

Борисенко С. Л. и др.

2452 +

6135/85

Б1-9-85-571



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

с345e5

Б 1-9-85-571

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

Дубна 19 85 г.

Б1-9-85-571

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

С.Л.Борисенко, А.А.Глазов, Е.Н.Заплатин, В.А.Кочкин,
Б.Н.Марченко, Л.М.Онищенко, Т.Н.Томилина

ОПИСАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СИСТЕМЫ УСТАНОВКИ "Ф"

Дубна, 1985г.

Рукопись поступила
в издательский отдел

..25.. 27 1985

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение

I. Вакуумный объем ускорителя

1. Ускорительная камера

2. Промежуточная камера

3. Корпус вариатора (и коллекторный конденсатор)

II. Дуант

1. Конструкция дуанта

2. Размеры дуанта

3. Охлаждение дуанта

4. Напряжение смещения

5. Паразитные колебания

III. Вариатор

1. Статор вариатора

2. Охлаждение статора

3. Ротор вариатора

4. Сочленение роторов

5. Триммера

IV. Связь ГВЧ с ВЧ системой

1. Фидер связи

2. Катушки связи



УСТАНОВКА "Ф"

Рис. 1.

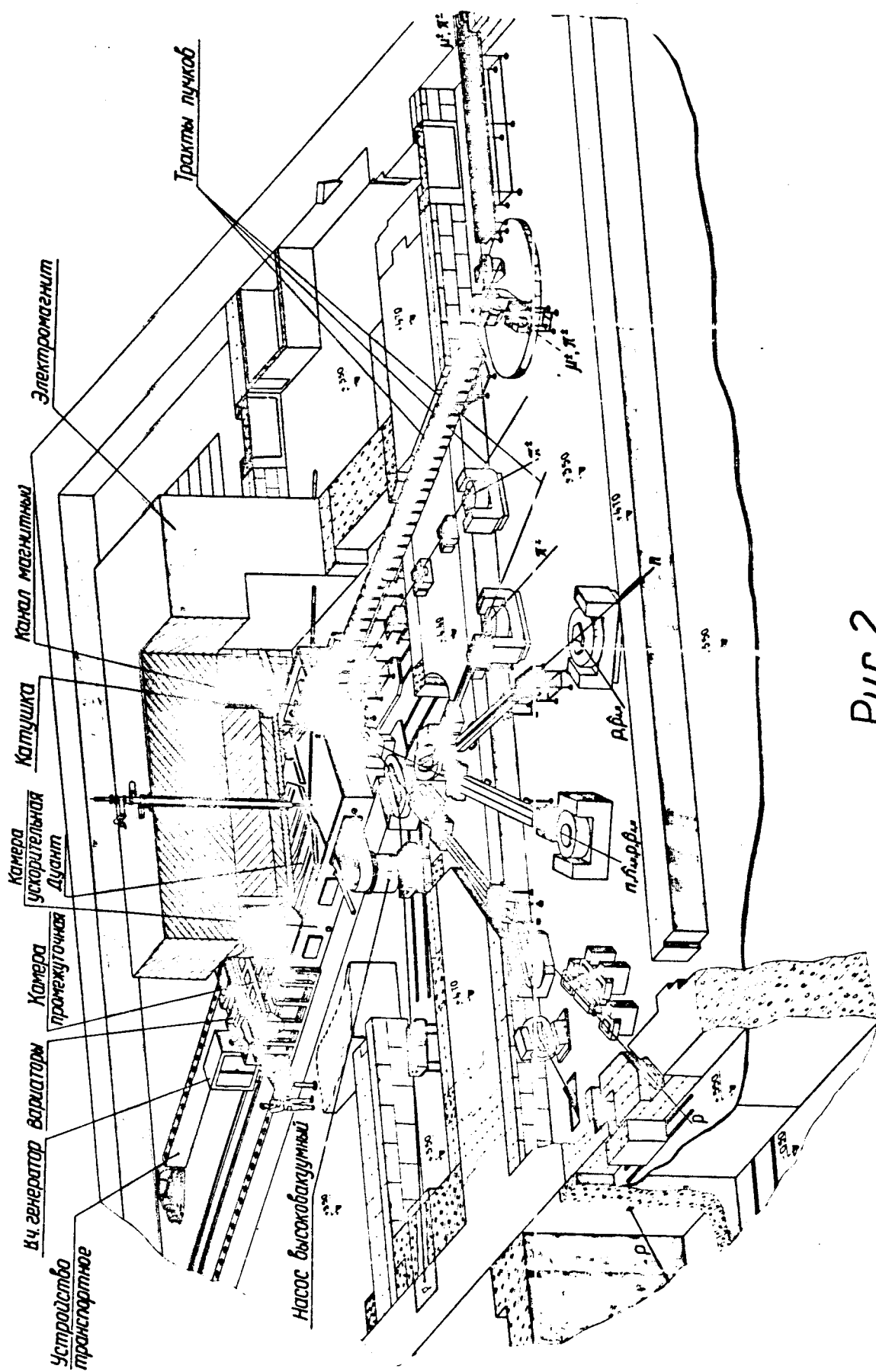
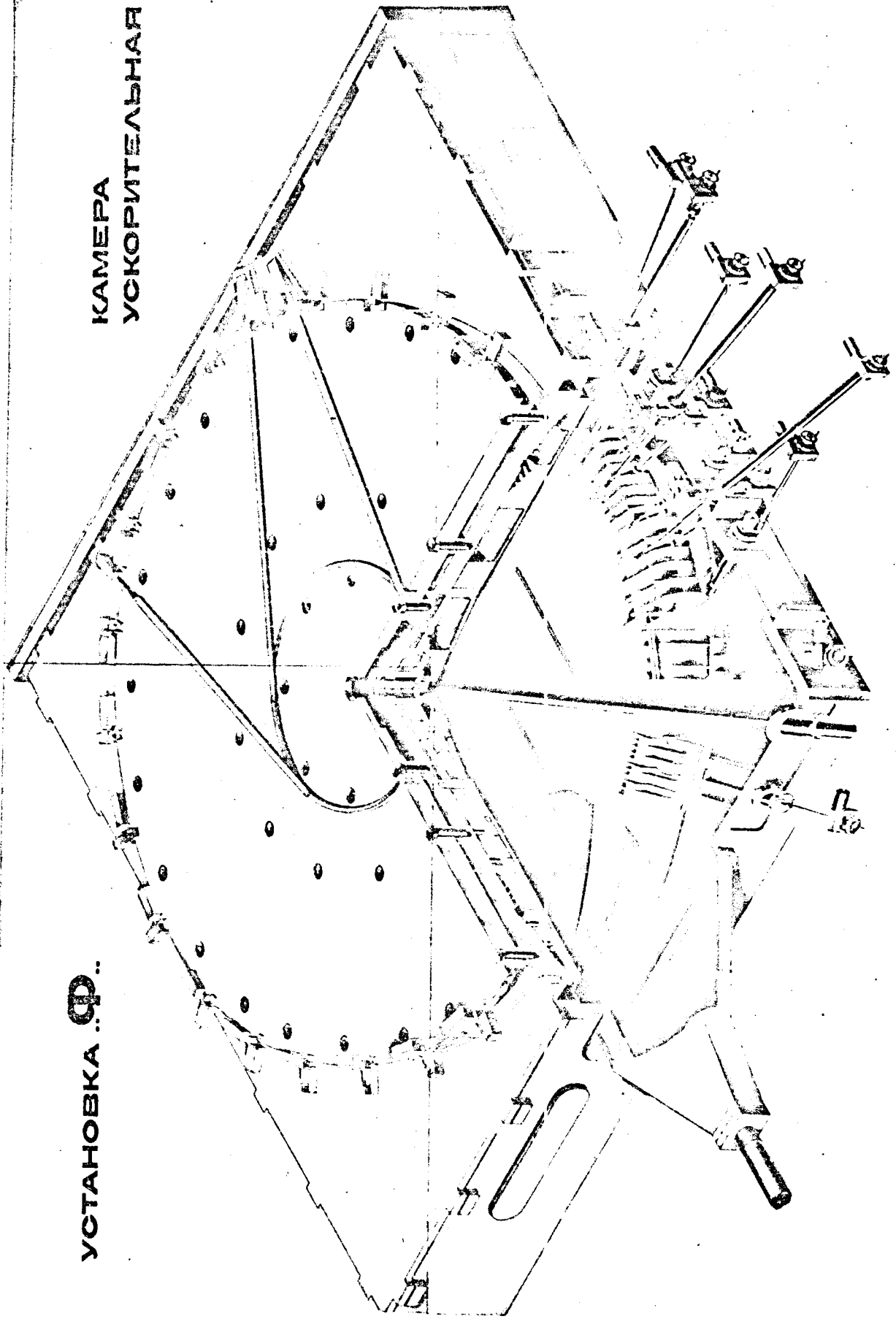


Рис. 2.

Фазотрон с вариацией магнитного поля (установка "Ф").

УСТАНОВКА Φ ...

КАМЕРА
УСКОРИТЕЛЬНАЯ



Введение

В фазотроне ОИЯИ (установка "Ф" - рис.1 и 2) для ускорения протонов требуется диапазон частот ускоряющего напряжения 18,18+14,41МГц с амплитудой 30+50 кВ при магнитном поле в центре 1,19 Тл и 1,62 Тл на конечном радиусе.

Для создания на ускоряющей щели напряжения необходимой частоты и амплитуды используется полуволновая высокочастотная резонансная система, состоящая из дуанта и вариатора частоты. Высокочастотная система располагается внутри вакуумного объема, который состоит из ускорительной камеры (рис.3), промежуточной камеры (рис.4) и корпуса вариатора (рис.5).

Внутри вакуумного объема для нормальной работы ускорителя необходим вакуум порядка 10^{-6} - 10^{-7} мм рт.ст., который поддерживается при помощи 2-х насосов ВА-40 и 3-х насосов ВА-20 общей производительностью $140 \cdot 10^3$ л/сек. (при давлении 10^{-7}), без ловушек.

