



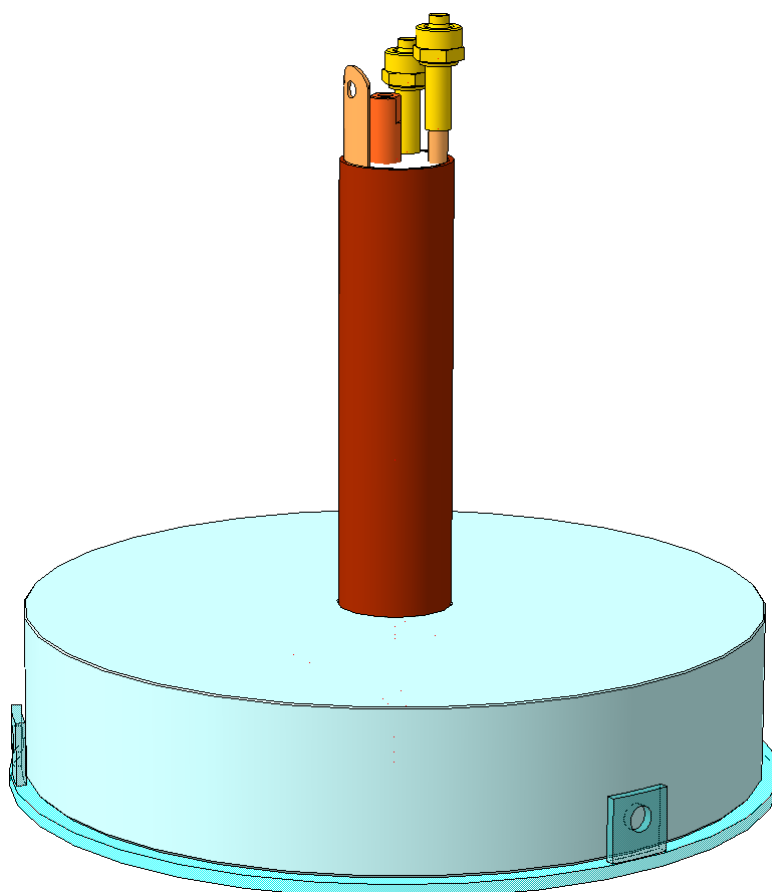
**Beams & Plasmas**

ООО «Лаборатория вакуумных технологий»  
ООО ЛВТ ebeam@e-beam.ru  
+7(499) 346 2020 http://www.e-beam.ru  
124536, г. Москва, г. Зеленоград, 527-61

## Радиочастотный генератор плазмы РПГ-250

*ЛЦМК.205.00.00.00.000*

*Паспорт*



## Содержание

1. Введение.....	3
2. Назначение.....	4
3. Технические характеристики.....	5
4. Состав Устройства и комплект поставки.....	7
5. Устройство и принцип работы.....	9
6. Меры безопасности.....	11
7. Порядок установки.....	12
8. Порядок работы.....	15
9. Характерные неисправности и методы их исправления.....	16
10. Техническое обслуживание.....	17
11. Правила хранения и транспортирования.....	18
12. Свидетельство о приёмке.....	19
13. Гарантийные обязательства.....	20
14. Сведения о рекламациях.....	21
15. Свидетельство об упаковке.....	22

## **1. Введение**

- 1.1. Настоящий паспорт является документом, удостоверяющим гарантированные предприятием-изготовителем основные параметры и характеристики радиочастотного плазменного генератора РПГ-250 ЛЦМК.205.00.00.00.000 (в дальнейшем именуемого «Устройство»).
- 1.2. Паспорт содержит также техническое описание и инструкцию по эксплуатации Устройства. Изложенные в паспорте сведения необходимы для обеспечения полного использования возможностей Устройства.
- 1.3. Рекомендуется возложить обслуживание Устройства на специально подготовленное лицо, изучившее устройство, приёмы управления и правила обслуживания Устройства в объёме настоящего паспорта.

