

2

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

**И Я Ф 4 - 70**

**А.А.Лившиц, Ю.В.Маклаков**

**МАГНИТНАЯ СИСТЕМА СИНХРОТРОНА**

**на энергию 500 Мэв**

**Новосибирск**

**1970**



А.А.Лившиц, Ю.В.Маклаков

МАГНИТНАЯ СИСТЕМА СИНХРОТРОНА

на энергию 500 Мэв.

А Н Н О Т А Ц И Я

В статье описывается магнитная система синхротрона Б-4 на 500 Мэв. Приводится описание конструкции магнитной и вакуумной системы. Приведены результаты магнитных измерений, вакуумных и силовых испытаний.



Синхротрон Б-4, магнит которого описывается ниже, предназначается в качестве инжектора в электрон-позитронный накопитель ВЭПП-3.

Ускоритель имеет следующие основные параметры:

- |                                      |                    |
|--------------------------------------|--------------------|
| 1. Радиус равновесной орбиты         | - 1 м;             |
| 2. Радиальная апертура               | - 14 см;           |
| 3. Вертикальная апертура             | - 9 см;            |
| 4. Максимальное поле на орбите       | - 17 кгс;          |
| 5. Число рабочих импульсов в секунду | - <del>80</del> 10 |
| 6. Энергия                           | - 500 М эв.        |

При проектировании магнита преследовалась цель получения хорошего по форме поля в максимальной апертуре, создания магнита с минимальным весом и минимальной энергетикой, простого в конструкции и изготовлении, и устойчивого к воздействию импульсных силовых нагрузок.

В связи с этим была выбрана магнитная система, показанная на рис.1. Эта система в смысле создания магнитного поля представляет собой "коаксиал", частично заполненный железом, в котором ток, текущий по шине 1, создает необходимые ампервитки на зазоре, а обратный ток замыкается по шине (2) и частично по соединенному с ней корпусу (3). Доля тока, текущего по корпусу (3) определяется полем у стенки корпуса, которая мала пока железа велико. Благодаря такой схеме магнитной системы отсутствуют поля рассеивания (за исключением потоков, проходящих через скин-слой шин), что экономит вес магнита и создает условия для получения хорошей формы поля в широкой апертуре. Формирование поля в этой схеме производится, как полюсными наконечниками железа, так и формой шин, поскольку ток протекает в скин-слое. Так как наружная шина находится под потенциалом корпуса, который заземлен, то потенциальной является только внутренняя шина, что удобно конструктивно и эксплуатационно и облегчает коммутацию отдельных частей магнита.

Одновитковость магнита облегчает создание простой и прочной конструкции.

В соответствии с выбранной схемой была создана конструкция магнита, показанная на рис.1 и 2.

В вакуумный кожух (3), сваренный из нержавеющей стали 1X18H9T на эпоксидной смоле горячего отверждения залиты под



давлением блоки магнитопровода (4). Сами блоки заранее клеются из железа Э43 толщиной 0,5 мм и имеют толщину 140 мм. При заливке в корпус блоки разделяются друг от друга прокладками (5) из стеклотекстолита толщиной 12 мм. Эти прокладки исполняют две функции: через них проходят болты, крепящие внутреннюю шину, кроме того, из-за наличия на прокладках скосов "В" и отверстий в корпусе (6), апертура магнита сообщается с форкамерой 7. После заливки корпус с блоками протачивается на карусельном станке, где с одного установка обрабатываются полностью поверхности магнитопровода, посадочные места под наружную и внутреннюю шины, а также контрольно-установочные поверхности, необходимые для выставки при общей сборке отдельных квадрантов магнита друг относительно друга.

После токарной обработки весь узел протравливается для снятия замыканий пластин магнитопровода и промывается.

Внутренняя шина (1) через изоляторы из стеклотекстолита СТЭФ базируется на поверхность "А" магнитопровода, и как указывалось выше, подтягивается болтами, которые изолированы от корпуса изоляционными шайбами. Наружная шина крепится к корпусу (3) непосредственно, без всяких изоляторов.

