

С 3450

М-182

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13-5820

2547/1-71



5820

Н.И. Малашкевич В.П. Матвеева

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

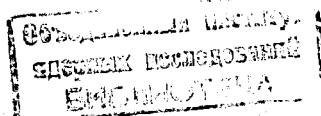
ВВОДЫ НАПРЯЖЕНИЯ
 $\pm 250 \pm 450$ КВ ПОСТОЯННОГО ТОКА
В ВАКУУМНЫЕ КАМЕРЫ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ

1971

13-5820

Н.И. Малашкевич В.П. Матвеева

**ВВОДЫ НАПРЯЖЕНИЯ
± 250 ± 450 КВ ПОСТОЯННОГО ТОКА
В ВАКУУМНЫЕ КАМЕРЫ
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ**



В ускорительной и экспериментальной технике нередко имеет место задача ввода высокого напряжения в вакуумные камеры.

На уровне десятков киловольт такая задача довольно просто решается с помощью проходных изоляторов. При напряжении в сотни киловольт существенно возрастают размеры проходных изоляторов и расход объемов помещений как для обеспечения изоляционной прочности вводов и токоподвода, так и выполнения требований техники безопасности. Эти неудобства устраняются, если подвод напряжения осуществляется высоковольтным кабелем. Используя изоляцию кабеля для формирования изоляционной прочности ввода, можно создавать малогабаритное, лишенное доступных прикосновению токоведущих частей и, следовательно, безопасное в обслуживании устройство (рис. 1)/1/.

Рис. 2 иллюстрирует различие в размерах вводов обоих типов на рабочее напряжение ± 250 кв постоянного тока. I - ввод типа проходного изолятора, в качестве которого использована фарфоровая изолирующая крышка ртутного выпрямителя; II - кабельный ввод сепаратора.

Первые образцы кабельных вводов в вакуум для электростатических сепараторов ЛВЭ были разработаны в 1962 году. Для подвода напряжения использован кабель марки ПАСГ 1х95, $U_{\text{раб}} = 250$ кв.

На основании опыта эксплуатации в течение 1962-1963 г.г. кабельные вводы были несколько усовершенствованы (рис. 2 и рис. 3), и 22 таких ввода уже в течение 7 лет надежно работают в довольно сложных условиях. В 1963 году информация о конструкции и технологии изготовления вводов была передана ИТЭФ, где на базе кабеля с полиэтиленовой изоляцией были изготовлены аналогичные вводы для сепараторов ИТЭФ/2/

Кабельный ввод-разъем (рис. 1 и 3) состоит из двух основных узлов: концевой кабельной разделки (А), герметизирующей конец кабеля с бумажно-масляной изоляцией, и вакуумной части (Б), отделяющей вакуумный объем от атмосферы.

Изоляционная прочность ввода обеспечивается при заполнении зазоров между узлами разъема трансформаторным маслом (или газом под давлением).

Концевая заделка (А) кабеля (7) (рис. 1) состоит из: а) дюралевого корпуса заделки (9), выполняющего роль экрана для формирования электрического поля в месте обрыва свинцовой оболочки кабеля, б) сальникового уплотнения (8), обеспечивающего надежное уплотнение между свинцовой оболочкой и корпусом заделки, в) изолирующей эпоксидной покрышки (5), г) дюралевой контактной гильзы (6), которая напрессовывается на алюминиевую жилу кабеля до отливки эпоксидной покрышки (5). Отливка эпоксидной изолирующей покрышки (5) производится непосредственно на освобожденном от свинцовой оболочки конце кабеля с помощью вспомогательной дюралевой формы (В), закрепляемой на время отливки на корпусе (9) (рис. 4).

Перед установкой деталей заделки и формы внутренняя полость корпуса (9) и контактная гильза (6) должны быть тщательно обезжирены, а внутренняя полость формы (В) покрыта жировой пленкой (технический вазелин, солидол и т.п.). После завершения процесса полимеризации эпоксидного компаунда (100% компаунда К-115, 100% пылевидного кварцевого песка и 12% полиэтиленполиамин к весу К-115) форма (В) удаляется, а излишки эпоксиды (прилив) на конце заделки снимаются.

Вакуумная часть ввода (Б) включает в себя: а) покрышку (1); б) экраны (2), в) контактную систему (3); г) эпоксидный цилиндр (4); д) стальной корпус ввода (10) и е) фланец (13). Вакуумное уплотнение между покрышкой (1) и фланцем (13) осуществляется с помощью резиновой прокладки (12).

