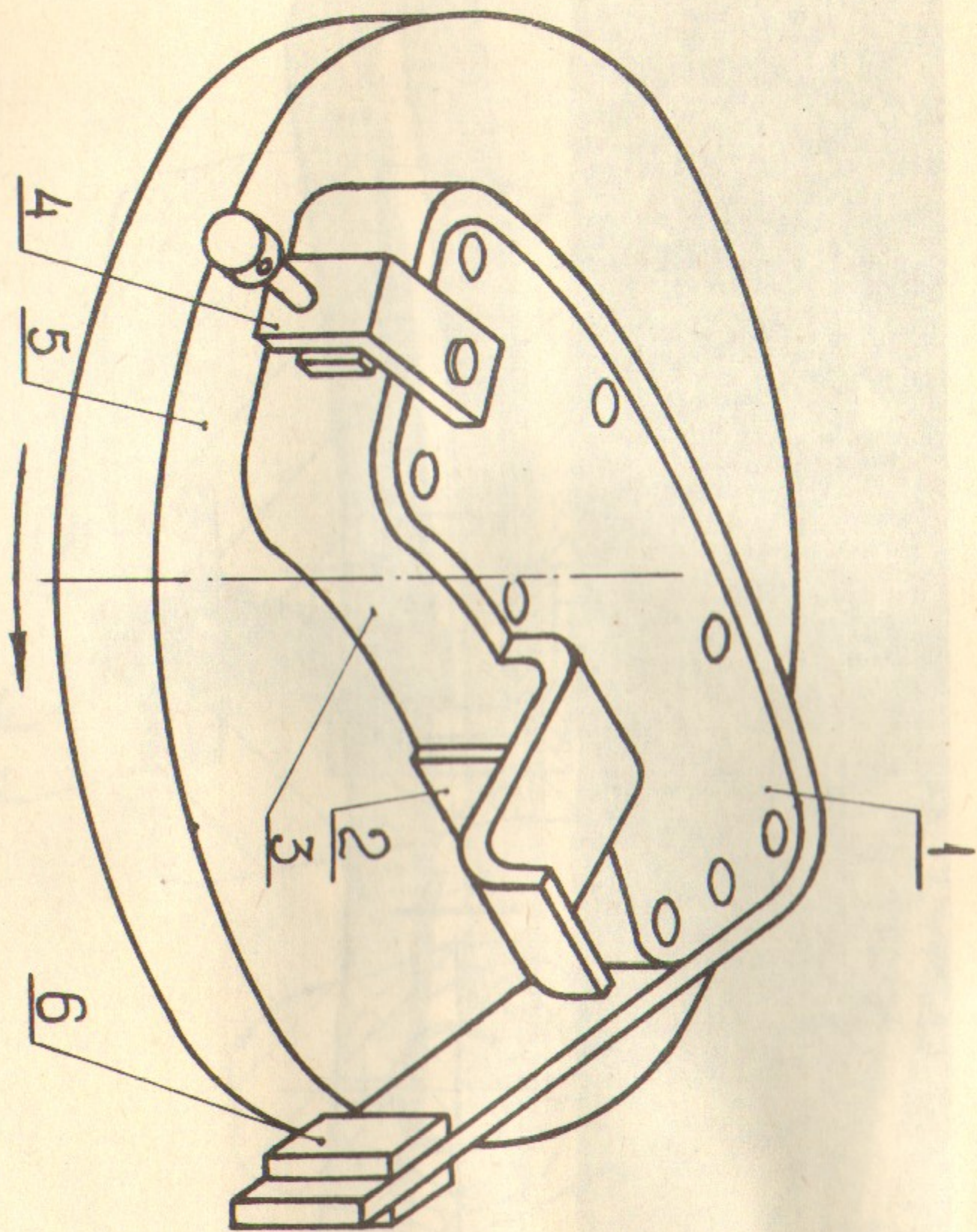


Рис.5.