Каждый отдельный блок магнитопровода охвачен корректирующим витком, позволяющим производить азимутальные вариации магнитного поля. Токоподвод к шинам осуществляется плоским "коаксиалом" (рис.2), причем, поле на торце магнита формируется коробкой (8), которая крепится к токопроводу. На другом конце шины замкнуты перемычкой, на которой крепится коробка, аналогичная коробке (8). В вакуумном отношении конструкция уплотняется через резину крышкой (9) и крышкой (10). Откачные агрегаты крепятся к крышке (9), причем, их место по азимуту строго не фиксировано, благодаря наличию форкамеры.

Как видно из рисунков 1 и 2 и описания в конструкции отсутствует отдельная вакуумная камера. Ее заменяет вся конструкция в целом. Указанное обстоятельство является несомненным плюсом, т.к. экономится активная и реактивная мощность питания и упрощается вакуумная система.

Указанное конструктивное решение было принято после испытаний на газоотделение блоков железа, склеенных эпоксидной смолой. Газоотделение блоков после шестичасовой тренировки оказалось равным  $10^{-6}$  лтор/сек.см<sup>2</sup>, что несколько лучше га-

зоотделения оргстекла и допустимо в вакуумном отношении.

Для снятия мощности, выделяемой в железе, предусмотрены охлаждающие трубки на корпусе. Железо отдает тепло на корпус через слой эпоксидной смолы 2-3 мм. Несмотря на это, охлаждение идет более интенсивно, чем конвекцией в воздух, что позволяет иметь большое число (до 30) рабочих импульсов в секунду при поле 17 кгс и  $T_{имп} = 6$  мсек. Охлаждение шин производится трубками, впаянными в них.

Описанная конструкция была изготовлена и подвергнута испытаниям, которые преследовали следующие цели: \*

1. Снятие картины магнитного поля в диапазоне  $100 - 18 \cdot 10^3$  гс.
2. Исследование прочности конструкции при длительном воздействии силовых импульсных нагрузок.
3. Исследование вакуумных параметров.

#### Результаты магнитных измерений

Магнитные измерения показали, что в диапазоне полей  $100 - 18000$  гс в медианной плоскости во всей радиальной апертуре  $\frac{\Delta n}{n} \leq 5\%$ . Измерения ( $n$ ) показали, что до полей 14 кгс в диапазоне  $z = \pm 4$  см  $\frac{\Delta n}{n} \leq 10\%$ , а на поле 18 кгс для  $z = \pm 4$  см  $\frac{\Delta n}{n} \leq 20\%$ . В области  $z = \pm 2$  см для всех полей  $\frac{\Delta n}{n} \leq 6\%$ . Отметим, что для увеличения радиальной апертуры с хорошим " $n$ " была проведена коррекция профилей шин, а именно при " $n$ " на равновесной орбите 0,6, профиль наружной шины был выполнен для  $n = 0,7$ , а внутренней для  $n = 0,5$ . По сравнению с некорректированным профилем это дало уменьшение  $\Delta n$  у шины в медианной плоскости с 0,15 до 0,03. Измерение поля в области пазов показало, что при  $z = \pm 2$  см  $\Delta n$  в их области 0,1, что допустимо, учитывая их малую азимутальную протяженность. Измерение азимутальной неоднородности блоков показало их идентичность с точностью  $10^{-3}$ .

#### Результаты воздействия импульсных силовых нагрузок

Во время силовых испытаний конструкция была нагружена усилием, соответствующим  $18 \text{ кгс} \sim 10^6$  раз. Каких-либо

*\* Конструкция была изготовлена в модели М1:1 с  $n=0,6$*



дефектов конструкции обнаружено не было. Собственные частоты магнита и внешних его элементов оказались близки к расчётным. Максимальная амплитуда колебаний шин не превысила 0,04 мм.

#### Вакуумные испытания

Для получения вакуума в магните, к нему был подсоединен насос Н-5С с стандартной ловушкой. После 48 часов откачки в наиболее удаленной точке насоса был получен вакуум не хуже  $7 \cdot 10^{-6}$  торр, что подтверждает удовлетворительные вакуумные качества системы.