I. Вакуумный объем ускорителя

I. Ускорительная камера представляет собой параллелепипед с основанием 6800x6800 мм и высотой 1520 мм. Толщина стенки камеры 100 мм, материал - нержавеющая сталь.

В верхнюю и нижнюю крышки камеры размером 6800x6800 мм вакуумно плотно вставляются стальные диски диаметром 6000 мм.

Стабильность положения крышек камеры со стальными дисками относительно полюсов магнита при наличии и отсутствии магнитного поля и изменении вакуума внутри камеры обеспечивается специальным расклинивающим устройством.

Для формирования магнитного поля заданной конфигурации

на каждой крышке камеры установлены 4 спиральных шиммы. Зазор по вертикали между шиммами - в долинах 310 мм (см. табл. I).

Внутри камеры размещены следующие устройства:

1. Дуант и противодуантная рама.
2. Источник ионов горизонтального ввода (ИГВ). Он вводится в центр камеры через специальный шлюз при помощи передвижного устройства.
3. Источник ионов вертикального ввода (ИВВ). Он вводится в центр камеры через отверстие в верхнем ярме магнита.
4. Стационарно смонтированный С-электрод, используемый для растяжки во времени пучка ускоренных протонов.
5. Железно-токовый канал, при помощи которого осуществляется вывод частиц из ускорителя.
6. Возбудитель и регенератор, забрасывающие ускоренные частицы в канал.

Кроме того для измерения амплитуды ускоряющего напряжения на дуанте используются емкостные датчики измерителей дуантных напряжений (ИДН).

Контроль за пучком внутри камеры осуществляется при помощи пикап-электродов и пробников № 1 и № 3. На выпускной стенке камеры сделаны два продольных окна. Одно окно предназначено для вывода частиц, другое - используется для подвода питания к С-электроду и concentрическим катушкам, кроме того на окне имеются смотровые окошки.

Внутренняя поверхность ускорительной камеры является обратным токопроводом резонансной системы, поэтому для уменьшения мощности потерь она покрыта медной плакировкой, охлаждаемой водой. Подвод воды осуществляется через вводы в крышках камеры.

Таблица I.

Элемент ускорителя	Габариты	Вес кг	Материал	Примечание
Ускорительная камера	длина 6800 мм ширина 6800 мм высота 1520 мм толщина стенок 100 мм	268000	Нержавеющая сталь X18H10T	
Спиральные шиммы	зазор по вертикали 310 мм			
Промежуточная камера	длина 3700 мм ширина 6800 мм высота 607,0 мм толщина стенок 100 мм	55000	Нержавеющая сталь X18H10T	
Корпус вариатора	длина 1480 мм ширина 6400 мм высота 2300 мм толщина стенок 100 мм	14200	Сталь СТ-3	
Коллекторный конденсатор	длина 1513 мм $\varnothing_{max}=1060$ мм $\varnothing_{min}=660$ мм	3150	Сплав алюминия Д16М	
Верхний пакет	протяж. по дуге 142°			
Нижний пакет	протяж. по дуге 138°			
Медн. ленты-перемычки	протяж. по дуге 4°			
Роторные опоры	$\varnothing_{max}=650$ мм $\varnothing_{min}=220$ мм высота 110 мм	147,5	СТ-4	
Изоляторы опоры	$\varnothing = 60$ мм $h = 90$ мм		Керамика 22-ХС или "кодор"	

2. Промежуточная камера

Промежуточная камера (рис.4) представляет собой параллелепипед с основанием 6800x3700 мм и высотой 1420 мм. Толщина стенки - 100 мм, материал - нержавеющая сталь.

На основании промкамеры, вдоль оси дуанта, смонтированы распорные колонны (I2), предохраняющие промкамеру от деформации атмосферным давлением при вакууме внутри нее.

На боковых стенках промкамеры (ближе к вариатору) расположены регулируемые упоры (I3). Они предназначены для ограничения перемещения дуанта перпендикулярно его оси до 3-х мм. На основании промкамеры расположены четыре регулируемых подхвата. Они удерживают дуант в горизонтальном положении при поломке любой из опор дуанта. Зазор между подхватом и дуантом (при исправных опорах) не должен превышать 4-х мм.

На верхнюю и нижнюю поверхности промкамеры ближе к вариатору уложено по пять стальных плит (габариты 900x800x50 мм) для защиты вариатора от рассеянного излучения.

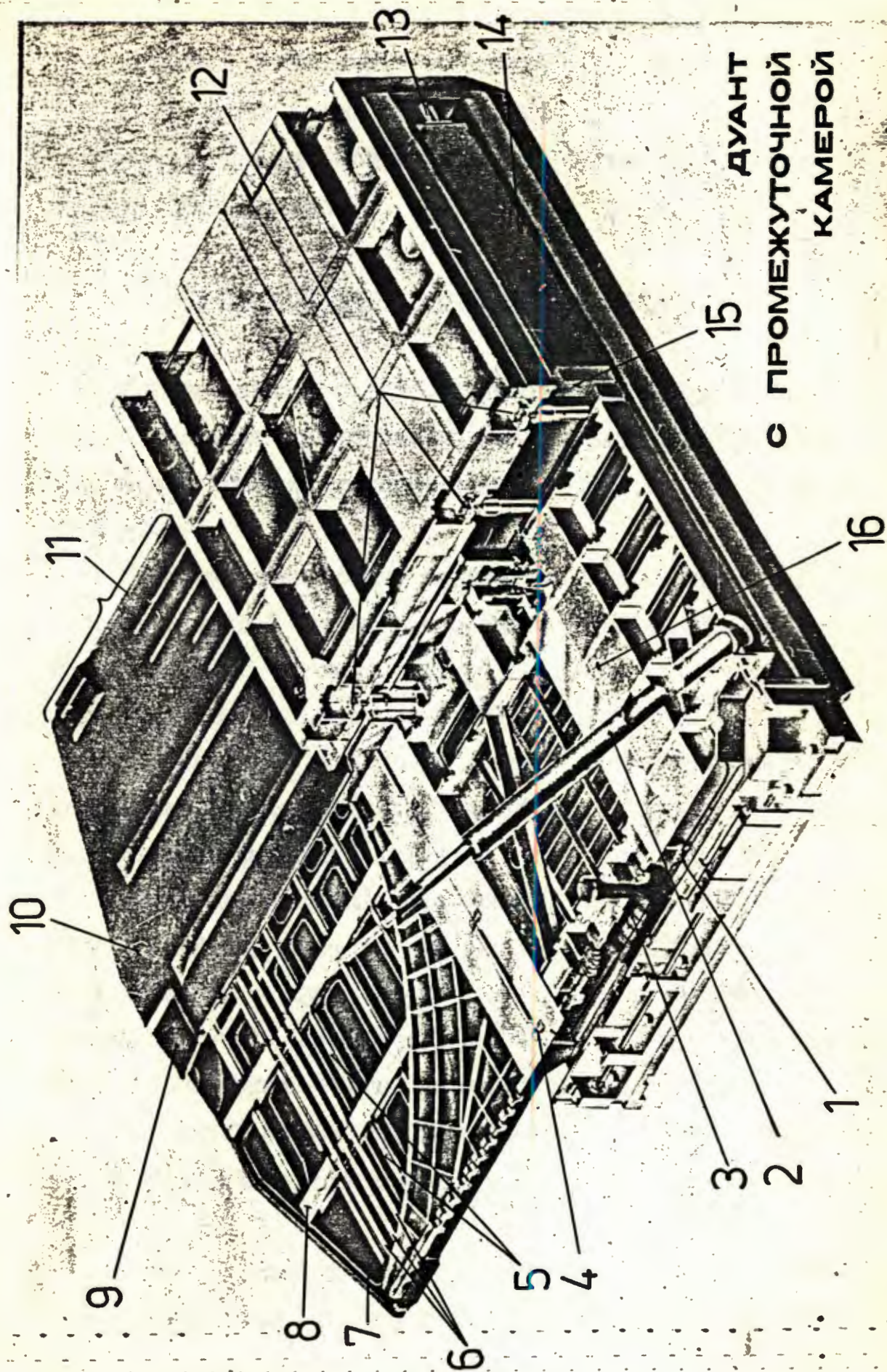
На внутренних поверхностях основания и крышки промкамеры укреплены решетчатые каркасы, к ним крепится медная плакировка, которая является обратным токопроводом резонансной системы и создает нужное волновое сопротивление.

Плакировка охлаждается дистиллированной водой. Вода подается через фланцы, расположенные слева и справа на крышке и на основании промкамеры.

В левой и правой стенках промкамеры имеются смотровые люки и монтажные люки для установки дуантных вводов (3). Вода в дуантные вводы подается через люки, расположенные слева и справа в крышке промкамеры. Трубки дуантных вводов уплотнены на вакуум и изолированы по постоянному току.

Дуант с промежуточной камерой (рис.4)

- I. Комель дуанта
2. Труба пробника № 2
3. Дуантные вводы
4. Клинья стяжек
5. Планки каркаса дуанта
6. Натяжные ленты
7. Трубки водяного охлаждения плакировки
8. Балки каркаса стебля
9. Центральные накладки
10. Плакировка
- II. Стебель дуанта
12. Распорные колонны
13. Упор
14. Балки, к которым крепятся статоры и щелевой конденсатор
15. Щель
16. Защитные бетонные блоки



ДУАНТ
С ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
КАМЕРОЙ

Рис.4.

Промкамера с крышкой соединяются при помощи болтовых соединений. Для обеспечения высокой добротности и электрического контакта между плакировкой ускорительной камеры и промкамеры применены ножевые контакты.

3. Корпус вариатора и коллекторный конденсатор

Корпус вариатора (рис.5) изготовлен из стали марки СТ-3 и имеет следующие габаритные размеры: длина 1480 мм, ширина 6400 мм, высота 2300 мм, толщина стенки - 100 мм, вес 14200 кг (см. табл.1).