## 2. Назначение

- 2.1. Устройство предназначено для создания и поддержания газоразрядной низкотемпературной плазмы в рабочих объемах вакуумных технологических установок в непрерывном режиме.
- 2.2. Расшифровка условного обозначения Устройства

Р	радиочастотный
П	плазменный
Г	генератор
250	условный диаметр рабочей поверхности Устройства

### 3. Технические характеристики

#### 3.1. Основные эксплуатационные показатели

Параметр	Значение	Примечание
3.1.1. Частота генератора для возбуждения, МГц	13,56	
3.1.2. Максимальная подводимая ВЧ мощность, Вт	1500	
3.1.3. Минимальная ВЧ мощность, Вт	300	
3.1.4. Минимальное расстояние между рабочей плоскостью Устройства и проводящими деталями, не менее, мм	75	
3.1.5. Диапазон рабочих давлений, Па	0,1..10	
3.1.6. Плотность ионного тока на обрабатываемом образце расположенном на расстоянии от рабочей плоскости Устройства 150 мм, не менее, $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$	10	При давлении Ar 0,5 Па Разрядный объём — цилиндр, диаметром 250 мм, высотой — 250 мм, Устройство расположено на оси объёма. Мощность ВЧ — 1000 Вт
3.1.7. Рабочий газ	Любой, не вызывающий осаждения низкоомных слоёв на деталях Устройства	
3.1.8. Минимальный диаметр цилиндрической рабочей камеры при осевом расположении Устройства, мм	250	

### 3.2. Предельные эксплуатационные данные

Параметр	Значение	Примечание
3.2.1. Максимальный ВЧ ток, А	100	
3.2.2. Максимальный рабочий ВЧ ток, А	40	
3.2.3. Максимальное ВЧ напряжение, кВ	4	
3.2.4. Минимальный расход охлаждающей жидкости, не менее, л/ч	50	

### 3.3. Условия эксплуатации

Параметр	Значение	Примечание
3.3.1. Нормальные значения климатических факторов по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70. При этом:		
высота над уровнем моря, не более, м	1000	
относительная влажность воздуха, не более, %	75	
3.3.2. Требования к охлаждающей воде		
температура, не более, °С	70	Не разрешается допускать образование конденсата на деталях Устройства
содержание взвешенных частиц, не более, мг·экв/л	0,5	
окисляемость, не более, мг/л O <sub>2</sub>	10	
давление, не более, МПа	0,6	

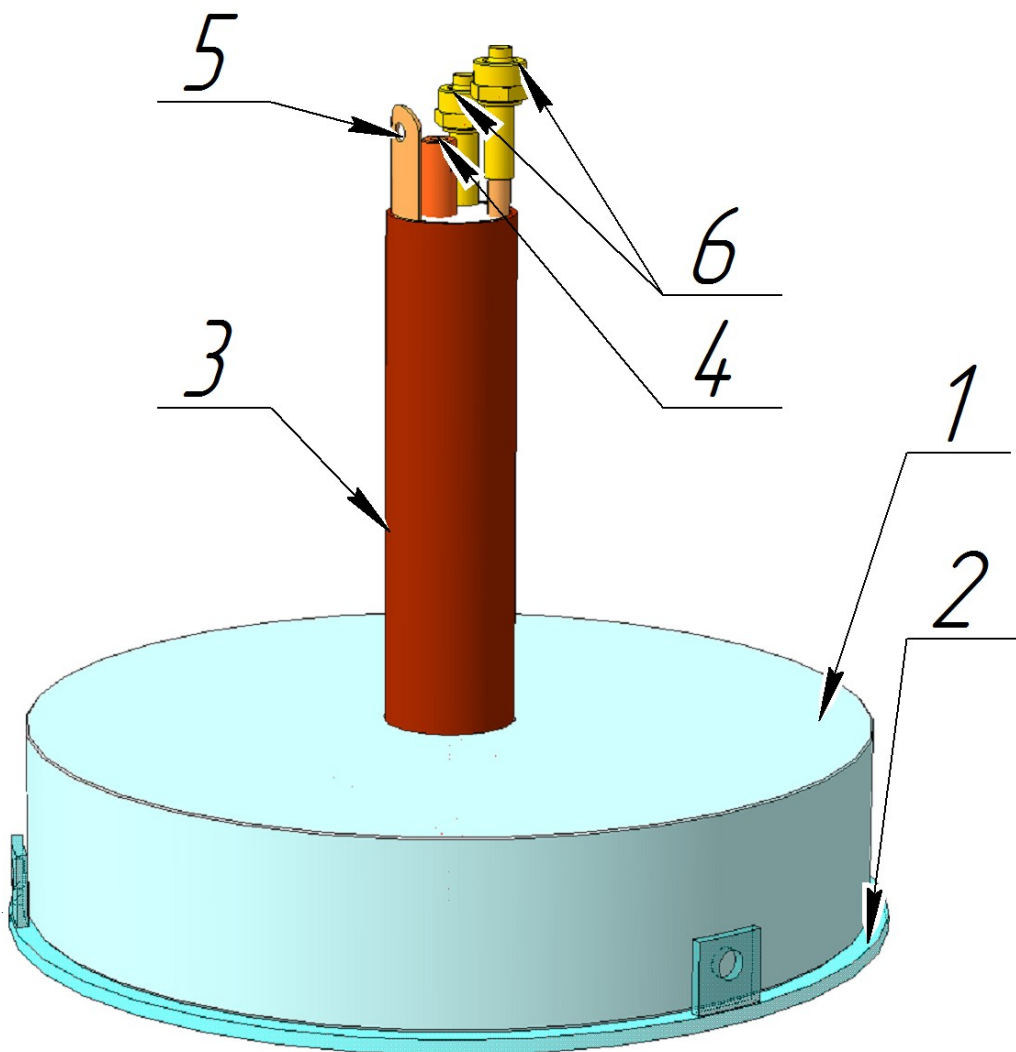
3.3.3. Окружающая среда не взрывоопасная, не содержащая электропроводящей пыли.