Изолирующая покрышка (1) является одновременно частью высоковольтного устройства и вакуумной системы и поэтому должна удовлетворять ряду требований. Высокая изоляционная и механическая прочность, отсутствие газовой выделений с поверхности при низких давлениях, стойкость

к воздействию разрядов, возникающих у поверхности покрышки в процессе тренировки ввода высоким напряжением, и возможность удаления с поверхности пленок грязи и жира с помощью растворителей — основные из них.

Испытания серии образцов из различных изоляционных материалов (фарфор, стеатит, полиэтилен и др.) показали, что наилучшим образом этим требованиям удовлетворяют покрышки из ситалла. К сожалению, технология изготовления изделий из ситалла не позволяет выдержать размеры покрышки с заданной точностью. В этой связи возникла необходимость ликвидации неоднородностей внутренней полости покрышек (1) с помощью эпоксидных цилиндров (4).

В процессе отливки цилиндра (4) покрышка (1) и корпус (10) используются в качестве формы, а внутренняя полость разъема формируется с помощью дюралевого керна (1) (рис. 4), конфигурацией повторяющего концевую заделку (А), но имеющего несколько увеличенные по сравнению с заделкой (А) диаметральные размеры. Последнее нужно для того, чтобы обеспечить зазор 1+1,5 мм в конусной части сочленяемых узлов разъема, который заполняется маслом из бачка-компенсатора (11).

Конусность сопрягаемых поверхностей покрышки (5) заделки (А) и цилиндра (4) части (Б) ввода обеспечивает удаление формы (В) и керна (1) после завершения процесса полимеризации эпоксида, облегчает процесс сочленения-расчленения разъема и позволяет нужным образом регулировать радиальный зазор между сочленяемыми узлами ввода.

При отливке цилиндра (4) необходимо учесть, что внутренняя полость покрышки (1) тщательно обезжиривается, а поверхность керна (1) покрывается жировой пленкой.

Удаление диэлектрически слабой среды (воздуха при атмосферном давлении) из системы позволяет существенно повысить электрическую прочность ввода в аксиальном направлении и сократить его длину.

Электрическую прочность ввода в радиальном направлении обеспечивают бумажно-масляная изоляция кабеля и система цилиндров из высококачественных материалов. На электрическую прочность ввода заметное влияние оказывают форма и чистота обработки экранов (2), наличие на поверхности экранов (2) и ситалловых покрышек (1) жировых и грязевых

пленок. Очень неприятны пленки, образующиеся в результате диффузии паров масла вакуумных насосов в экраны и ситалловые покрывки под воздействием электрического поля. Сравнительно легко удаляемые абразивными шкурками с поверхности экранов, такого рода пленки практически не снимаются с поверхности изолирующих покрывок, что влечет за собой необходимость периодической замены последних.

В предположении, что с помощью экранов (2) удастся ограничить проникновение ионов масла к поверхности покрывки (1), экранам первых образцов вводов была придана форма, аналогичная форме экранов изоляторов в электростатических сепараторах ЦЕРН'а и Беркли /3,4/, а расстояние между ними было выбрано минимально возможным с точки зрения обеспечения требуемой электрической прочности ($d = 55$ мм).

Эксплуатация и проведенные в дальнейшем тщательные исследования картины электрического поля и электрической прочности вводов показали малую эффективность первоначальной экранировки как с точки зрения организации своеобразной ловушки ионов масла, так и с точки зрения формирования оптимальной картины электрического поля вакуумной части ввода.

В соответствии с результатами исследований форма экранов и расстояние d между ними были изменены ($d = 160$ мм), что позволило существенно повысить электрическую прочность вводов без изменения их геометрических размеров.

В процессе тренировки и испытаний вводы длительно (в течение 4+6 часов) выдерживали более высокое (350 кв), чем принятое в качестве рабочего (250 кв), напряжение. Однако в процессе эксплуатации сепараторов имели место случаи выхода из строя отдельных вводов при более низком (180 кв) статическом напряжении, причем пробои вызывались перенапряжениями, возникающими в результате динамических процессов в длинных кабельных линиях подвода напряжения к сепараторам.

Испытания кабеля марки ПАСГ 1х95 показали, что кабель способен выдерживать значительно более высокие напряжения (до 650 кв).