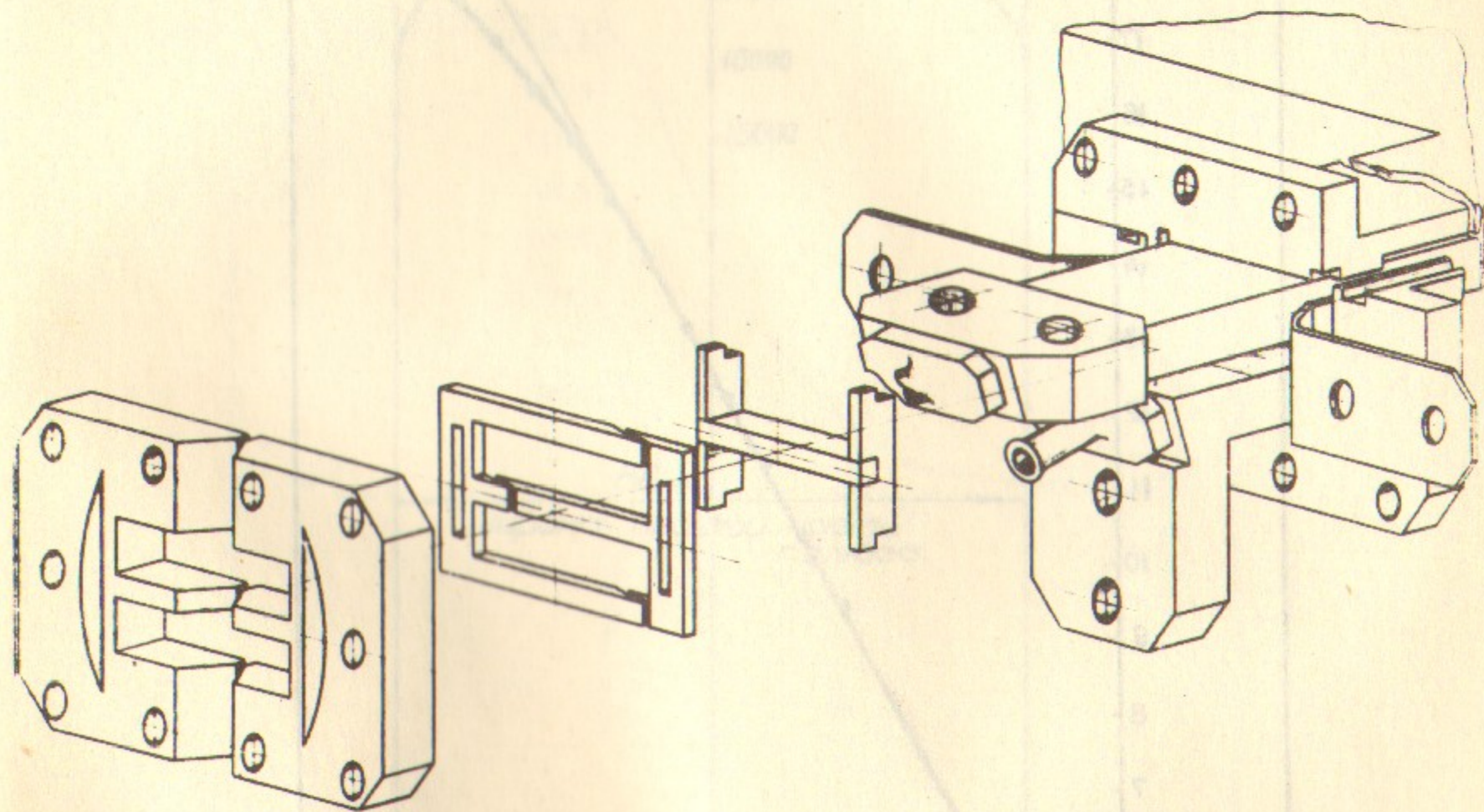


Рис.6.