#### **4. Состав Устройства и комплект поставки**

4.1. Устройство выполнено в виде герметичной паяной конструкции, внутренние элементы которой изолированы от окружающей среды термостойким полимерным компаундом. Рабочая поверхность устройства закрывается съёмным защитным экраном.

4.2. В комплект поставки Устройства входят:

радиочастотный плазменный генератор РПГ-250, шт	1
защитное стекло, шт	1
конденсатор К15У-1-100пФ, шт	2
паспорт, экз	1



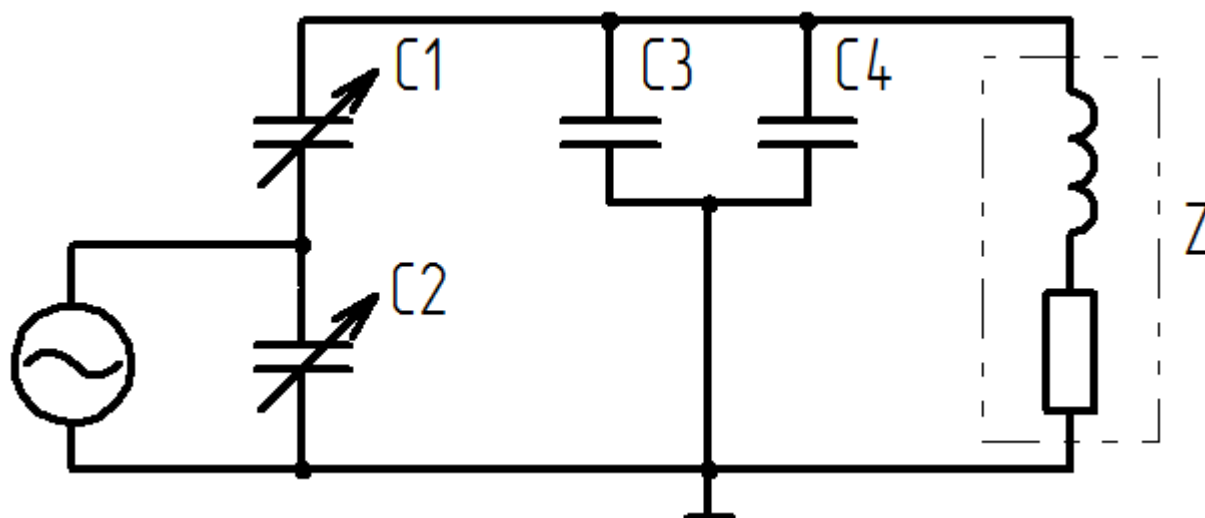
1 - корпус, 2 - защитный экран, 3 - коаксиальный ввод, 4 - вывод для подключения ВЧ мощности, 5 - вывод для подключения земли, 6 - штуцеры для подключения охлаждающей воды.