В связи с этим авторами были разработаны и испытаны вводы напряжения на ± 450 кв (рис. 5). Для комплектования этих вводов применены ситалловые покрывки несколько больших размеров, чем в описанном ранее варианте. Технология изготовления вводов на ± 450 кв аналогична описанной.

Результаты длительной эксплуатации описанных вводов позволяют сделать вывод относительно их высокой надежности и возможности применения в любых установках, требующих ввода напряжения до ± 450 кВ постоянного тока в вакуумные камеры.

(Испытания вводов на ± 450 кВ более высоким напряжением не проводились ввиду отсутствия источника высокого напряжения).

Л и т е р а т у р а

1. А.А. Горев, Г.Н. Александров и др. Некоторые основные электростатические задачи техники высоких напряжений. "Техника высоких напряжений". Труды ЛПИ, №195, Госэнергоиздат, 1958.
2. В.А. Ергаков, И.И. Крючков, Ю.В. Требуховский и др. Электростатический сепаратор с катодом из полупроводникового оксидного стекла. ПТЭ, №4 (1989).
3. J. Murray. Proc.Int.Conf. on High Energy Accelerators and Instrumentation, 289 (1960).
4. C. Germain, R. Tinguely. Nucl.Instr.Meth., 20, 21 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел

19 мая 1971 года.

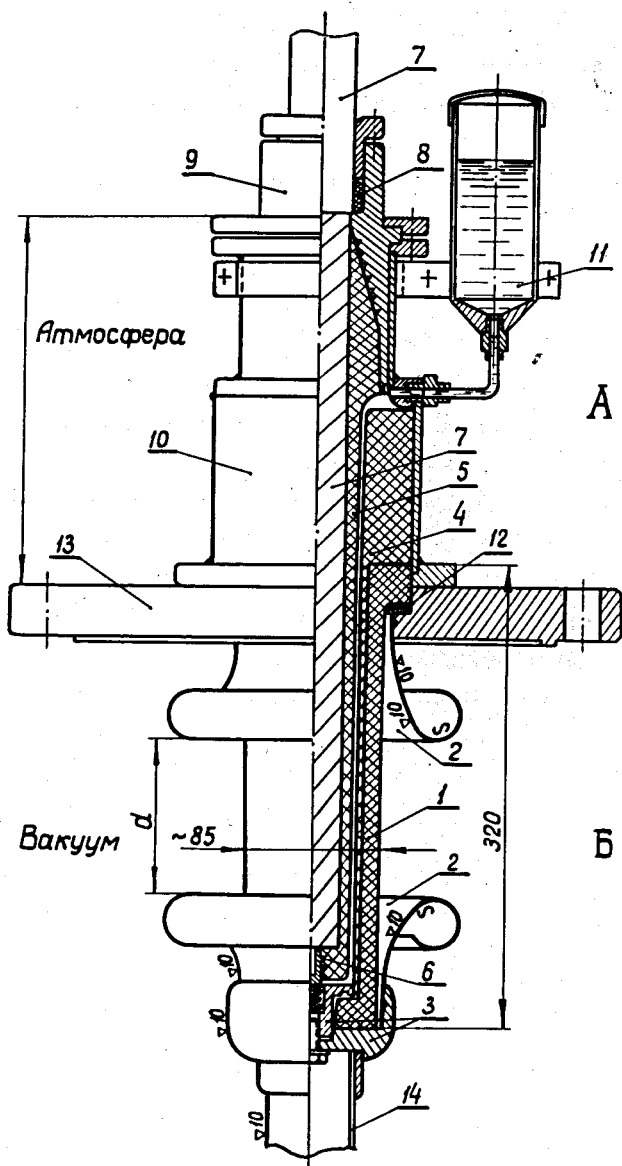


Рис. 1. Кабельный ввод высокого напряжения в вакуум.