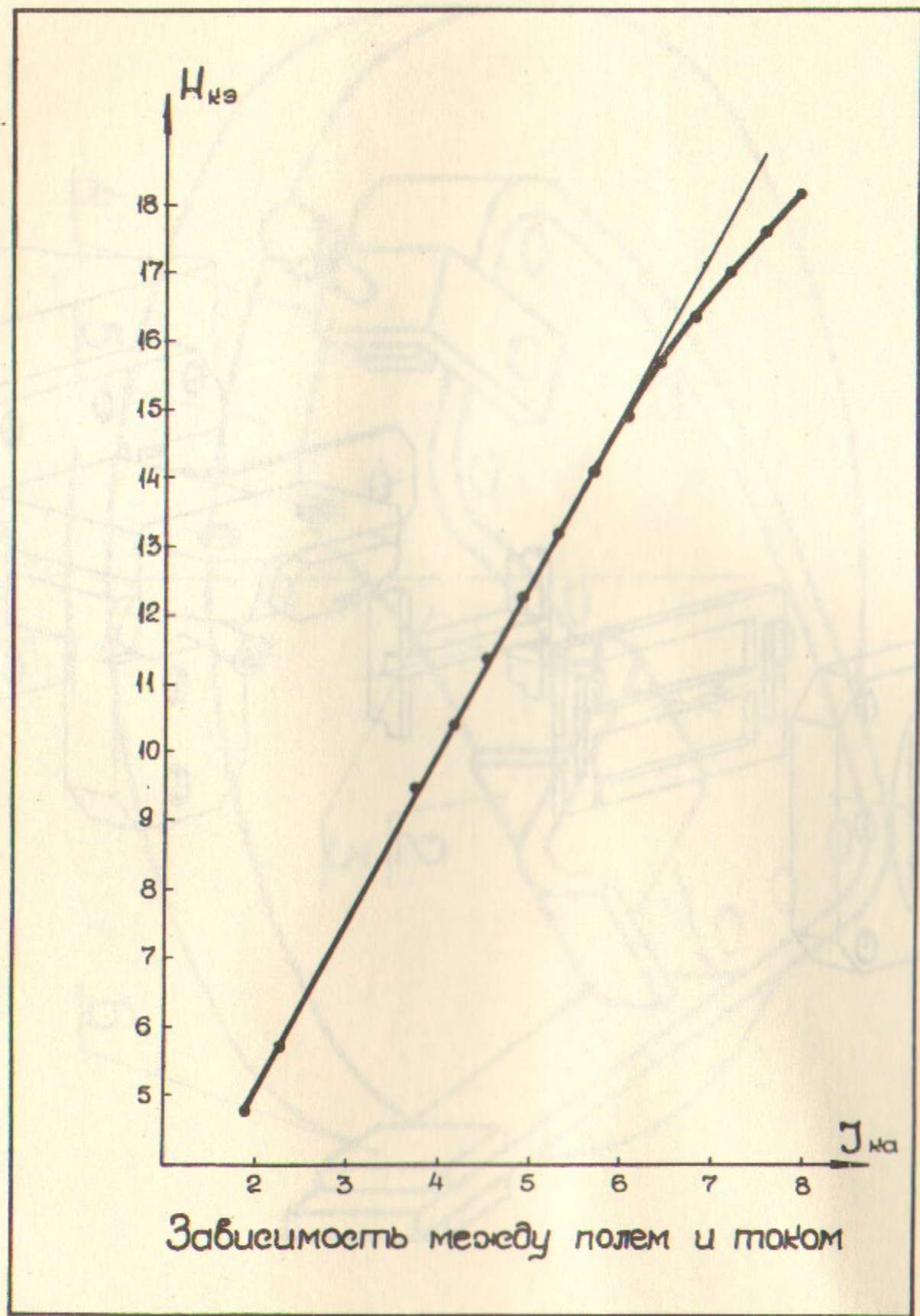


Рис.7.