## **5. Устройство и принцип работы**

- 5.1. Конструктивно Устройство включает в себя (рис. 1): корпус 1, защитный экран 2, закрывающее рабочую плоскость Устройства, коаксиальный ввод 3, вывод для подключения ВЧ мощности 4, вывод для подключения земли 5, штуцеры для подключения охлаждающей воды 6.
- 5.2. Внутри Устройства размещён индуктор в виде плоской спирали, создающий высокочастотное магнитное поле в пространстве перед рабочей поверхностью Устройства.
- 5.3. Плазма создаётся путём инициации и поддержания индукционного высокочастотного разряда в рабочем газе под действием переменного магнитного поля высокой частоты;
- 5.4. Ввод энергии в плазму происходит в тонком слое (~5..10 мм) вблизи рабочей поверхности Устройства, распространение плазмы по рабочему объёму и перераспределение энергии происходит за счёт диффузии носителей заряда;
- 5.5. В зависимости от величины давления в рабочем объёме, плазма может быть как локализована в непосредственной близости от Устройства, так и заполнять весь объём камеры;
- 5.6. Потери плазмы и выделение вложенной в разряд мощности происходит на поверхности всех помещённых в неё (плазму) деталей конструкции рабочего объёма и внутрикамерной оснастки (стенок камеры, заземлённых и изолированных электродов, мишеней, подложек, самого Устройства и т. д.). В связи с этим, при проектировании или модернизации технологических установок и внутрикамерной оснастки следует учитывать возникающие тепловые нагрузки и плазмастимулированную десорбцию газов с поверхностей внутрикамерного объёма.
- 5.7. Поскольку разряд является безэлектродным, на работоспособности РПГ не сказывается пропускание сквозь плазму постоянного или переменного (в том числе высокочастотного) тока, помещение в плазму электродов, находящихся под потенциалом относительно земли. Следует иметь в виду, однако, что металлический корпус Устройства может быть разрушен привязкой анодного или катодного пятна дугового разряда;
- 5.8. Корпус Устройства выполнен из алюминия, а рабочая поверхность закрыта защитным экраном, что обеспечивает устойчивость Устройства к технологическим средам, применяемым в плазмохимии и ионно-плазменной обработке, в том числе хлор-, фтор- и кислородсодержащим средам. Экран выполнен съёмным, что позволяет производить его очистку

- 5.9. Размещение вблизи рабочей поверхности проводящих деталей приводит к возбуждению в них вихревых токов, что уменьшает магнитное поле, создаваемое Устройством и затрудняет зажигание разряда.
- 5.10. В электрическом отношении Устройство представляет собой индуктивно-резистивную нагрузку, причём реактивное сопротивление в любом режиме работы значительно больше активного.
- 5.11. Для компенсации реактивности Устройства и трансформации выходного напряжения генератора в требуемое для работы Устройства следует применять согласующее устройство (СУ). Принципиальная схема СУ с подключенным к нему Устройством приведена на рис. 2.



*Рис. 2.*

C1 и C2 — вакуумные переменные конденсаторы, ёмкостью 1200 и 750 пФ, соответственно, служащие для настройки согласования, C3 и C4 — постоянные керамические конденсаторы К15У1-100пФ, служащие для частичной компенсации индуктивности Устройства и снижения силы тока, текущего по высокочастотным цепям. Z — Устройство, изображённое в виде своей эквивалентной схемы.

