

УТВЕРЖДАЮ

Главный инженер

ОАО «Красная Звезда»

Н.А. Уренский

2015 г.



**Техническое задание  
на выполнение научно-исследовательской  
и опытно-конструкторской работы**

Разработка и изготовление вольфрамовых элементов неподвижной кольцевой и нижней  
выдвижной диафрагм для токамака Т-10

№ 12/01-15 ТЗ

Руководитель работы,

Начальник отдела 12

 И.Е. Люблинский

Москва, 2015

## **1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

### **1.1 Наименование работы**

Разработка и изготовление вольфрамовых элементов неподвижной кольцевой и нижней выдвижной диафрагм для токамака Т-10

### **1.2 Сведения о новизне**

Данная работа выполняется впервые

### **1.3 Область применения изделий**

Вакуумная камера токамака Т-10

### **1.4 Этапы выполнения работы**

Работа выполняется в 2 этапа:

1 этап - Разработка конструкторской документации и изготовление пилотных образцов вольфрамовой элементов кольцевой неподвижной диафрагмы и установочной сборки вольфрамовых элементов нижней выдвижной диафрагмы;

2 этап – Изготовление и поставка Заказчику комплекта вольфрамовых элементов кольцевой неподвижной и выдвижной диафрагм. Сборка и установка вольфрамовых элементов обеих диафрагм в токамаке Т-10. Наладка и приемо-сдаточные испытания.

## **2 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

2.1 Разработка конструкторской документации на вольфрамовые элементы неподвижной кольцевой диафрагмы.

2.2 Разработка конструкторской документации на систему термопар и ленгмюровских зондов, размещаемых на вольфрамовых элементах выдвижной диафрагмы.

2.3 Разработка конструкторской документации на быстросъемные диагностические вставки в вольфрамовые элементы нижней выдвижной диафрагмы для оперативного анализа изменения состояния ее поверхности.

2.4 Разработка конструкторской документации на установочные сборки вольфрамовых элементов нижней подвижной диафрагмы.

2.5 Изготовление пилотных образцов вольфрамовых элементов неподвижной кольцевой диафрагмы и установочной сборки вольфрамовых элементов нижней подвижной диафрагмы.

2.6 Изготовление и поставка Заказчику комплектов вольфрамовых элементов для неподвижной кольцевой и нижней выдвижной диафрагм

2.7 Контрольная сборка и проверка работоспособности вольфрамовых элементов неподвижной кольцевой и нижней подвижных диафрагм

## **3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

### **3.1 Общие требования к разработке конструкторской документации**

3.1.1 Перед началом работ Заказчик передает Исполнителю конструкторскую документацию, необходимую для сопряжения проектируемых Исполнителем вольфрамовых элементов с опорными конструкциями неподвижной кольцевой и нижней подвижных диафрагм. Данная документация может передаваться Исполнителю как в бумажном, так и в электронном виде. В случае недостатка предоставленной информации Исполнитель имеет право затребовать у Заказчика дополнительные сведения, относящиеся к данной работе, или командировать к Заказчику своих представителей для прояснения возникших вопросов.

3.1.2 Исполнитель осуществляет конструкторскую разработку вольфрамовых элементов неподвижной кольцевой и нижней подвижных диафрагм руководствуясь

разработанным совместно с Заказчиком концептуальным проектом. Предлагаемые Исполнителем отклонения от этого проекта обсуждаются сторонами и принимаются (отклоняются) Заказчиком в рабочем порядке.

3.1.3 Разработанная Исполнителем конструкторская документация должна соответствовать ЕСКД ГОСТ 2.120-73 и должна быть скомплектована по ГОСТ 2.106-96. Пояснительная записка (по ГОСТ 2.106-96) должна включать разделы:

- введение;
- назначение и область применения;
- технические характеристики;
- описание и обоснование выбранной конструкции;
- расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции;
- перечень работ, которые следует провести заказчику до установки на токамак Т-

10;

- перечень использованной литературы.