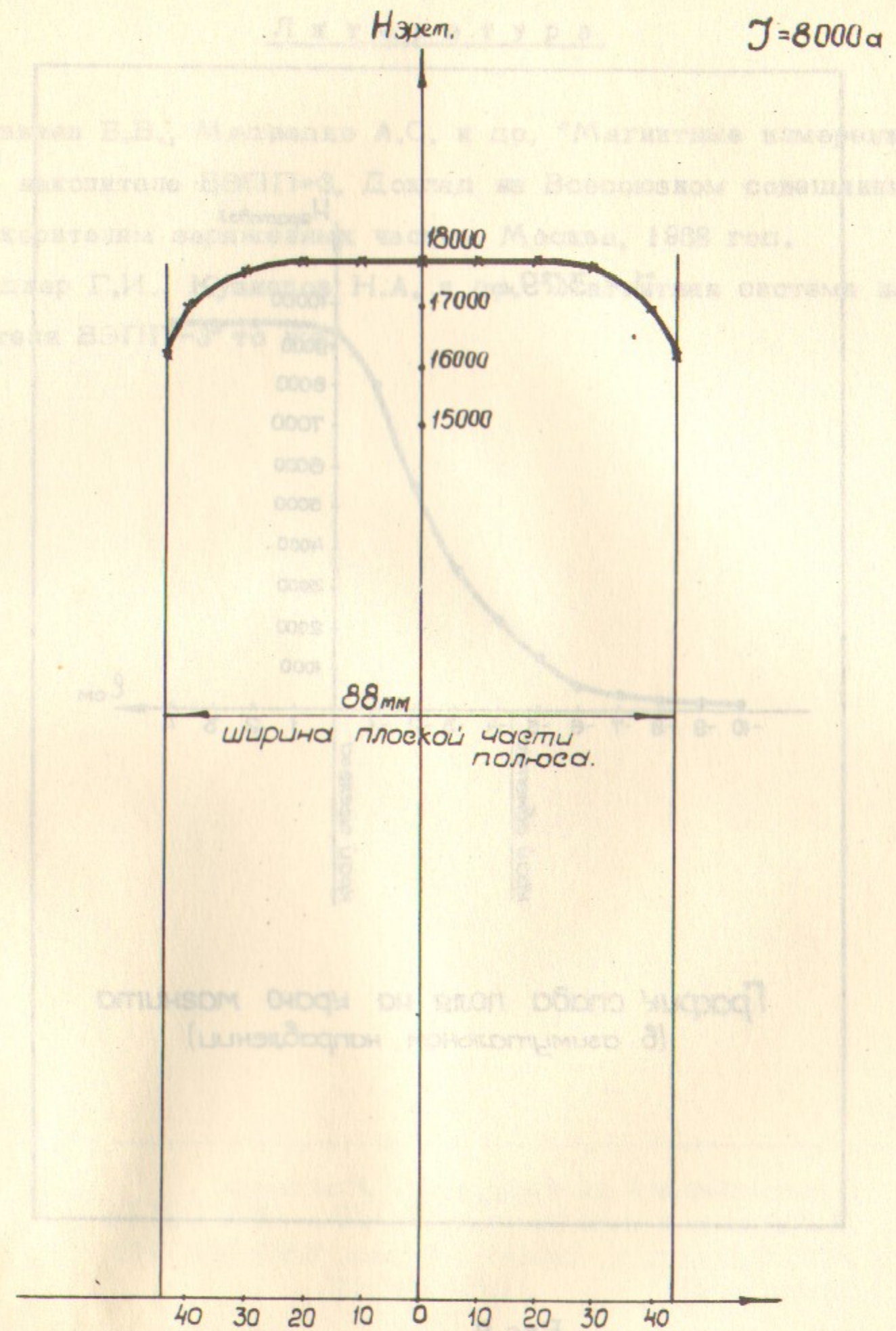


Рис.8.