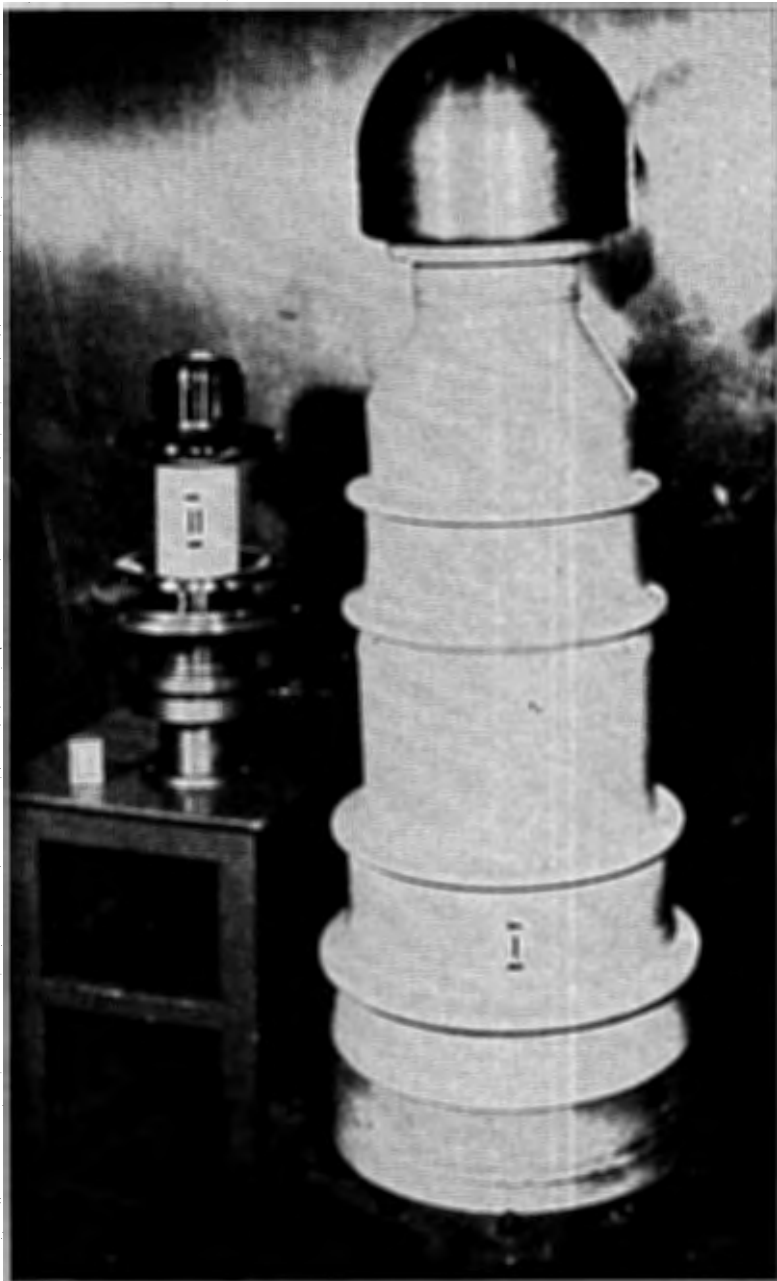


Рис. 2. Фотография ввода на базе проходного изолятора (1) и ввода кабельного типа (II).