3.1.4 Исполнитель должен приступить к изготовлению вольфрамовых элементов (включая пилотные образцы) только после согласования КД с Заказчиком

3.2 Требования к вольфрамовым элементам неподвижной кольцевой диафрагмы

3.2.1 Конструктивно неподвижная кольцевая диафрагма представляет собой стальное (10X18Н10Т) кольцевое основание, вертикально закрепленное на внутренней стенке вакуумной камеры токамака, в одном из сечений по ее тороидальному обходу. На внутренней стороне кольцевого основания (перпендикулярно к продольному магнитному полю) попарно устанавливаются съемные вольфрамовые элементы, контактирующие с плазмой.

Схема расположения кольцевой диафрагмы  
в камере токамака Т-10

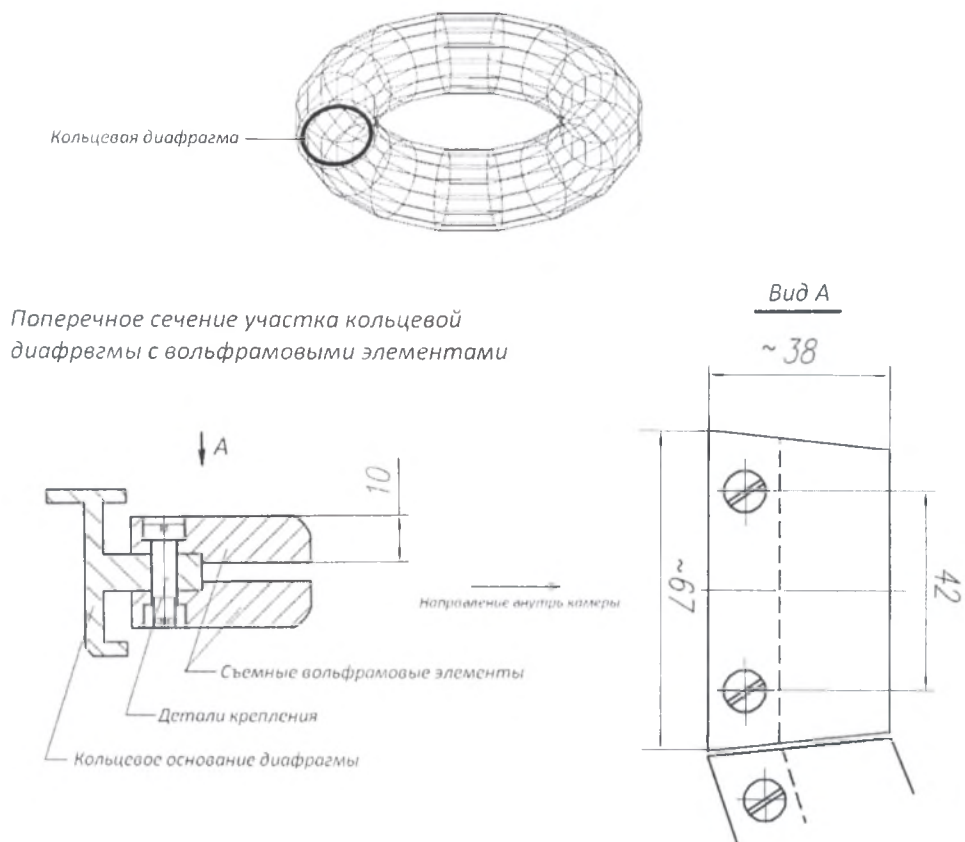


Рисунок 1 - Расположение кольцевой диафрагмы и вольфрамовых элементов на ней

3.2.2 Вольфрамовые элементы должны представлять собой пластины из вольфрама В-МП толщиной 10 мм. Форма вольфрамовых элементов в плоскости, перпендикулярной плоскости стального основания диафрагмы, должна быть трапецевидной, что позволит совместить между собой с минимальным зазором устанавливаемые на основания соседние пары элементов (Рисунок 1). Общее количество съемных вольфрамовых элементов – 32 штуки, что позволит скомпоновать и установить на основание 16 пар таких элементов.

3.2.3 Шероховатость обращенных к плазме поверхностей вольфрамовых элементов должна быть  $e Ra \leq 3,2$  мкм. Переход от поверхности элемента, расположенной поперечно магнитному полю к продольной поверхности должен быть профилированным с оптимальным углом наклона к магнитному полю.