Конструктивно корпус вариатора (3) разделен на три части. В левой и правой частях располагаются роторы (9) и коллекторные конденсаторы (1, 8), через центральную часть осуществляется связь генератора высокой частоты (ГВЧ) с дуантом.

Коллекторный конденсатор служит для заземления ротора по напряжению высокой частоты. Каждый коллекторный конденсатор состоит из двух пакетов - верхнего и нижнего (рис.7.1,2)

Длина одного коллектора (левого или правого) вдоль оси ротора - 1513 мм, диаметры пластин $\varnothing_{max} = 1060$ мм, $\varnothing_{min} = 660$ мм, протяженность по дуге - 142° (для верхнего пакета), 138° (для нижнего пакета). Общий вес всего коллекторного конденсатора - 3150 кг, материал - сплав алюминия АМГ-3.

В верхней крышке корпуса вариатора имеются три большие люка. Через крайние люки монтируются левый и правый верхние коллекторы. (рис.6).

Такие же люки имеются в нижней крышке корпуса вариатора. Через крайние люки монтируются левый и правый нижние коллекторы.

В боковых стенках и двух боковых перемычках корпуса вариатора

тора имеются отверстия для крепления четырех опор , по две опоры на каждый ротор (рис.7.3).

Каждая роторная опора состоит из наружной и внутренней обойм, в которых через промежуточное кольцо запрессовано два ряда изоляторов, по 6 штук в каждом ряду.

Размеры изоляторов $\varnothing = 60$ мм, $h = 90$ мм, материал - керамика 22-ХС или "кодор".

Наружная обойма опоры при помощи болтов закрепляется в корпусе вариатора. К внутренней обойме крепится подшипниковый корпус с подшипником вала ротора, а к нему манжетный корпус, который охлаждается водой.

Все обоймы изготовлены из стали СТ-3 и хромированы. Диаметр наружной обоймы - 650 мм, диаметр внутренней обоймы - 220 мм. Вес одной опоры 147,5 кг.

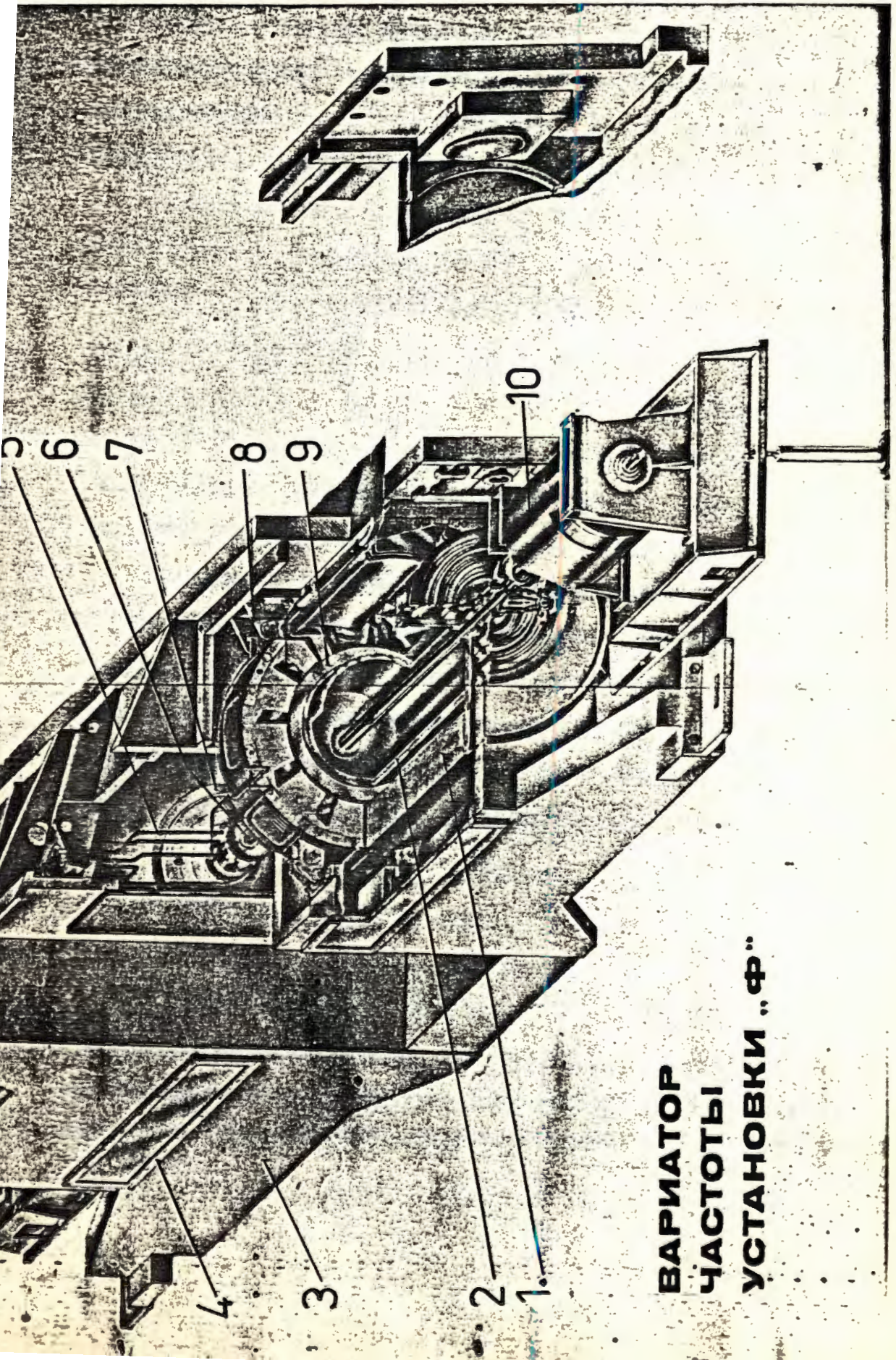
В подшипниковых корпусах установлены подшипники № 220 с текстолитовыми сепараторами. Для охлаждения и смазки подшипников используется масло ВМ-5, которое по специальной маслосистеме при помощи четырех насосов через жиклеры 2,3 мм подается в подшипниковые узлы. Расход масла для охлаждения и смазки одного подшипника 400 г/мин.

Около каждой опоры установлено два типа подхватов, закрепленных на корпусе вариатора: одни - технологические - должны удерживать ротор при смене подшипников по три подхвата с каждого края ротора, другие - для защиты роторов при выходе из строя подшипников или изоляторов опор. (рис.7.5,6).

Защитные подхваты должны удерживать ротор от больших перемещений как вдоль оси вала, так и в радиальном направлении. В рабочем положении зазор между подхватом и валом ротора лежит в пределах 0,9-1,1 мм в осевом и радиальном направлениях. Защит-

Вариатор частоты установки "Ф" (рис.5)

1. Нижний коллектор
2. Вал ротора
3. Корпус вариатора
4. Смотровое окно
5. Трубки подвода воды к манжетному корпусу
6. Промежуточный вал
7. Опора ротора
8. Крепление верхнего коллектора
9. Диски и лопадки ротора
10. Двигатель привода вариатора



**ВАРИАТОР
ЧАСТОТЫ
УСТАНОВКИ „Ф“**

Рис. 5.

ные подхваты представляют собой 3 сегмента из бронзы, расположенные по азимуту под углом 120° . Сегменты помещаются в стальные обоймы, которые крепятся к корпусу вариатора. В промежутках между сегментами располагаются технологические подхваты, также закрепленные на корпусе вариатора. В рабочем состоянии зазор между валом и технологическими подхватами порядка 20 мм.

В середине передней стенки корпуса вариатора находится большой фланец с отверстием для крепления фидера, соединяющего ГВЧ с дуантом. Через центральный фланец в верхней крышке корпуса вариатора осуществляется обслуживание опор, закрепленных в перемычках корпуса вариатора, и монтируется система связи ГВЧ с дуантом. В середине фланцев нижней крышки корпуса вариатора имеются патрубки, к которым присоединяются три насоса ВА-20 для откачки вакуумного объема корпуса вариатора и промежуточной камеры.

На лицевой стороне корпуса вариатора вдоль продольной его оси расположены два овальных отверстия (рис 5) которые закрываются фланцами из оргстекла. Через эти отверстия верхний и нижний пакеты каждого коллектора соединяются между собой медными лентами, азимутальной протяженностью 4° . Общая протяженность верхнего и нижнего пакетов вместе с соединяющими их лентами 284° .

II. Дуант

Необходимое для ускорения протонов напряжение получается при помощи автогенератора, колебательным контуром которого является высокочастотная система. Она состоит из вариатора и резонансной линии, образованной дуантом, плакировками камеры и промежуточной камеры.

I. Конструкция дуанта.

Дуант представляет собой (рис.4) консольную каркасную конструкцию, состоящую из двух частей: стебля (II) и комля (I).

Габаритные размеры в сборе - длина 7100 мм, ширина 6000 мм (табл.2). Стебель находится в ускорительной камере, а комель крепится в промкамере на 3-х опорах (черт. 1). Соединение комля со стеблем осуществляется при помощи 6-ти клиновых стяжек (4) из нержавеющей стали.

Каркас стебля состоит из 8-ми несущих консольных балок (8), обеспечивающих жесткость конструкции. Балки между собой связаны планками (5). Регулировка положения концов балок, несущих плакировку дуанта осуществляется натяжением шести стальных лент (6).

Комель имеет ячеистую конструкцию, в которую заложены 10 бетонных блоков (I6) для радиационной защиты вариатора.

Внутри каркаса дуанта проходит направляющая труба (2) для пробника № 2, который должен доходить до центра ускорительной камеры.