- 5.12. Конденсаторы C1 и C2 образуют делитель высокочастотного напряжения, а их суммарная ёмкость обеспечивает резонанс в колебательном контуре, что позволяет обеспечить питание Устройства требуемой величиной силы тока и напряжения.
- 5.13. Конденсаторы C3 и C4 должны располагаться как можно ближе к Устройству, рекомендуется располагать их непосредственно на выводах Устройства.
- 5.14. Соединения следует выполнять медными шинами шириной не менее 15 мм минимальной возможной длины.

## **6. Меры безопасности**

- 6.1. Эксплуатация Устройства должна производиться в соответствии с действующими правилами и инструкциями по эксплуатации установок Потребителя, техники безопасности и охраны труда;
- 6.2. Установка, подключение и обслуживание Устройства должно выполняться квалифицированным персоналом;
- 6.3. Все высокочастотные части должны быть экранированы в соответствии с требованиями санитарных норм и допустимыми радиопомехами.
- 6.4. Персонал, обслуживающий Устройство, обязан систематически вести наблюдение за степенью нагрева токоведущих элементов высокочастотных цепей. В зависимости от полученных результатов должны приниматься меры по снижению потерь.
- 6.5. На установке ежемесячно должен производиться контроль уровня электромагнитного излучения при номинальных режимах работы Устройства.
- 6.6. Плазма газового разряда является сильным источником ультрафиолетового излучения. Смотровые окна должны быть выполнены из непрозрачного для УФ излучения материала, либо снабжены светофильтрами.
- 6.7. Обеспечение мер электробезопасности должно производиться в соответствии инструкцией по эксплуатации высокочастотного генератора, вакуумной технологической установки и согласующего устройства.
- 6.8. Проведение любых работ по ремонту и обслуживанию Устройства допускается только при полностью снятом питании с высокочастотного генератора.

## 7. Порядок установки

### 7.1. Требования к оборудованию

- 7.1.1. Устройство должно устанавливаться в закрытом отапливаемом помещении, в воздухе которого не содержится агрессивных газов и проводящей пыли.
- 7.1.2. Рабочее положение — любое, указания «верх» и «низ» в настоящем паспорте следует понимать как относящиеся к положению рабочей поверхностью книзу.
- 7.1.3. Устройство подключается к системе охлаждения полиуретановой трубкой с внешним диаметром 8 мм и внутренним — 6 мм.
- 7.1.4. Система охлаждения Устройства должна иметь блокировку, обеспечивающую снятие ВЧ мощности с Устройства при прекращении подачи воды.
- 7.1.5. Устройство должно быть подключено шинами минимальной длины к высокочастотному согласующему устройству, рассчитанному на длительную работу при токе через нагрузку 25 А и напряжении 2,5 кВ.

### 7.2. Габаритные и присоединительные размеры приведены на рис. 3.

### 7.3. Монтаж

- 7.3.1. Монтаж Устройства на установке производится в следующей последовательности:

установите Устройство в вакуумной камере, уплотните резиновым уплотнением по наружной поверхности коаксиального ввода;