3.2.4 Вольфрамовые элементы должны крепиться к основанию винтами, изготовленными из молибдена с резьбой диаметром не менее М5. Головки винтов должны быть утоплены внутрь не менее чем на 2 мм и располагаться в зоне слабого взаимодействия с плазмой (не менее 30 мм от вершины элемента).

3.2.5 Монтаж осуществляется вручную. Если для выполнения монтажа кольцевой диафрагмы требуется специальный инструмент, он должен быть спроектирован и изготовлен производителем диафрагмы.

### 3.3 Требования к вольфрамовым элементам нижней подвижной диафрагмы

3.3.1 Нижняя подвижная диафрагма представляет собой «грибообразную» конструкцию, задающую радиус последней замкнутой магнитной поверхности (границу плазменного шнура) с возможностью изменения этого радиуса в определенном диапазоне.

3.3.2 Конструкция подвижной диафрагмы состоит из неподвижного основания, закрепленного на фланце вертикального диагностического патрубка Т-10 и подвижной головки. Фотография стального (10Х18Н10Т) основания головки, на которое должны устанавливаться вольфрамовые облицовочные элементы, приведена на Рисунке 2.

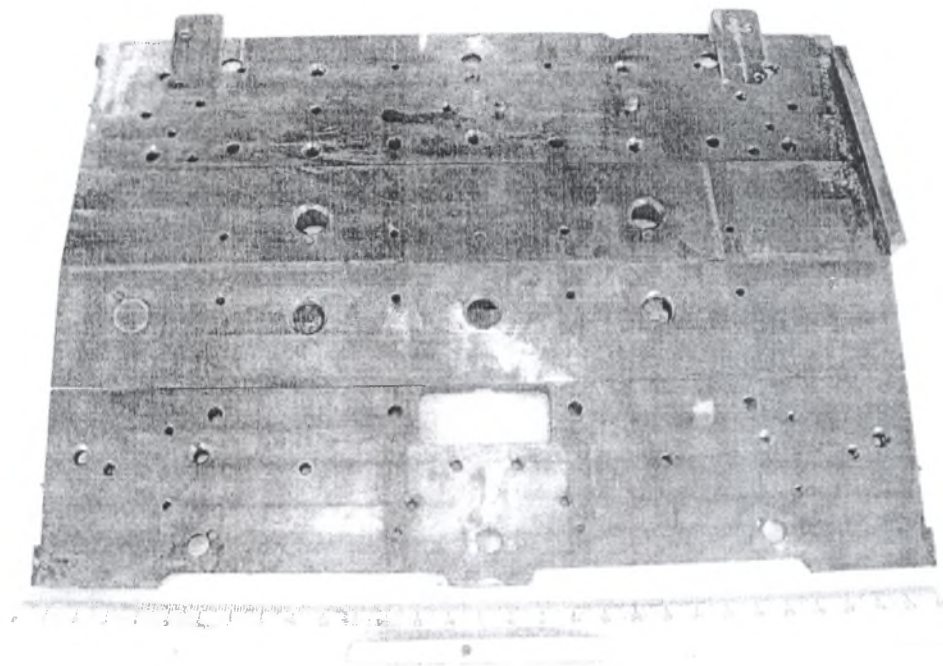


Рисунок 2 - Фотография стального основания подвижной головки нижней диафрагмы

3.3.3 Верхняя рабочая поверхность основания головки выполнена двухскатной. Линия раздела скатов, наклоненных один к другому под углом  $14^\circ$ , расположена перпендикулярно продольному магнитному полю Т-10.

3.3.4 Вольфрамовые элементы должны полностью покрывают (со стороны плазменного шнура) и боковые поверхности (перпендикулярно и параллельно магнитному полю). Покрывать вольфрамом нижнюю поверхность основания головки не требуется.

3.3.5 Вольфрамовые элементы, покрывающие верхнюю поверхность основания головки должны представлять собой плитки размером не более не более 30×30 мм и толщиной 4 – 8 мм. При этом вольфрамовые плитки должны быть сгруппированы в установочные сборки. Плитки в пределах каждой установочной сборки должны иметь собственное общее основание – медную или бронзовую (БрХ) подложку, к которой они припаиваются методом высокотемпературной вакуумной пайки, обеспечивающей температуру вторичного расплава паяного соединения не менее 800 °С.