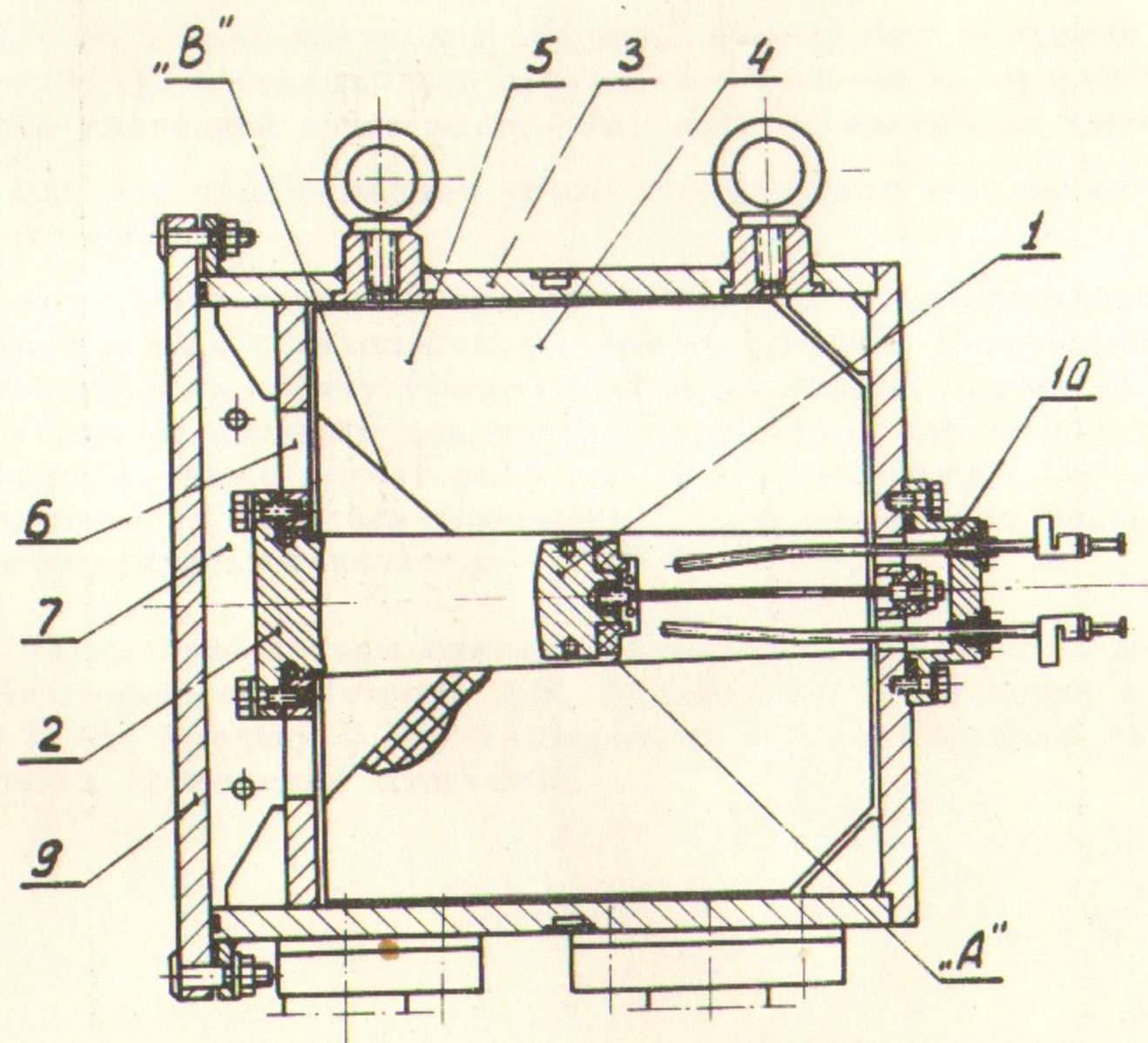
В настоящее время синхротрон Б-4 с магнитом описанной конструкции собран и находится в процессе запуска. Получен захват электронов на орбиту (фотография синхротрона см. рис. 3). Эксперименты по проверке вакуумных и магнитных характеристик синхротрона, а также захват частиц в устойчивый режим (время жизни частиц при этом без ускорения  $\sim 30$  мксек) подтверждают удовлетворительное качество магнитной системы.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Петрову В.В. за полезные обсуждения и Туркину В.Ф., Купчику В.И., Факторовичу Б.И. и Гельцелю М.Ю. за участие в проведении испытаний.