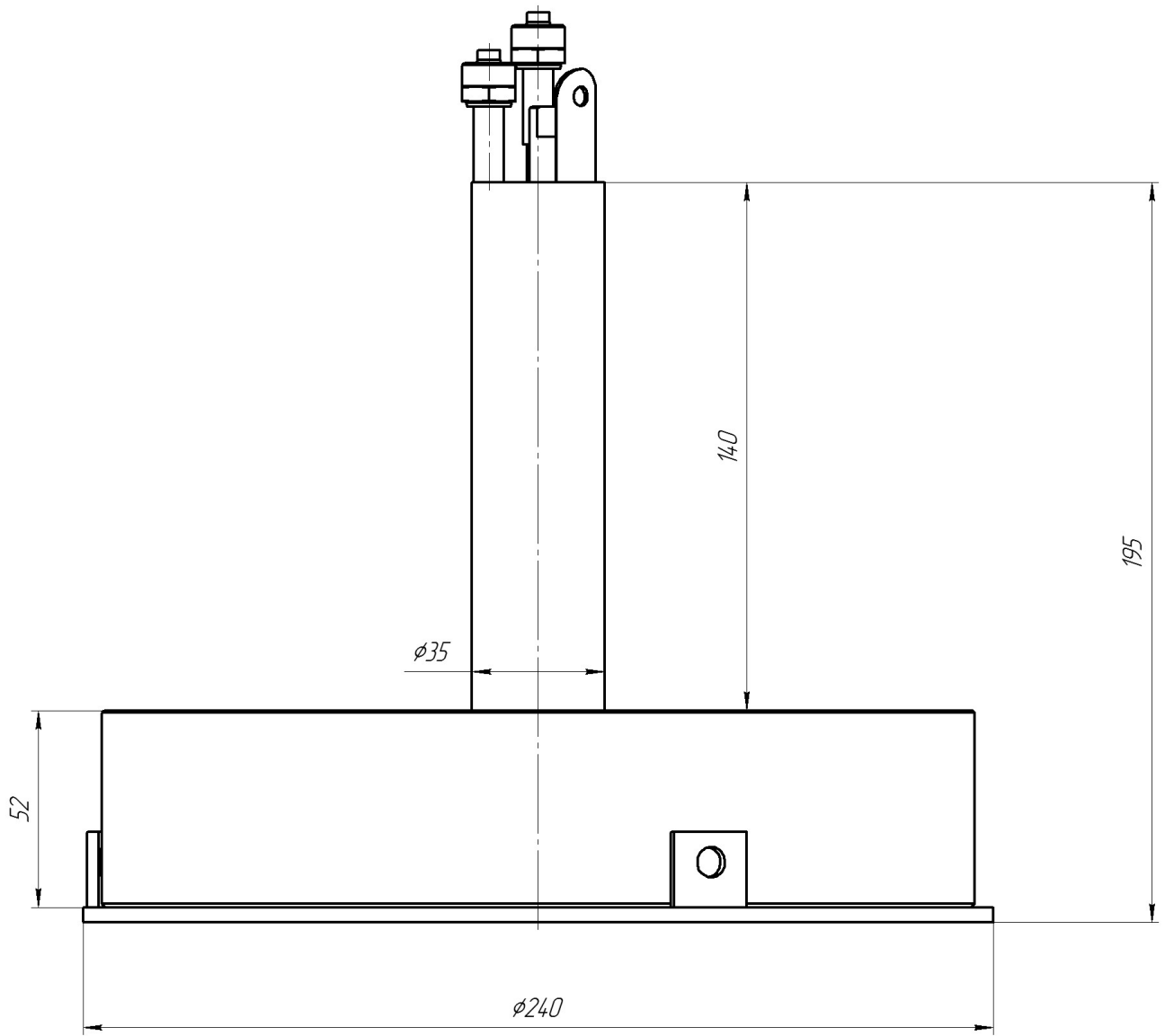
отогните вывод подключения земли наружу для обеспечения изолирующего воздушного зазора между землёй и шиной питания;

подключите шины питания и заземления к Устройству;