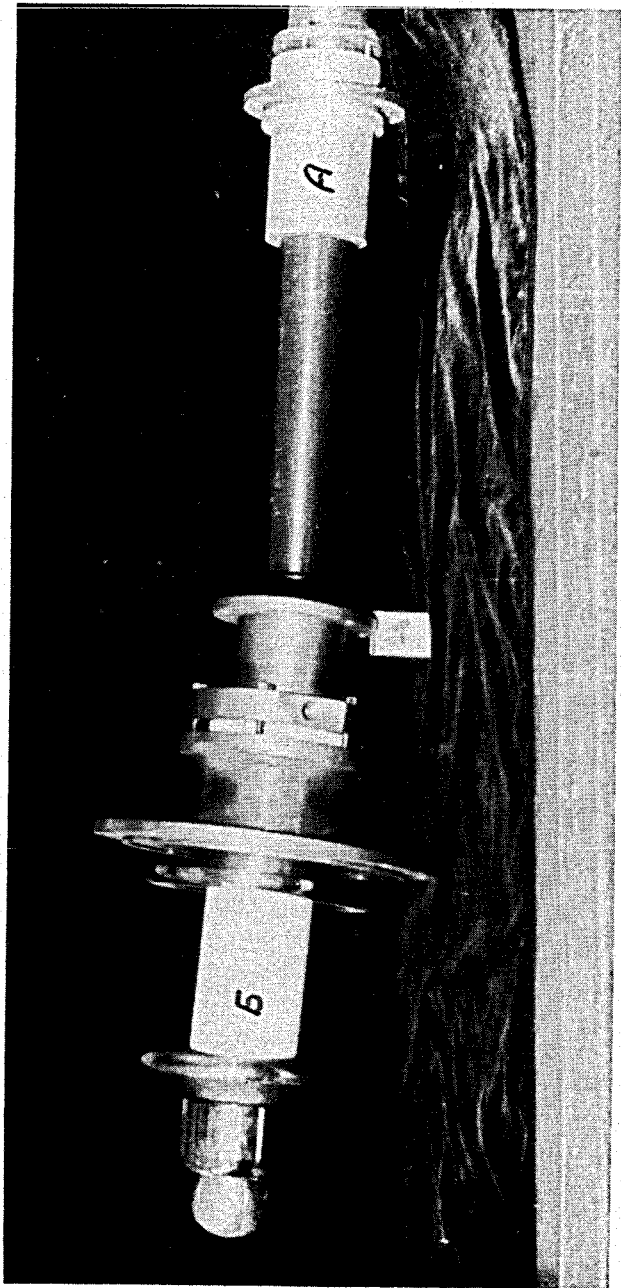


Рис. 3. Фотография кабельного ввода-разъема на 250 кВ постоянного тока.

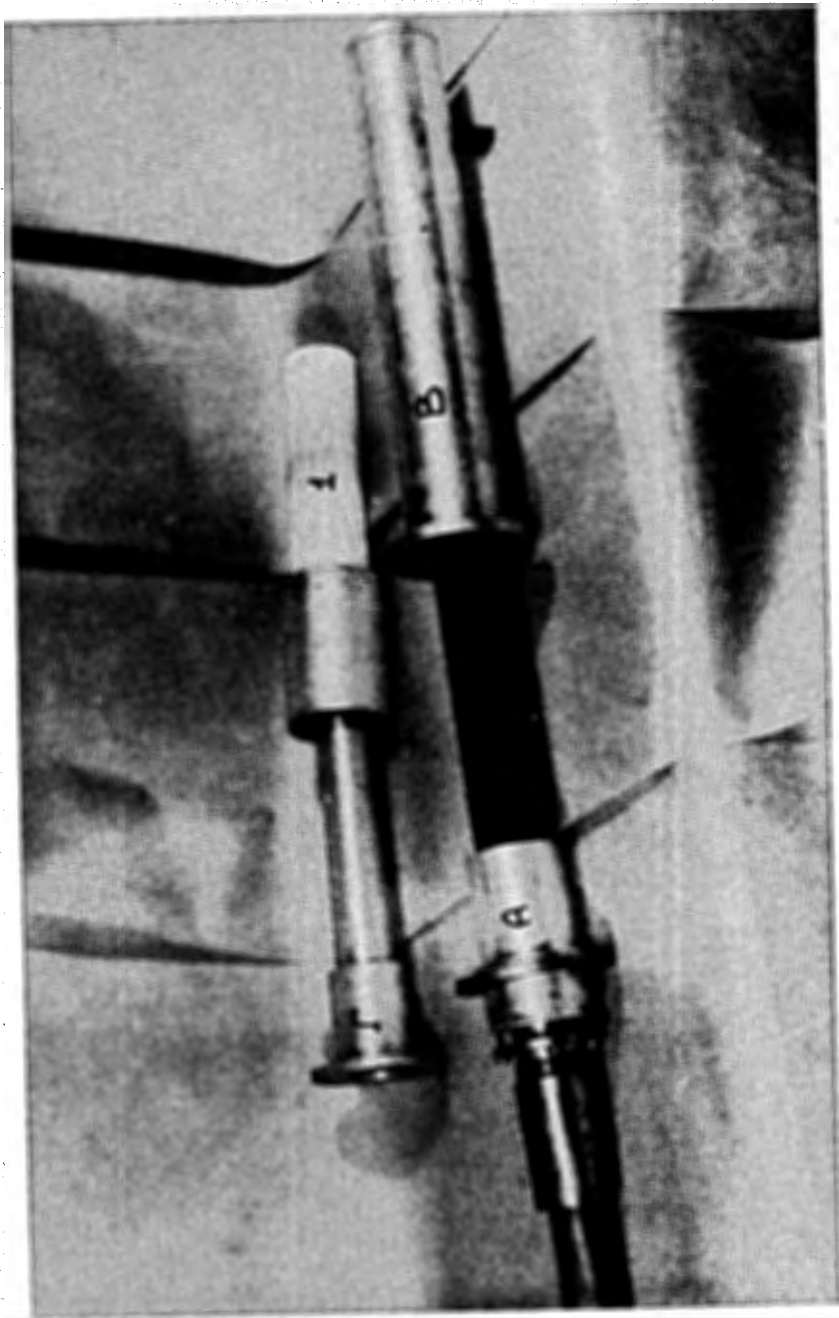


Рис. 4. Фотография формы (В) для отливки эпоксидной покрышки заделки (А) и керна (1) для формирования внутренней полости сигалловой покрышки (1).