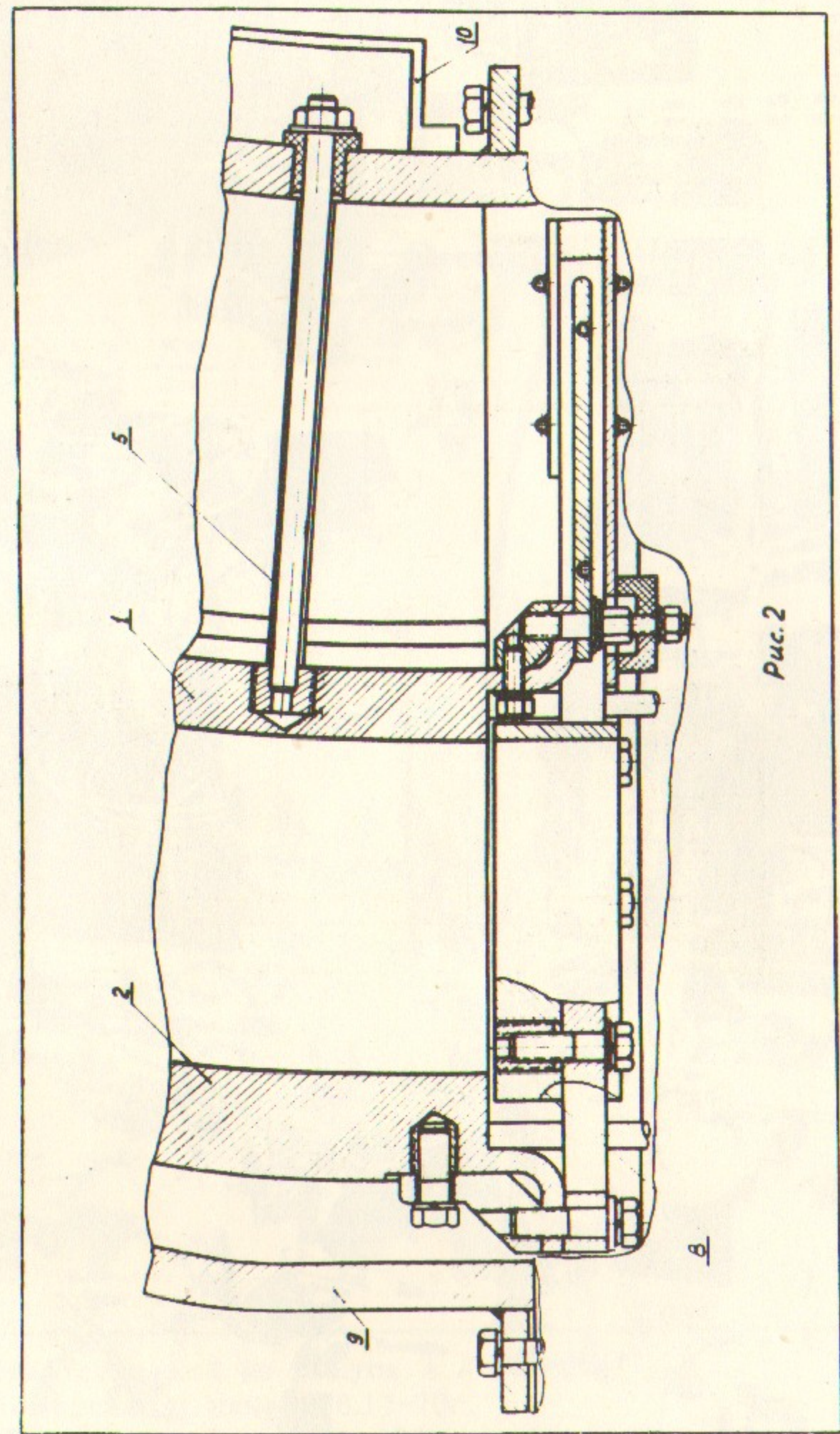
#### Л и т е р а т у р а

1. Л.П.Данилов, А.А.Лившиц, Г.И.Сильвестров, Э.М.Трахтенберг  
"Электромагнит синхротрона". Авторское свидетельство № 212394.