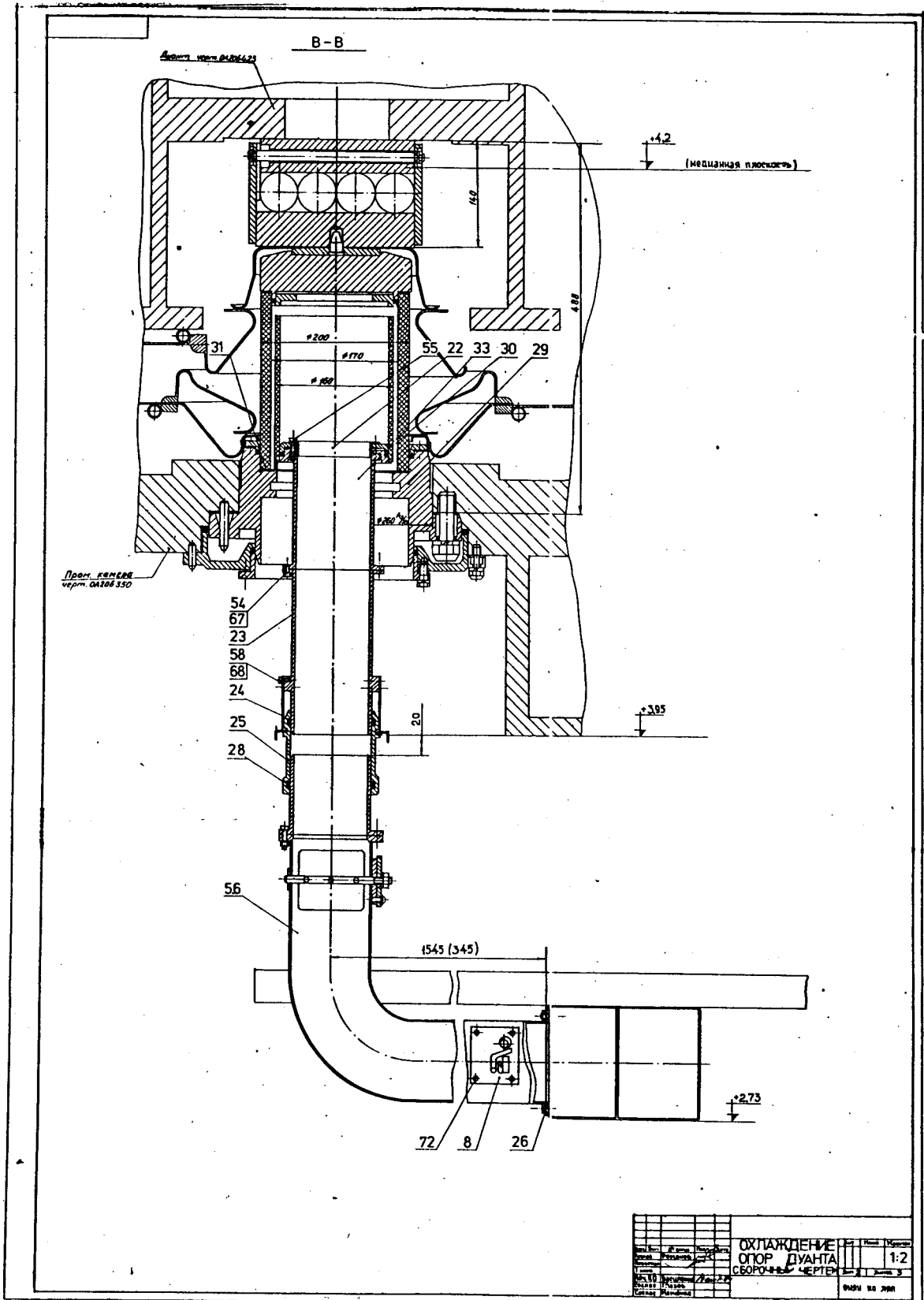
Две стальные балки каркаса дуанта, одна из которых служит для стыковки комля и стебля дуанта, а другая (I4) - для монтажа статоров вариатора, одновременно используется и для защиты вариатора от прямого радиационного излучения.

Монтаж дуанта на основании промкамеры производится при помощи крана. Сначала дуант устанавливается на четыре гидравлических подъемника, с помощью которых затем он устанавливается на три дуантных опоры.

В комле дуанта предусмотрены посадочные места для трех опор со специальной конструкцией катков, обеспечивающих перемещение дуанта при нагреве. Причем I-ая и 2-ая опоры допус-

Таблица 2

Узел ВЧ системы	габаритные размеры	материал	вес
Дуант	длина 7100 мм ширина 6000 мм апертура 100 мм на радиусе более 450 мм	нержавеющая сталь плакированная мед- ными листами 1,5мм	32000 кг.
Стебель	длина 3390 мм ширина 6000 мм высота 153 мм	нержавеющая сталь плакированная мед- ными листами 1,5мм	10000 кг.
Комель	длина 3710 мм ширина 6000 мм высота 450 мм	нержавеющая сталь плакированная мед- ными листами 1,5мм	22000 кг.
Щель в комле	длина 1760 мм ширина 260 мм		
Центральные дуант- ные вставки	длина 430 мм ширина 980 мм апертура 46 мм	медь М1	
Противодуантная рамка	длина 1260 мм ширина 120 мм зазор между дуантом и рам- кой 120 мм	медь М1	



черт. 1

кают перемещение дуанта поперек оси, а 3-я опора допускает перемещение вдоль оси дуанта. Возможность таких перемещений предохраняет изоляторы опор от разрушения из-за нагрева дуанта. На 1-ой и 2-ой опорах имеются штифты, препятствующие механическому сдвигу дуанта по опорам в горизонтальной плоскости. В результате встировки дуанта в камере под опоры дуанта со стороны щели были подложены прокладки.

Таблица 3.

№ опор	Первоначальная высота опоры, мм	Толщина прокладки, мм	Высота изоляторов, мм	Внутренний диаметр сущих изоляторов, мм	Наружный диаметр вспомогательных изоляторов, мм
1	348,0	1,5	240,0	164	159
2	348,1	2,6+2,6	238,2	165	159
3	354,0	5,4	239,0	163	159

Каркас дуанта обшит медной плакировкой (толщина 1,5 мм). Соединение листов плакировки вдоль оси дуанта (по направлению тока) осуществляется при помощи реек и болтов. Поперек оси дуанта в месте соединения комля и стебля плакировка пропаяна оловом и соединена рейками и болтами.

2. Размеры дуанта.

Длина - 7100 мм, ширина - 6000 мм, апертура дуанта 100 мм (на радиусе > 45 см).

Для получения однородной полуволновой линии с постоянным волновым сопротивлением необходимо, чтобы зазор между плакиров-

ками дуанта и ускорительной камерой, а также плакировками дуанта и промкамеры был постоянным (78,5 мм).

В местах крепления натяжных лент дуант имеет вертикальный размер 220 мм.

Передняя кромка дуанта в плане имеет скосы, которые начинаются с радиуса 1000 мм и идут под углом 10° к кромке дуанта. Противодуантная рамка имеет длину 1260 мм и расположена на расстоянии 120 мм от дуанта. На рамке и дуанте стоят филеры, расстояние между которыми 50 мм.

Филеры крепятся на дуантных вставках (накладках). Они уменьшают апертуру дуанта со 100 мм до 46 мм, зазор между филерами 32 мм, длина филеров 340 мм. Без раскатки системы можно менять положение рамки.

3. Охлаждение дуанта

Медные трубки ($\varnothing = 18$ мм) для охлаждения дуанта напаяны с внутренней стороны плакировки 10. Вода для охлаждения нижней и верхней поверхностей дуанта подводится через левый и правый дуантные вводы (3), которые конструктивно представляют собой катушки из 4-х витков диаметром $\varnothing = 150$ мм. Каждый виток состоит из 8-ми пар медных трубок диаметром $\varnothing = 18$ мм. Оба дуантных ввода по высокой частоте заземляются емкостью не менее 10000 пФ. Дуантные накладки (9) также охлаждаются водой: верхняя — от левого дуантного ввода, нижняя — от правого дуантного ввода.

Все узлы ВЧ системы охлаждаются дистиллированной водой, сопротивление которой должно быть не менее 100 кОм.

4. Напряжение смещения

Через левый дуантный ввод (3) подается отрицательное смещение, расчищающее напряжение, препятствующее развитию разряда. Напряжение смещения может быть постоянным до $-4,5$ кВ или импульсным — до $-4,0$ кВ.

5. Паразитные колебания

Габаритные размеры дуанта таковы, что возможно возникновение поперечных паразитных колебаний, частота которых может лежать в рабочем диапазоне частот.

Для управления частотой поперечных колебаний в комле дуанта сделана прорезь — щель (15) с размерами $1760 \times 260 \times 450$ мм. В самом начале щели на дуанте смонтирован щелевой конденсатор, представляющий собой две хромированные пластины 450×180 мм. Зазор между пластинами регулируется при помощи болтов.

Изменение зазора между пластинами щелевого конденсатора позволяет регулировать частоту паразитных поперечных колебаний. При зазоре 6 мм эта частота на 2 МГц ниже рабочей во всем диапазоне частот. Щелевой конденсатор охлаждается водой.

III. Вариатор

Для получения рабочего диапазона частот (18,18 МГц — 14,41 МГц) в высокочастотной системе имеется переменный конденсатор — вариатор, емкость которого изменяется от $C_{min} = 900$ пФ до $C_{max} = 5300$ пФ.

Конструктивно этот вариатор выполнен в виде двух вариаторов левого и правого, общая ось которых перпендикулярна оси дуанта.

Каждый вариатор состоит из трех основных частей: статора вариатора, электрически и механически соединенного с дуантом, ротора (вращающейся части вариатора) и коллекторного конденсатора, укрепленного на корпусе вариатора. Емкость коллекторного конденсатора обеспечивает заземление ротора по высокой частоте.

I. Статор вариатора.

Конструктивно статор состоит из двух пакетов - левого и правого. Пакеты смонтированы на плитах (рис.9), которые крепятся на балке кобля каркаса дуанта. Размеры пакета:

Длина - 1336 мм,

Высота - 560 мм,

Вес пакета - 578 кг.