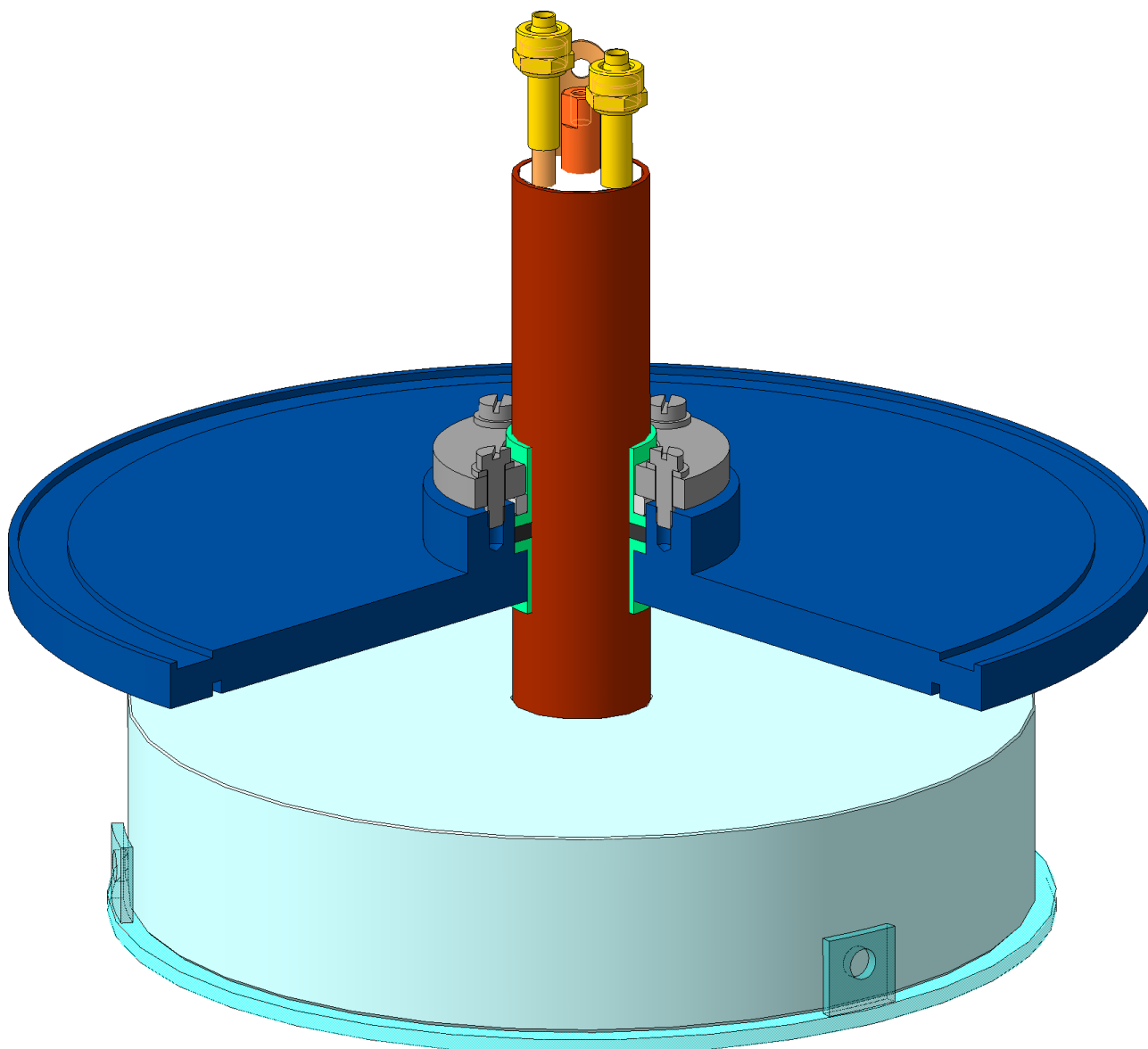
соедините корпус (коаксиальный ввод) Устройства с корпусом установки короткой медной шиной шириной не менее 10 мм;

подключите Устройство к системе охлаждения.

- 7.3.2. Пример исполнения вакуумного уплотнения для монтажа Устройства на фланце ISO250 приведён на рис. 4.



***Puc. 3.***



*Рис. 4. Монтаж Устройства во фланец ISO250*

## **8. Порядок работы**

### 8.1. Зажигание разряда

- 8.1.1. Убедитесь, что давление в технологической камере соответствует п. 3.1.5.
- 8.1.2. Включите ВЧ генератор, установив выходную мощность не менее 300 Вт.
- 8.1.3. Произведите настройку согласования конденсаторами С1 и С2 (см. рис. 2 ) для достижения минимума отраженной мощности. Произойдёт зажигание газового разряда.

### 8.2. Проведение технологических работ

- 8.2.1. В зависимости от условий горения разряда (давления в рабочей камере, состава рабочего газа, наличие дополнительной ионизации, магнитных полей и т. д.) импеданс Устройства может изменяться. Для компенсации этих изменений следует обеспечивать минимум отражённой ВЧ мощности настройкой согласования.

### 8.3. Выключение Устройства

- 8.3.1. Отключите ВЧ генератор. Разряд погаснет.
- 8.3.2. При наличии в технологической камере других технологических устройств или нагретых объектов, могущих вызвать нагрев Устройства запрещается прекращать подачу охлаждающей воды до их выключения (остывания).