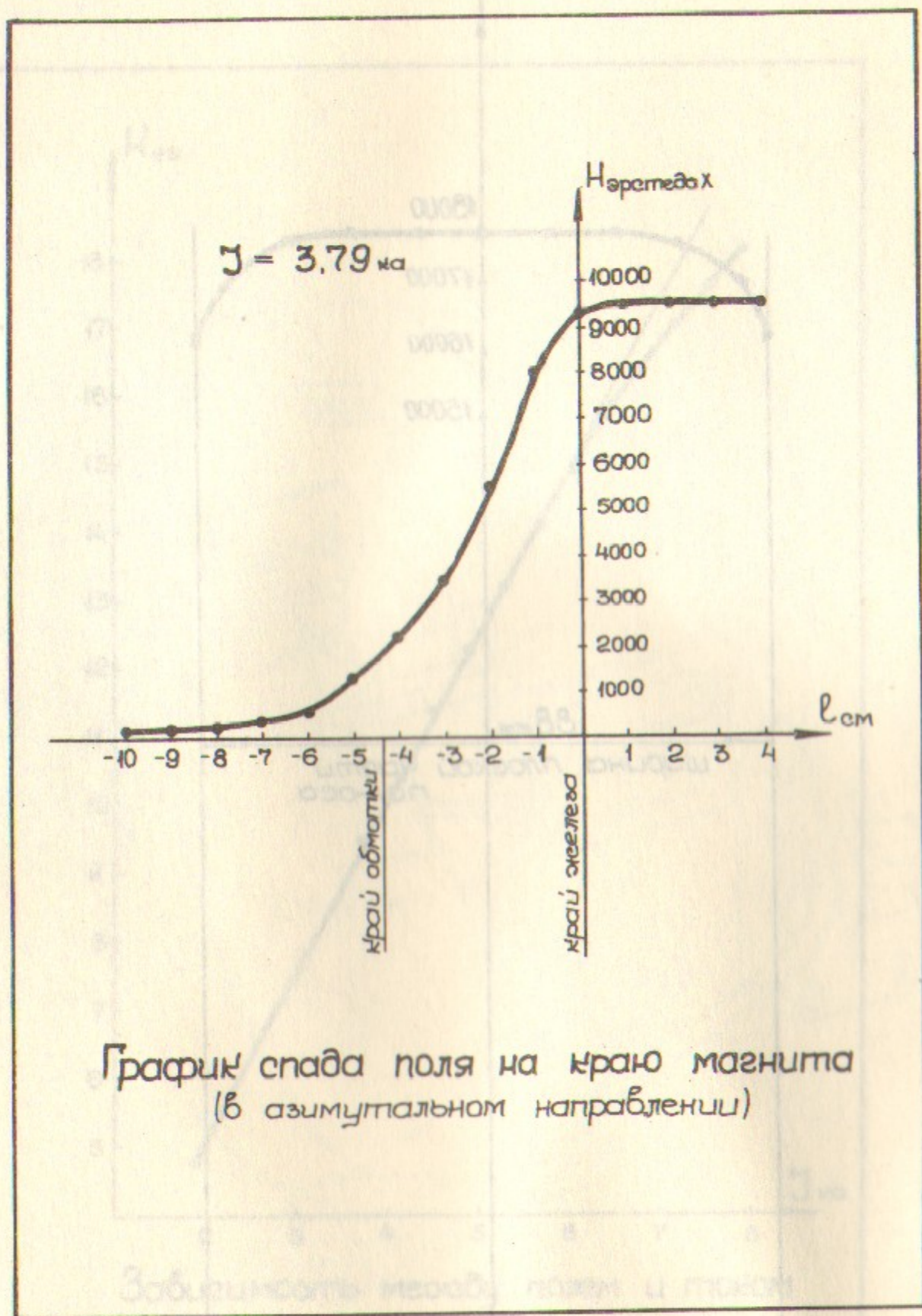


График спада поля на краю магнита
(в азимутальном направлении)

Рис. 9.