Пакет состоит из двух рядов пластин-верхнего и нижнего. В каждом ряду 60 пластин. Каждый ряд статора собирается из секций. В ряду 10 секций по 6 пластин в каждой.

Электрическое подключение статорных пакетов к дуанту производится при помощи гибких медных лент, одна сторона которых приварена к дуанту, а другая - при помощи болтов крепится к плитам. Плиту вместе с пакетами можно перемещать в горизонтальном направлении в пределах $\pm 2,5$ мм.

Статорные пластины имеют трапециевидную форму (рис.9), одна боковая сторона пластин криволинейна (вогнута). Площадь пластины 270 см^2 . Толщина пластины изменяется от 1 мм до 8 мм. Протяженность пластины 28° относительно оси ротора. Между основаниями статорных пластин монтируются прокладки толщиной 14 мм. Изменение толщины статорных пластин обеспечивает необходимую

вариацию зазора между лопатками статора и ротора (от 4-х до 7-ми мм) при вращении ротора. В положении максимальной емкости зазор равен 4 мм (см. табл.4).

Зазоры необходимо контролировать после каждой стыковки корпуса вариатора с промкамерой. Контроль ведется при помощи длинных щупов через верхние люки и прорези в плакировке, соединяющей коллекторы с корпусом вариатора. Контролируются зазоры в районе I9,3I и 4I лопаток при отсчете справа налево для каждого из роторов (для правого ротора - от края, для левого ротора - от центра). Допустимый разброс зазора $4,0 \pm 0,3$ мм при максимальной емкости вариатора.

2. Охлаждение статора

Плиты, на которых смонтированы статорные пакеты, охлаждаются водой. Через левый дуантный ввод охлаждается левый статор последовательно с левой пластиной щелевого конденсатора. Соответственно правый статор охлаждается последовательно с правой пластиной щелевого конденсатора через правый дуантный ввод.

3. Ротор вариатора

Так же как статоров, роторов тоже два - левый и правый. Длина вала одного ротора I49I мм, диаметр - 540 мм. На каждый из двух валов горячей посадкой ^(рис.10) насажено 59 рабочих дисков и 6 охранных дисков (по 3 диска на каждом конце вала). (рис.II. I).

Габаритные размеры рабочих дисков: внутренний диаметр - 540 мм, наружный диаметр - 640 мм (без лопаток).

Таблица 4.

Элемент ускорителя	Габариты	Вес кг	Материал	Примечание
Статор вариатора				
Пакет статора (правый, левый) состоит из 2-х секций - верхней и нижней, в секции 60 пластин	длина пакета 1350 мм высота пакета 560 мм	578	Медь М-1	
Пластина статора	площадь 270 см ² азимутальная протяженность 28°, толщина изменяется по азимуту от 7 до 1 мм		Медь М-1 хромированная (5 микрон)	
Прокладка между пластинами статора	толщина 14 мм		Медь М-1	
Ротор	диаметр вала 540 мм длина вала 2343 мм длина ротора по крайним дискам 1491 мм	1525	Сталь НН-38	
Охранные диски	диаметр диска наружн. 930 мм, диаметр диска внутрен. 540 мм, толщина 23 мм		Сплав алюминия АКЦ-1	
Рабочие диски	∅ наружн. 640 мм ∅ внутрен. 540 мм		АКЦ-1	
Лопатки ротора 10 лопаток на одном раб. диске	Азимут. протяж. 7° толщина 6 мм			
скос лопаток по верхней кромке	∅ _{max} = 930 мм ∅ _{min} = 875 мм			
зазор между лопатками ротора и статора при				
$C_{max} = 2650$ пФ -	4 мм			
При $C_{min} = 450$ пФ -	7 мм			

По наружному диаметру диска равномерно по окружности расположены 10 лопаток толщиной 6 мм азимутальной протяженностью 7° . Лопатки имеют скос по верхней кромке: $\phi_{\text{макс.лоп.}} = 930$ мм, $\phi_{\text{мин.лоп.}} = 875$ мм.

Габаритные размеры охранных дисков; внутренний диаметр — 540 мм, наружный диаметр — 930 мм. В каждом охранном диске имеется 10 прорезей, симметрично расположенных по азимуту и имеющих протяженность 2° . Глубина прорези по радиусу диска 145 мм. Толщина охранного диска 23 мм.

При вращении ротора зазор между лопатками ротора и статора меняется от 4 мм ($C_{\text{макс.}}$) до 7 мм ($C_{\text{мин.}}$), при этом суммарная емкость двух вариаторов меняется от $C_{\text{мин.}} = 900$ пФ до $C_{\text{макс.}} = 5300$ пФ.

С обоих концов каждого вала укреплены полицилиндрические конденсаторы, предназначенные для дополнительной защиты подшипников ротора от токов высокой частоты (рис. II.3).

Ответные статорные полицилиндры крепятся на средней обойме опор ротора (рис. 8.3). Зазор между статорными и роторными полицилиндрами должен быть в пределах $1,0 \pm 0,1$ мм ($C = 5000$ пФ). Электрически емкость полицилиндров соединяется последовательно с емкостью опор (200 пФ). В процессе монтажа было принято решение статорные полицилиндры не ставить, а вместо них установить кольца для фиксации положения изоляторов опор.

Концы вала каждого ротора устанавливаются в корпусе вариатора на подшипниках (№ 220 с текстолитовыми сепараторами), закрепленных в опорах. Валы роторов с обоих концов имеют шейки диаметром 110 мм, на которые при температуре 150°C напрессовываются втулки с наружным $\phi 120$ мм. Для уплотнения втулок с валом

на их внутренней поверхности с обеих сторон имеются проточки для кольцевых уплотнений из печеной резины.

Втулки для внутренних концов валов роторов изготовлены из меди или бронзы, поверхность хромированная, длина $l = 90$ мм.

Втулки для наружных концов валов роторов изготовлены из бронзы БРХ-0,8, поверхность полированная, частично хромированная, длина $l = 290$ мм. В наружных длинных втулках имеются пазы, по которым проходит вода.

Подача воды в вал осуществляется через трубу внутри вала $\phi = 46$ мм, соединенную на концах вала с наружной трубой вала, в которой сделано 40 пазов сечением 2×20 мм.

Валы роторов уплотнены от проникновения масла из подшипникового узла в вакуумный объем корпуса вариатора. Для этой цели на валах перед подшипниками со стороны ротора установлены манжеты диаметром $\phi = 120$ мм.

После подшипников, со стороны промежуточного вала, на внутренних опорах установлены манжеты диаметром 70 мм.

Для уплотнения вакуумного объема корпуса вариатора от атмосферного давления валы с каждого конца уплотнены тремя манжетами диаметром 100 мм таким образом, что они образуют две полости. Эти полости откачиваются отдельной форсированной линией и с помощью газовых пультов в наружном объеме, созданном манжетами устанавливается давление 0,5 атм., а во внутреннем - 0,2 атм. (Ступенчатая откачка).

Все манжеты, кроме манжет диаметром 120 мм, монтируются в специальных манжетных корпусах. Манжетные корпуса охлаждаются водой.

Уплотнение валов по воде и разделение напора от слива на наружных концах валов осуществляется четырьмя манжетами $\phi 100$ мм, которые собираются в отдельные муфты. На вал каждого ротора при помощи угольных щеток подается отрицательное расчищающее

напряжение от 500 до 1500 вольт, препятствующее развитию разрядов.

4. Сочленение роторов

Роторы разнесены по оси на расстоянии между концами валов (рис.12) 873 мм. Сочленение роторов производится при помощи промежуточного вала длиной 873 мм, который соединяет роторы посредством специальных муфт и предохранительных диафрагм (толщина диафрагмы 1 мм, материал — бронза). Муфты изолируют валы роторов от промежуточного вала.

Конструктивно муфты выполнены в виде двух обоем с запрессованными между ними тремя изоляторами, расположенными по окружности через 120° .

Пром.вал имеет подхваты, укрепленные на кронштейнах к корпусу вариатора. Зазор между подхватом и валом — 1 мм. С помощью правой муфты производится регулировка синфазности правого ротора относительно левого.

Установка синфазности производится следующим образом. Правый ротор устанавливается в положение, при котором в нижний коллектор полностью вошел один из рядов роторных лопаток. В этом положении правый ротор фиксируется с помощью технологических подхватов. Левый ротор устанавливается таким образом, чтобы один из рядов роторных лопаток выступал над кромкой нижнего коллектора на 4,75 мм. После этого окончательно затягиваются и контрятся болты правой муфты. В этом положении роторы будут сфазированы по отношению к статорным пакетам.

Затем стыкуется корпус вариатора с промкамерой и проверяется с помощью измерительных плиток положение роторных лопаток в статорных пакетах. Оно должно быть одинаковым по азимуту.

Вторичная проверка положения роторных лопаток по отношению к статорным производится через прорези в плакировке верхних коллекторов при помощи глубиномера.

Вариатор вращается при помощи 2-х электродвигателей привода. Обороты вариатора можно плавно изменять от 0 до 3600 об./мин. На правом двигателе привода вариатора расположены магнитные датчики, которые вырабатывают импульсы для синхронного запуска всех устройств, связанных с ВЧ-системой ускорителя (ГВЧ, модулятор и т.д.).