3.3.6 Габаритные размеры установочных сборок вольфрамовых элементов должны составлять 131×60×(14±20) мм. Общее количество установочных сборок вольфрамовых элементов составляет 10 шт., для установки по 5 шт. на каждом скате стального основания подвижной головки диафрагмы (Рисунок 3). Установочные сборки крепятся к основанию винтами, изготовленными из молибдена или при помощи крепления типа «ласточкин хвост».

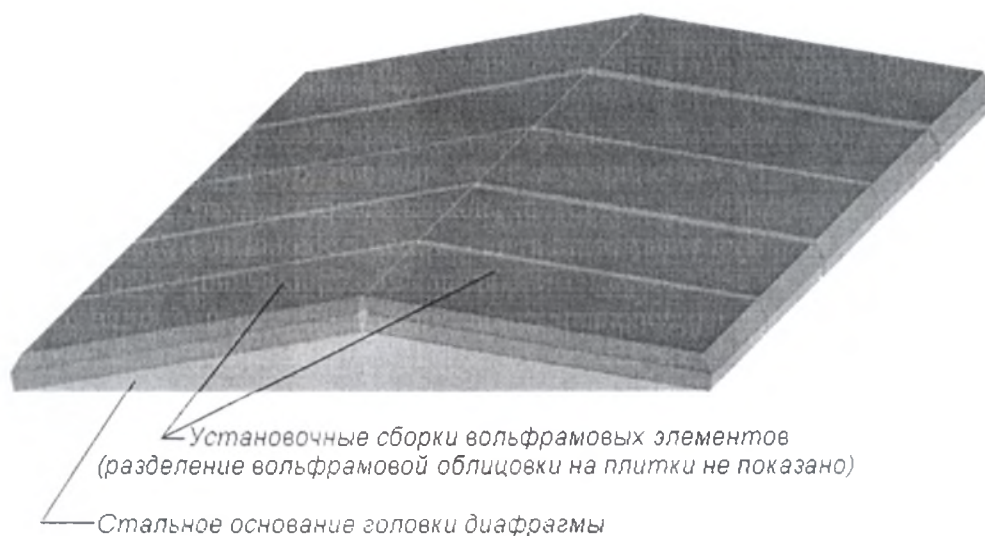


Рисунок 3. Расположение установочных сборок на основании подвижной головки диафрагмы.

3.3.7 Вольфрамовая облицовка установочных сборок должна плотно (с зазором не более 0,5 мм) смыкаться по линии разделения скатов головки диафрагмы и иметь скосы под углом 30-60 °С на противоположных к этой линии концах облицовки.

3.3.8 В установочных сборках вольфрамовых элементов должны быть установлены следующие диагностические элементы:

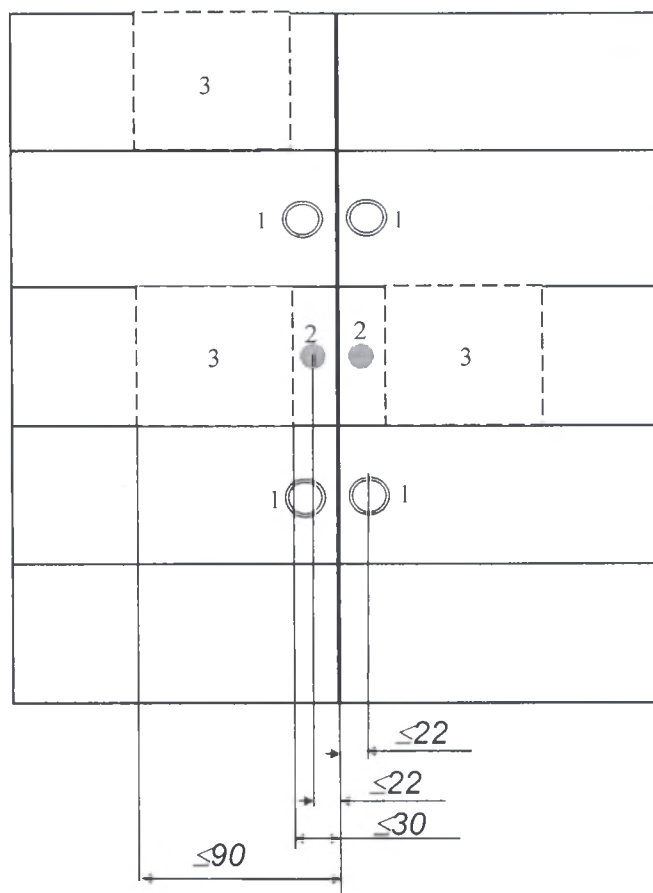
- Термопары – 2 шт. Термопары поставляются Заказчиком и Исполнитель должен только сделать отверстия под их установку;