## 9. Характерные неисправности и методы их исправления

9.1. Перечень наиболее часто встречающихся или возможных неисправностей представлен в таблице.

Вероятная причина	Метод устранения
Разряд не зажигается. Не удаётся согласовать контур	
Давление в камере вне допустимого диапазона	Отключить генератор, установить нужное давление, включить генератор и повторить настройку согласования.
Недостаточная ёмкость одного из переменных конденсаторов	Установить конденсатор большей ёмкости или подключить параллельно ему керамический конденсатор
Защитный экран покрыт низкоомным осадком	Очистить или заменить защитный экран
Вблизи рабочей поверхности Устройства расположены проводящие детали	Убедиться в отсутствии проводящих деталей на расстоянии менее 75 мм от рабочей плоскости устройства
Искрение на стенках разрядной камеры	
Большое сопротивление в цепи заземления корпуса Устройства; отсутствие заземления корпуса Устройства	Соединить корпус (коаксиальный ввод) устройства к корпусом разрядной камеры короткой медной шиной шириной не менее 10 мм
Высокий уровень высокочастотных помех	
Отсутствует экранировка высокочастотных цепей	Установить экраны
Большое сопротивление в цепи «корпус Устройства-согласующее устройство»	Убедиться, что корпус устройства соединён с согласующим устройством медной шиной длиной не более 100 мм и шириной не менее 15 мм



## **10. Техническое обслуживание**

10.1. Обслуживание Устройства заключается в периодической очистке защитного экрана по мере его загрязнения. Очистка может быть выполнена как механическими методами (полировка, пескоструйная обработка), так и химическим травлением.

## **11. Правила хранения и транспортирования**

### 11.1. Консервация

11.1.1. Слейте воду из системы охлаждения, продуйте систему сжатым воздухом.

11.1.2. Снимите защитный экран.

11.1.3. Упакуйте Устройство и защитный экран в полиэтиленовую плёнку и поместите на место хранения.

### 11.2. Хранение

11.2.1. Устройство должно храниться в вертикальном положении вводом вверх.

11.2.2. Защитный экран должен храниться в упаковке, предохраняющей его от случайных ударов.

11.2.3. Хранение Устройства производят в сухом отапливаемом помещении по группе условий «Л» по ГОСТ 15150-69.

### 11.3. Транспортирование

11.3.1. Условия транспортирования Устройства по группе условий «Л» ГОСТ 23216-78.

## 12. Свидетельство о приёмке

12.1. Радиочастотный генератор плазмы РПГ-250 заводской номер \_\_\_\_\_ соответствует требованиям настоящего паспорта и признан годным для эксплуатации.

Дата выпуска \_\_\_\_\_

Подписи лиц, ответственных  
за приёмку

Подпись

Расшифровка

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **13. Гарантийные обязательства**

- 13.1. Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие радиочастотного плазменного генератора РПГ-250 требованиям настоящего паспорта при соблюдении потребителем условий эксплуатации, транспортировки и хранения, установленных настоящим паспортом.
- 13.2. Гарантийный срок эксплуатации Устройства устанавливается 18 месяцев со дня отгрузки потребителю, из них 6 месяцев хранения, но не более 1000 ч работы Устройства.
- 13.3. Срок службы Устройства до списания 3 года. Гарантийный срок работоспособности исчисляется с \_\_\_\_\_.

## **14. Сведения о рекламациях**

- 14.1. Регистрируются все предъявляемые рекламации и их краткое содержание. При отказе в работе или неисправности Устройства в период гарантийных обязательств потребителем должен быть составлен акт о необходимости ремонта и отправки Устройства предприятию-изготовителю или вызова его представителя.

## 15. Свидетельство об упаковке

15.1. Радиочастотный плазменный генератор типа РПГ-250 заводской номер 1101 упакован на предприятии-изготовителем согласно требованиям, предусмотренным конструкторской документацией.

Дата упаковки «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ года

Упаковку произвёл \_\_\_\_\_

Изделие после упаковки принял \_\_\_\_\_