5. Триммера

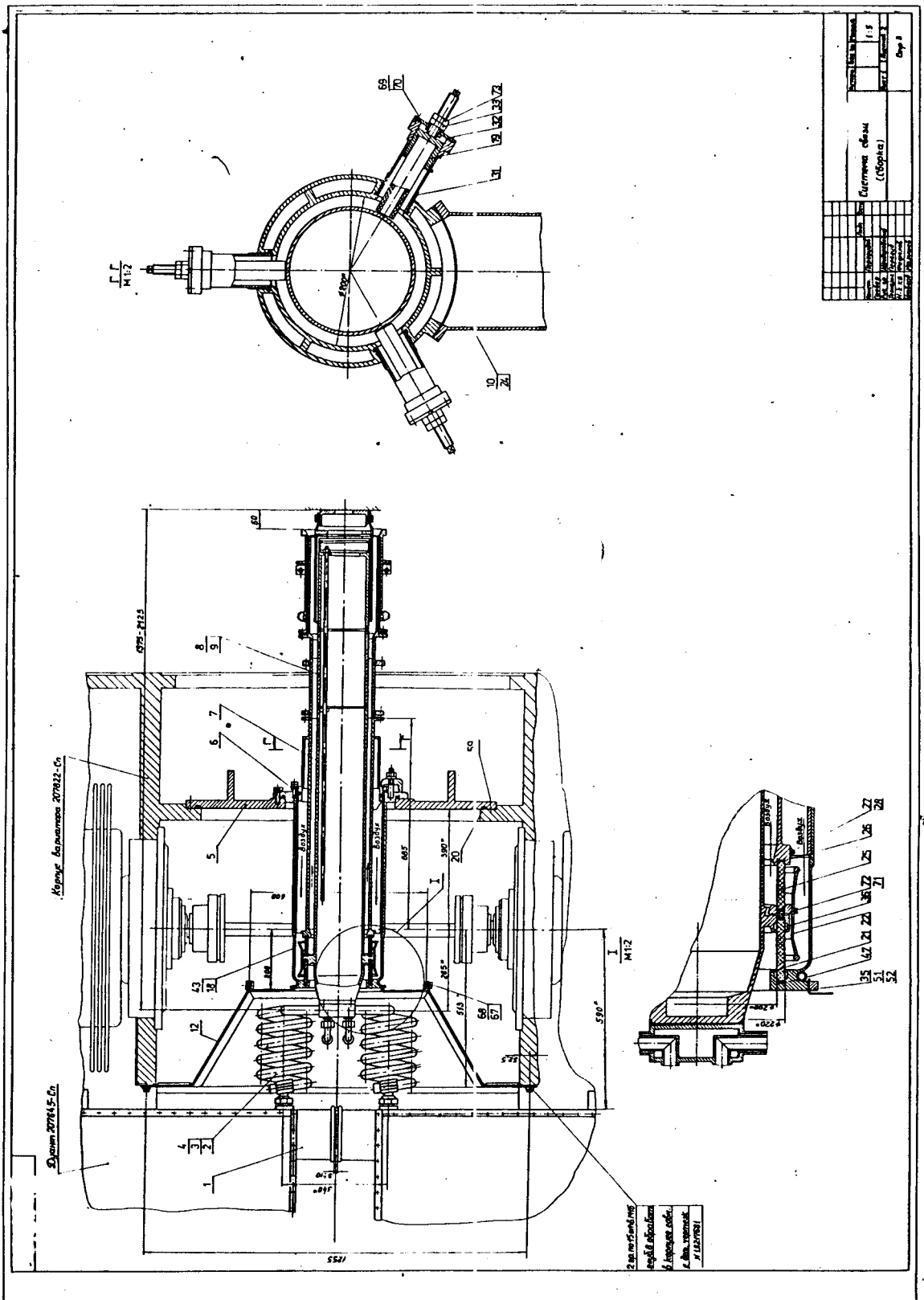
Триммера используются для подстройки верхней частоты и создания плато на кривой частота-время ($\dot{f} = 0$) на частоте захвата, а также для симметрирования ВЧ напряжения на вариаторах.

Триммера представляют собой прямоугольные пластины размером 450x450 мм. Они установлены правее правого и левее левого статорных пакетов.

Емкость триммеров изменяется: обратно пропорционально зазору между пластинами, который может регулироваться дистанционно в пределах от 4-х до 40 мм. В приводе используется электромотор УР-6. Крайние положения передвижных пластин триммеров фиксируются конечными выключателями. Положение передвижных пластин определяется специальной схемой и прибором на пульте управления.

IV. Связь генератора высокой частоты (ГВЧ) с ВЧ-системой

В систему кондуктивной связи ГВЧ с ВЧ-системой входят фидер связи и индуктивность связи, черт. 2



черт. 2

I. Фидер связи представляет собой коаксиальную разборную телескопическую конструкцию, позволяющую плавно регулировать длину фидера от 1345 мм до 2095 мм. Наружная и внутренняя трубы фидера изготовлены из меди. Внутренний диаметр наружной трубы $\varnothing = 200$ мм, наружный диаметр внутренней трубы со стороны ГВЧ $\varnothing = 140$ мм, длина - 280 мм, остальная часть внутренней трубы фидера имеет наружный диаметр $\varnothing = 120$ мм.

Внутренняя и наружная трубы фидера со стороны ГВЧ разделены цилиндрическими изоляторами, разнесенными по окружности на 120° , $\varnothing 30$ мм.

На противоположном от ГВЧ конце фидера смонтирован изолятор, уплотняющий наружную и внутреннюю трубы фидера. Размеры уплотняющего изолятора: ширина 80 мм, $\varnothing_1 = 220$ мм, $\varnothing_2 = 200$ мм, материал - керамика "кодор".

Для охлаждения изолятора и фидера используется воздух. Разделение воздушного потока осуществляется вспомогательным изолятором следующих размеров: высота 60 мм, $\varnothing_1 = 220$ мм, $\varnothing_2 = 200$ мм. Подача воздуха производится через ^{зазор} между наружной трубой фидера и одетым на нее стальным экраном. На стальной экран напаяны медные трубки водяного охлаждения.

После разборки фидера (например, при замене вышедших из строя изоляторов) перед монтажом необходима проверка на стенде вакуумного уплотнения фидера.

В процессе работы ВЧ-системы необходимо следить за изоляцией и температурой уплотняющего изолятора. Ухудшение изоляции дуанта может быть следствием ухудшения изоляции фидера.

2. Катушки связи

Катушки индуктивности связи выполнены в нескольких вариантах (4, 5, 6 витков). Две катушки связи соединяются параллельно и имеют суммарную индуктивность 0,36 мкГн.

Диаметр катушек (по ср. линии) $\phi_1 = 150$ мм. Длина намотки $l = 300$ мм. Диаметр медной трубки, из которой намотана катушка $\phi_2 = 18$ мм.

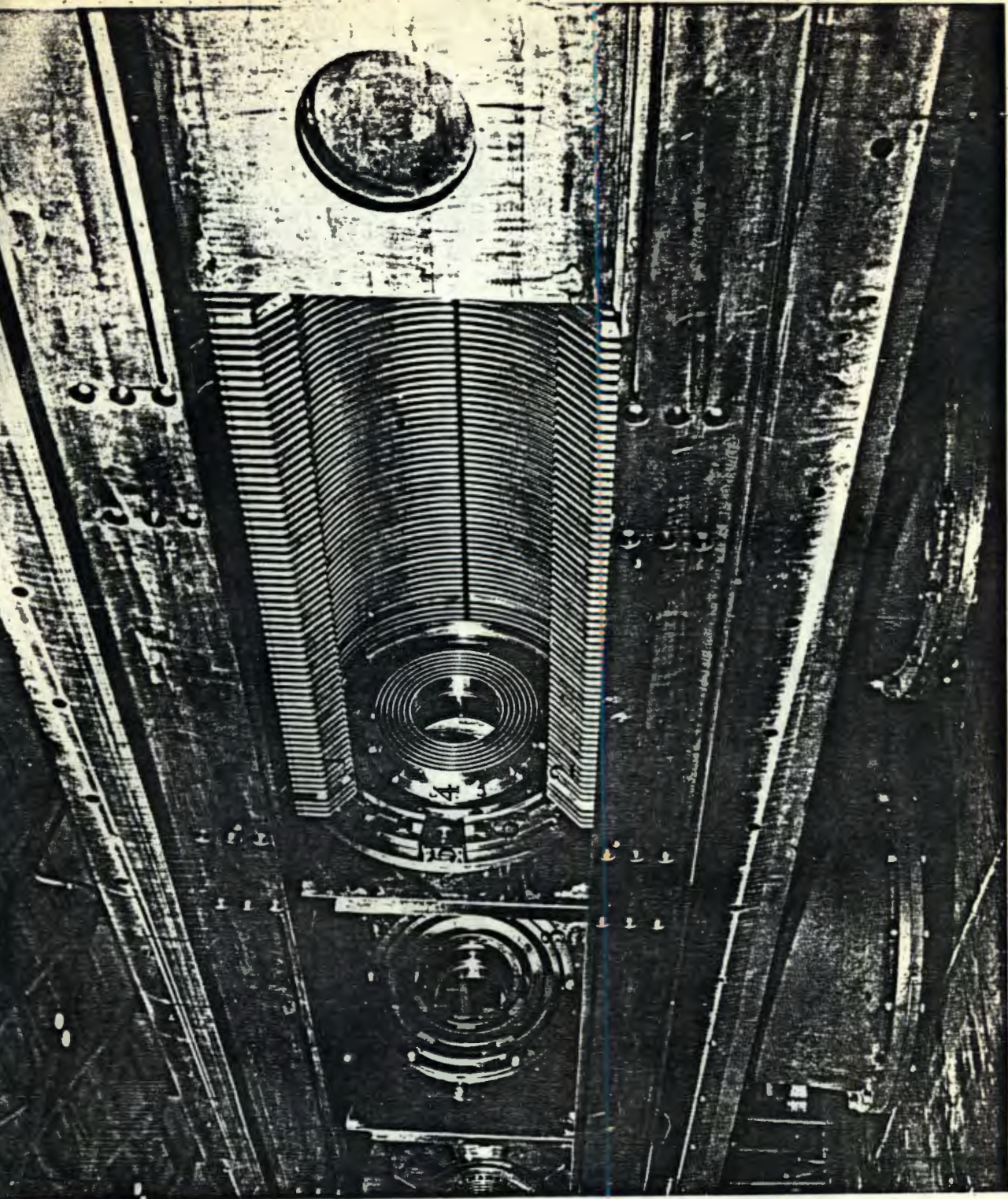
Перед раскаткой ВЧ-системы катушки связи должны быть отсоединены от дуанта.