Puc. 1



Puc. 2



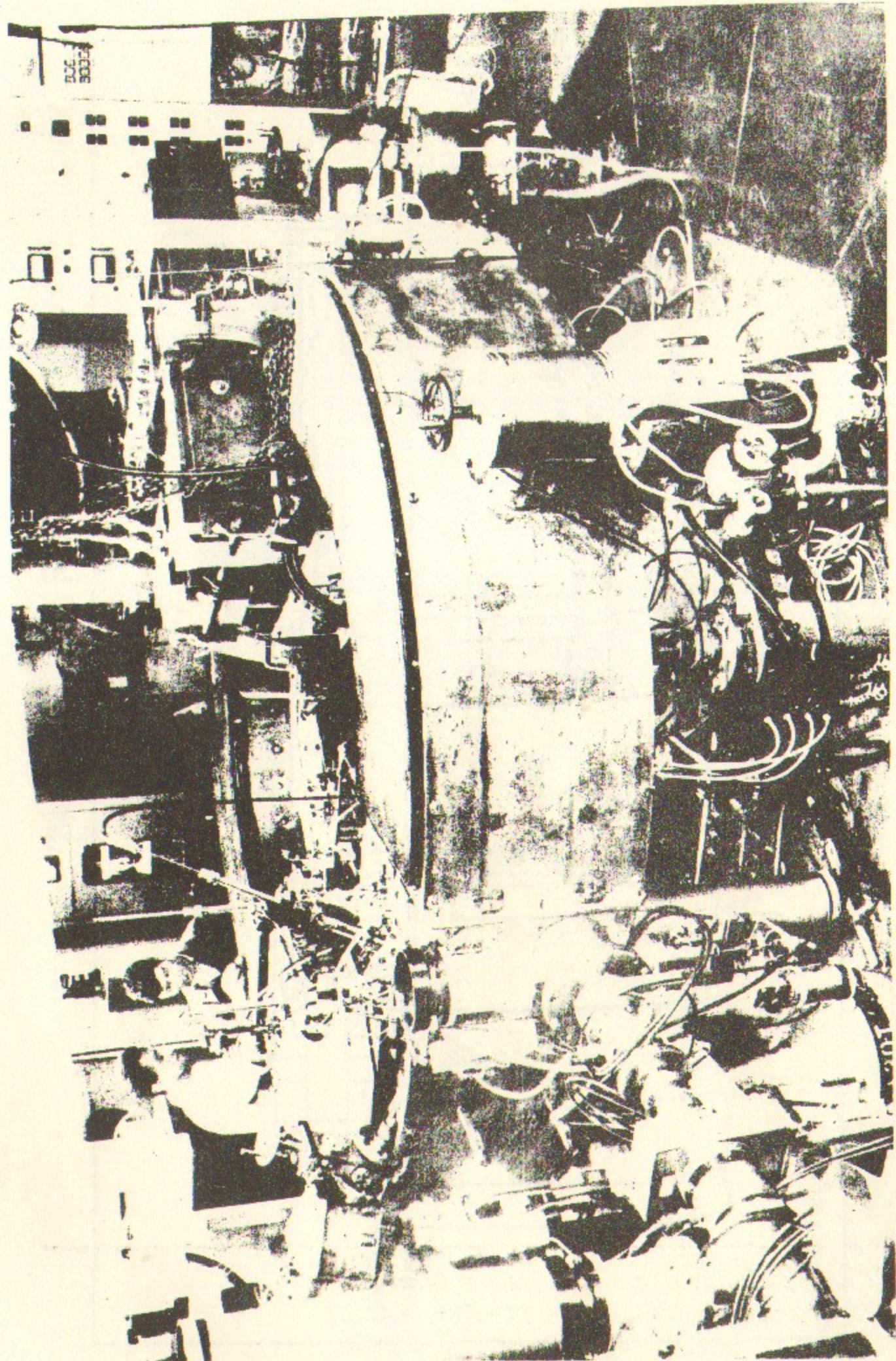


Рис. 3.

---

Ответственный за выпуск А.А.Лившиц  
Подписано к печати 6.11-70г.  
Усл. 0,2 печ.л., тираж 150 экз. Бесплатно.  
Заказ № 4 . ПРЕПРИНТ.

---

Отпечатано на ротапинтере в ИЯФ СО АН СССР, нв.