- Зонды Ленгмюра – 4 шт. Зонды Ленгмюра должны иметь вольфрамовую измерительную поверхность и изготавливаются Исполнителем по чертежу Заказчика. Заказчик также предоставляет Исполнителю керамические изоляторы, необходимые для монтажа зондов в установочных сборках.

- Быстросъемные вольфрамовые вставки в облицовку установочных сборок – 9-12 шт. Вставки должны представлять собой отдельные вольфрамовые плитки облицовки установочных сборок, прикрепленные к подложкам сборок не пайкой, а механически, для того чтобы их можно было оперативно извлекать из облицовки с целью проведения исследования состояния поверхности. Вставки должны быть изготовлены из того же

вольфрама из которого изготовлена остальная облицовка и располагаться вровень с ней. Быстросъемные вольфрамовые вставки изготавливаются Исполнителем.

На Рисунке 4 приведены требования к расположению диагностических элементов на установочных сборках.



- 1- зонды Ленгмюра
- 2- термопары
- 3- зоны расположения быстросъемных вставок в облицовку

Рисунок 4. Требования к расположению диагностических элементов на установочных сборках вольфрамовых элементов.

Для вывода проводов термопар и зондов в имеющийся на стальном основании головки слот необходимо сделать каналы в подложках установочных сборок вольфрамовых элементов.

3.3.9 Помимо закрытия вольфрамом верхней рабочей поверхности основания головки диафрагмы, необходимо также обеспечить защиту вольфрамовыми накладками боковых поверхностей головки и корпуса поворотного механизма диафрагмы. Накладки должны быть изготовлены из листового вольфрама толщиной 3-4 мм и прикреплены к защищаемым поверхностям при помощи молибденовых винтов.

3.3.10 Монтаж всех деталей и узлов диафрагмы осуществляется вручную. Если для выполнения монтажа кольцевой диафрагмы требуется специальный инструмент, он должен быть спроектирован и изготовлен производителем диафрагмы.

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К УПАКОВКЕ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ

4.1 Перед упаковкой вольфрамовые элементы, крепежные и другие детали обеих диафрагм должны быть тщательно обезжирены бензином и этиловым спиртом, а затем высушены в при температуре 450 °С в течение 4 часов в вакууме при  $P_{\text{ост}} \leq 1^{-1}$  Па.

4.2 Упаковка вольфрамовых элементов и других деталей диафрагм производится в полиэтиленовые пакеты с застежкой zip-lock, насколько это возможно удалив из них воздух. Выбор внешней упаковки и способ укладки в нее пакетов изделиями должен исключать опасные взаимные соударения между ними, а также максимально защищать груз от внешних воздействий.

4.3 Вид транспортировки должен обеспечивать устойчивость к воздействиям внешней среды на товар в упакованном состоянии.

#### 5 ПРАВИЛА СДАЧИ И ПРИЕМКИ

5.1 При передаче изделий Заказчику Исполнитель предоставляет:

- Накладные ТОРГ-12,
- Счет-фактуру
- Сертификаты на использованные в изделиях материалы

5.2 Приемка продукции производится на складе Заказчика

5.3 Проверка количества и качества полученной продукции требованиям договора, проверка наличия и соответствия сопроводительной документации удостоверяющей качество и комплектность продукции производится Заказчиком в течение 7 рабочих дней с момента получения изделий.

#### 6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Поставляемые узлы и детали диафрагм не должны быть токсичными.

Разработчики:

зам начальника отдела 12

ведущий инженер-технолог



А.В. Вертков

Г.Ю. Мачихин