М. - да
 Степанов - М. Толмачев
 Сажин - Мухомов, Кочетов



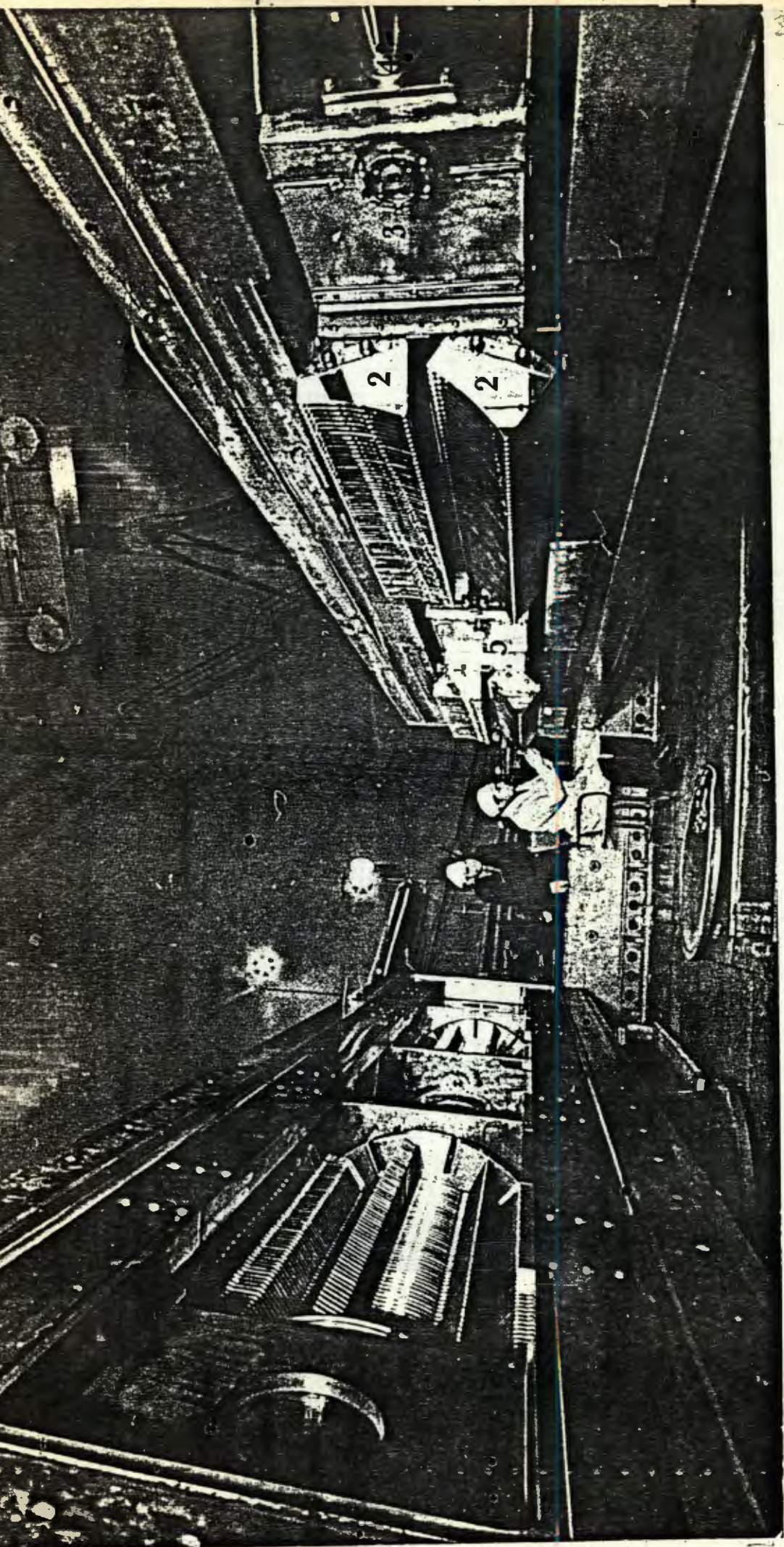
Люки: 1. - левый; 2 - центральный; 3 - правый

Рис.6. Корпус вариатора в сборе



1. Коллектор верхний
2. Коллектор нижний
3. Опора ротора
4. Поллицилиндр статорный
5. Подхват технологический
6. Подхват защиты ротора

Рис. 7. Корпус вариатора.



1. Промкамера. 2. Статоры в сборе на комле дуанта.
3. Место установки триммеров. 4. Дуантный упор. 5. Шелевой конденсатор.

Рис. 8. Варкамер и промкамера с дуантом.

пакет
верхний ряд пластин }
нижний ряд пластин } статора
прокладки
рубы водоохла-
ждения

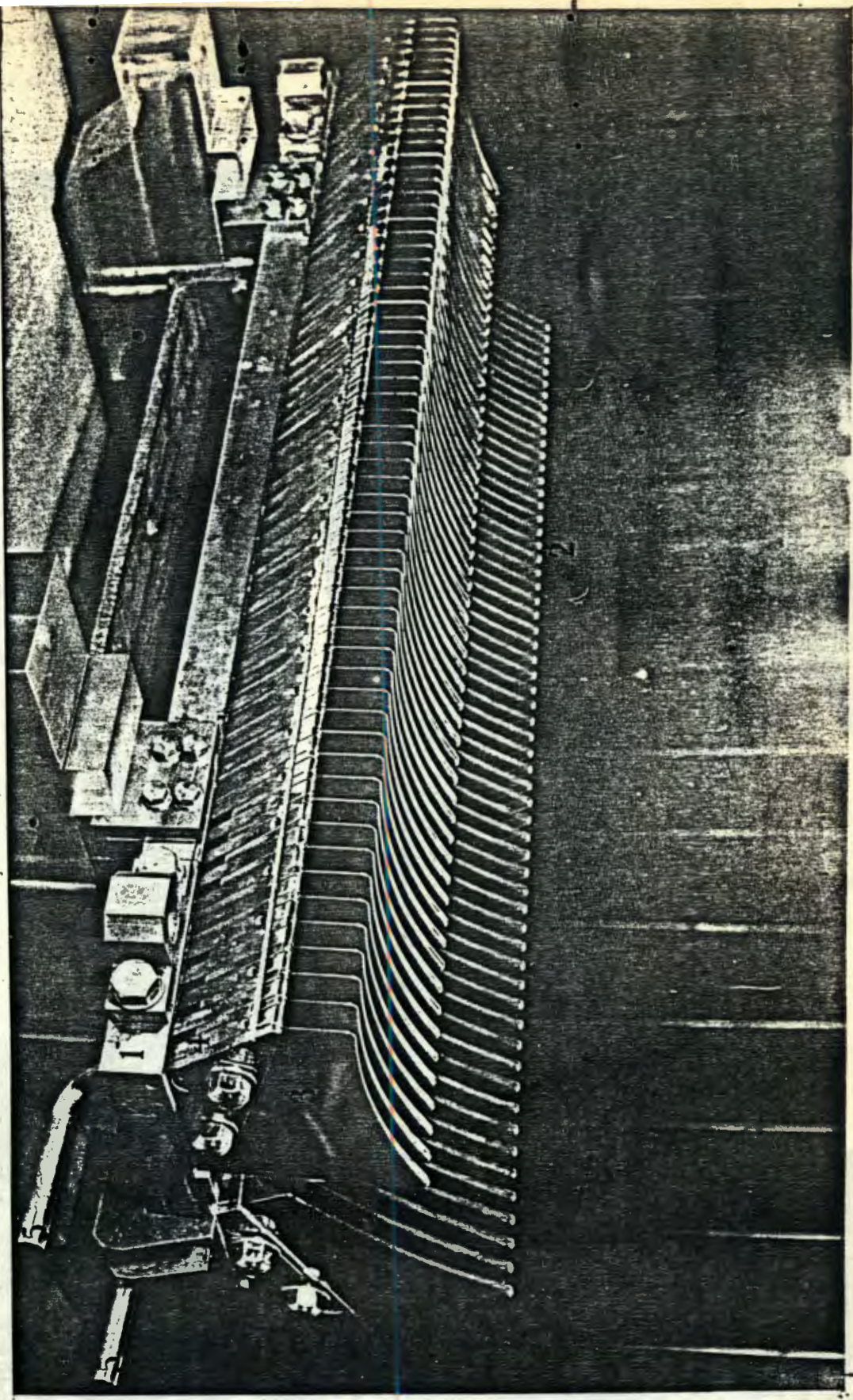


Рис. 9. Статор правый.