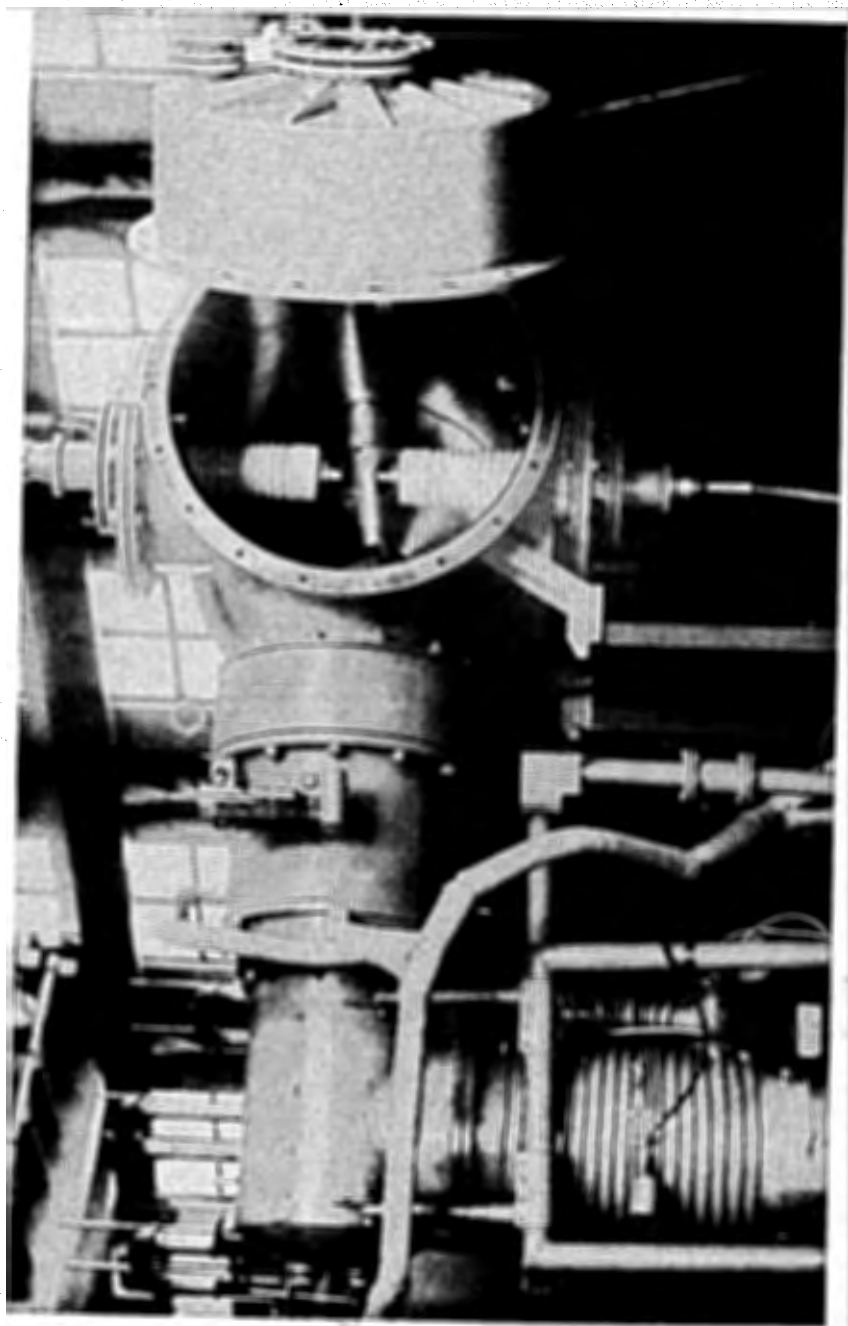


Рис. 5. Фотография вводов на 450 кв (вид на модель сепараторов).