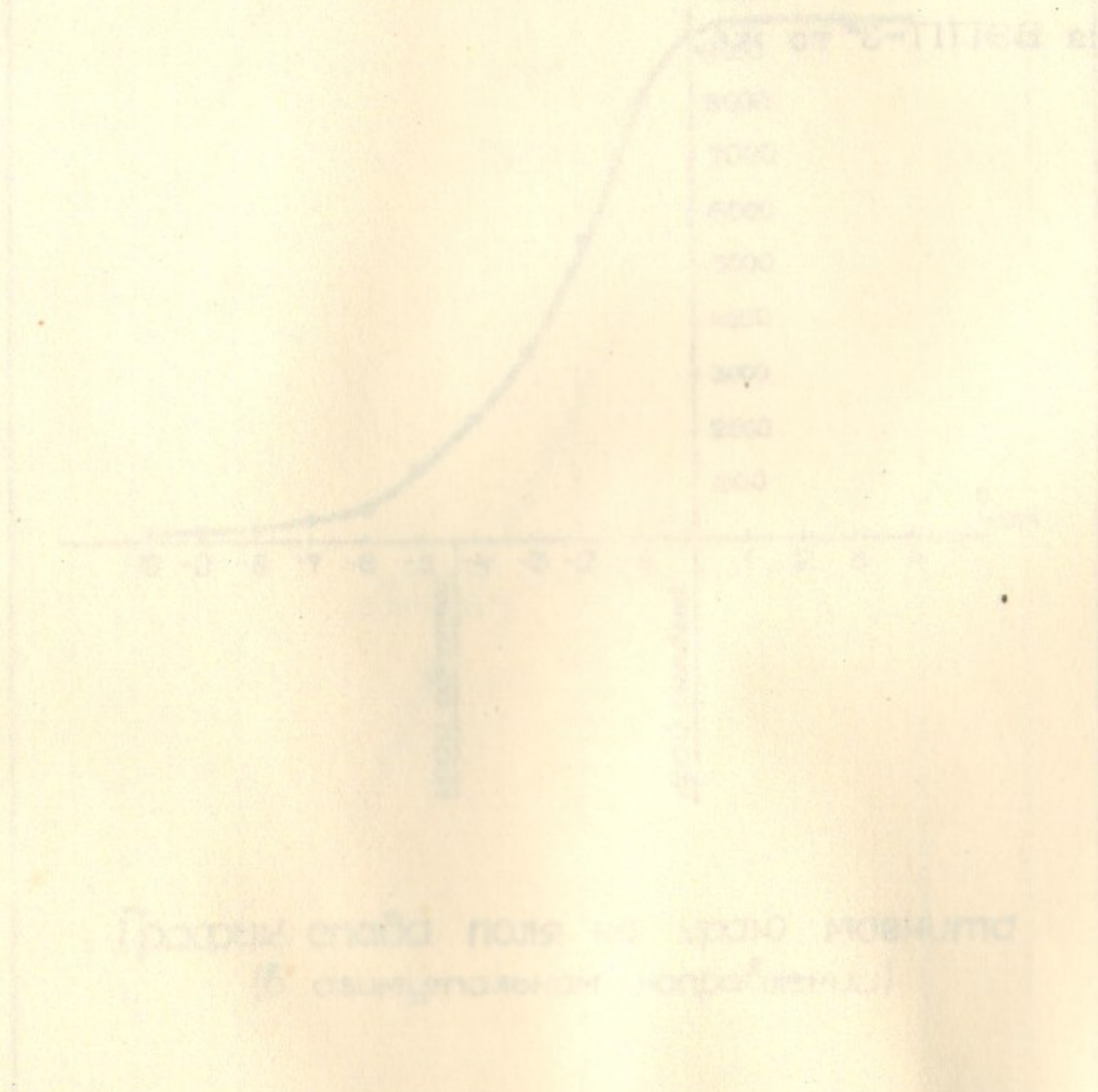
Литература

1. Левичев Б.В., Медведко А.С. и др. "Магнитные измерения на накопителе ВЭПП-3. Доклад на Всесоюзном совещании ускорителям заряженных частиц. Москва, 1968 год.
2. Будкер Г.И., Кузнецов Н.А. и др. "Магнитная система накопителя ВЭПП-3" то же.

ЛЕТУЧАТА

1. Доспир Е.В., Мельнико А.С. и др. "Аналитичекие измерения в спектровом диапазоне ВЭП-3". Доклад на Всесоюзном симпозиуме по спектроскопии, Саратов, 1988 год.

2. Доспир Е.В., Кузнецов Н.А. и др. "Матричные системы в спектровом диапазоне ВЭП-3". Доклад на Всесоюзном симпозиуме по спектроскопии, Саратов, 1988 год.



Ответственный за выпуск С.Н.Родионов
Подписано к печати 22/III-73г. МН 08176
Усл. 0,5 печ. л. тираж 150 экз. БЕСПЛАТНО
Заказ № 18 ПРЕПРИНТ

Отпечатано на ротапринте в ИЯФ СО АН СССР, вг