1. Вал ротора
2. Диск с лопатками
3. Шейка вала
4. Шейка для манжета ϕ 70 мм

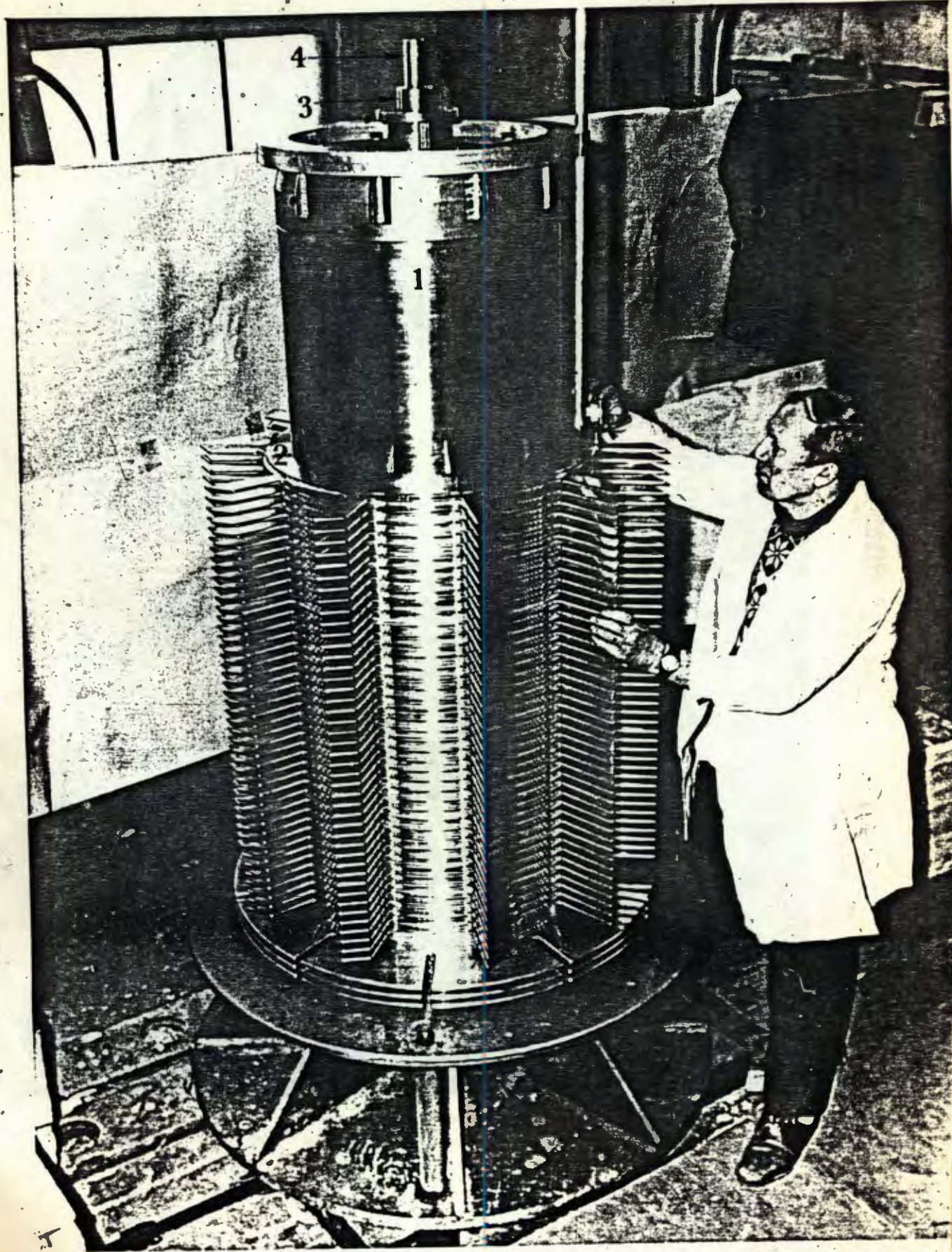


Рис. 10. Напрессовка диска правого ротора.

1. Охранные диски
2. Полицилиндр роторный

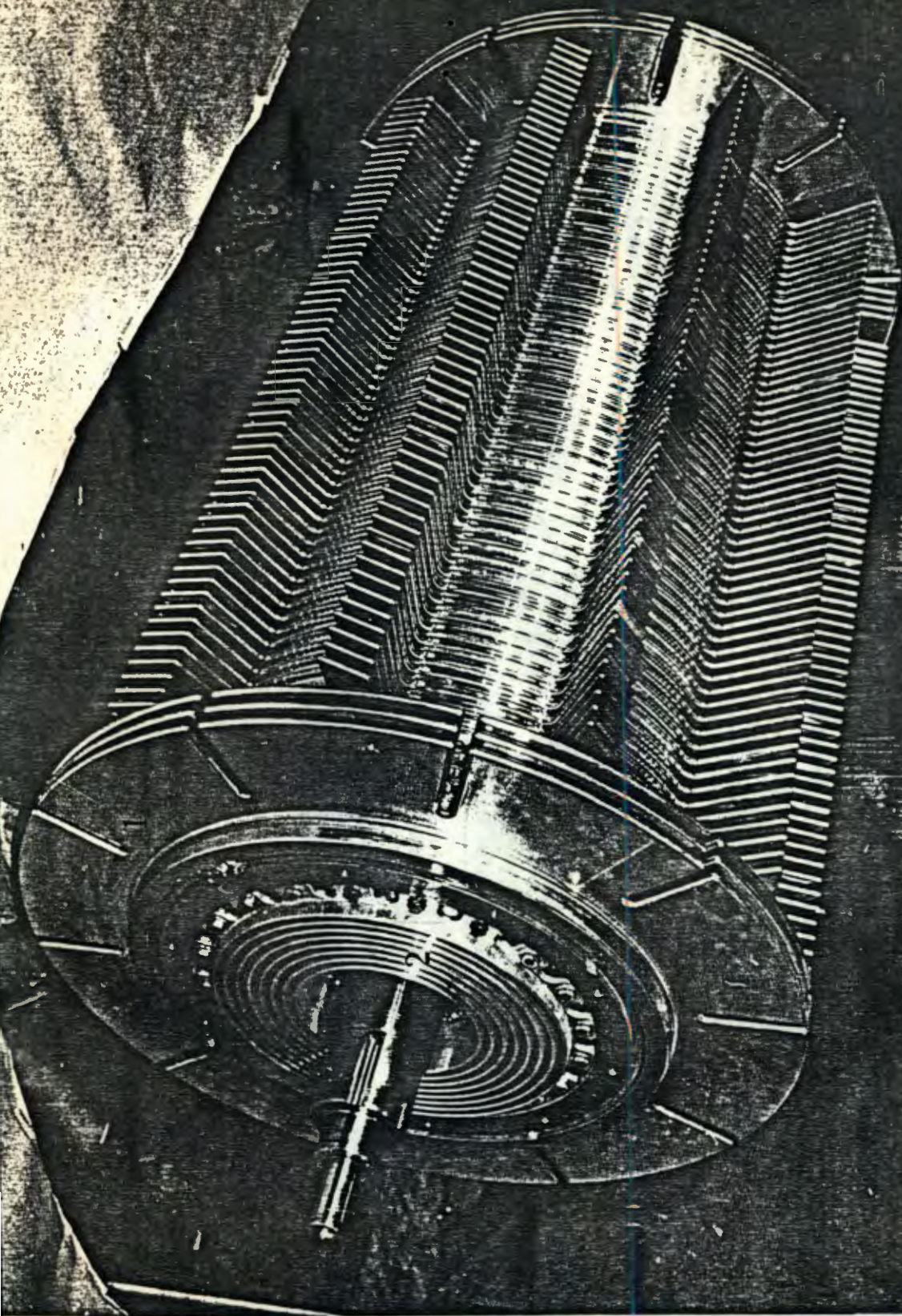
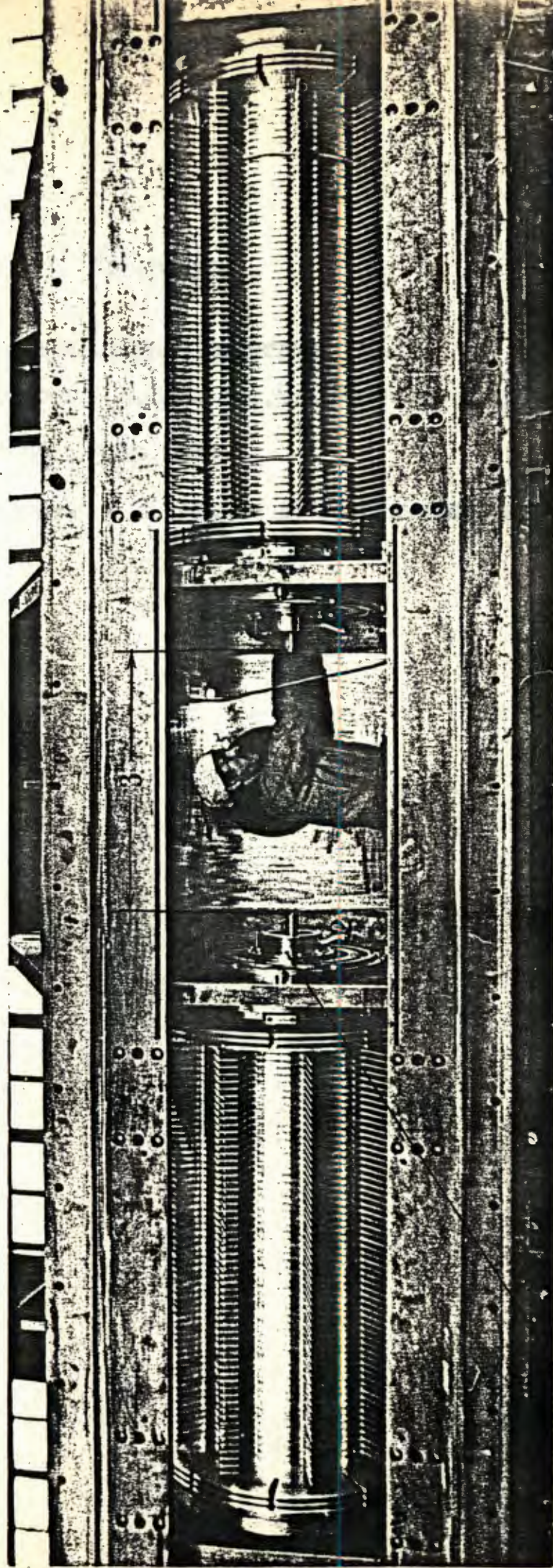


Рис. II. Ротор левый.



1. Магнетный корцус. 2. Подвод масла к подшипникам. 3. Расстояние между валами роторов.

Рис. 12. Корпус вариатора.

Литература

I. Ускоряющая система фазотрона ОИЯИ.

А.А.Глазов, Е.Н.Заплатин, Б.Н.Марченко и др.

Р9-84-64Г, Дубна, 1984.

IX Всесоюзное совещание по ускорителям заряженных частиц.