

Министерство образования и науки Российской Федерации
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Физико-технический институт
Кафедра технической физики

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФТИ
О.Ю. Долматов
« _____ » _____ 2016 г.

ГРАДУИРОВКА ДАТЧИКОВ РАСХОДА ЖИДКОСТИ И ГАЗА

Методические указания к лабораторному практикуму по курсу
Физика плазмы
для студентов направления 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»
Физико-технического института

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Ознакомление с устройством и принципом действия плазмохимической установки на базе ВЧ генератора ВЧГ8-60/13.

2. Градуировка поплавковых расходомеров для подачи охлаждающей воды на элементы плазмохимической установки (анод генераторной лампы ВЧ генератора ВЧГ8-60/13, сеточная и анодная индуктивность ВЧ генератора ВЧГ8-60/13, электрод ВЧ факельного плазмотрона, корпус ВЧ факельного плазмотрона, реактор, газодод.

3. Градуировка поплавковых расходомеров для подачи плазмообразующего газа (воздуха) в кварцевую разрядную камеру ВЧ факельного плазмотрона и воздуха на охлаждение кварцевой разрядной камеры ВЧ факельного плазмотрона.

4. Обработка и анализ полученных результатов. Построение градуировочных графиков.

2 ОПИСАНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ УСТАНОВКИ НА БАЗЕ ВЧ ФАКЕЛЬНОГО ПЛАЗМОТРОНА

В общем случае экспериментальная установка представляет собой функциональное объединение двух блоков (рис.1, рис.2):

- высокочастотный генератор ВЧГ8-60/13 (источник питания);
- технологический блок.

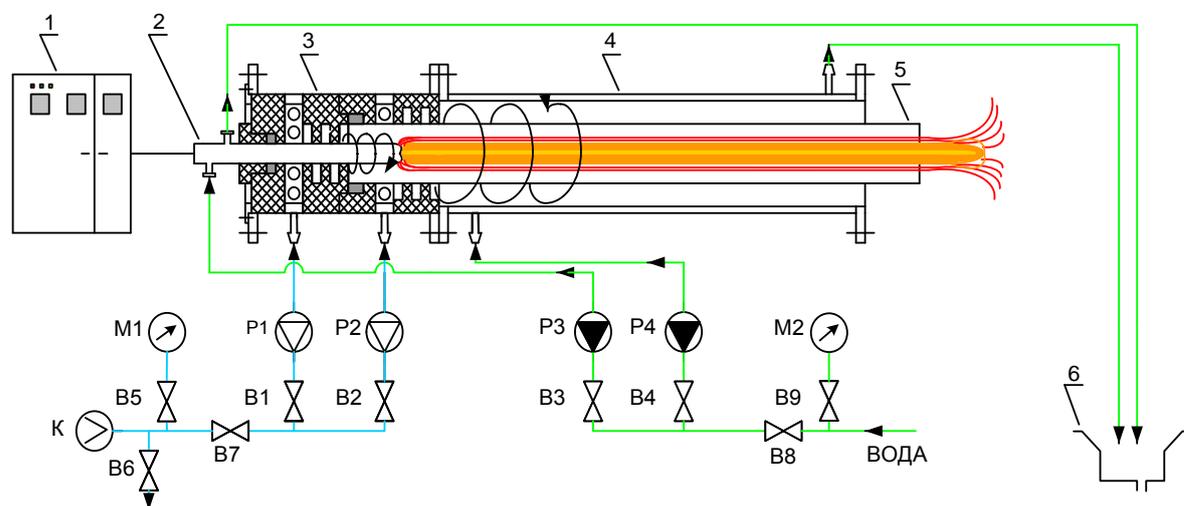
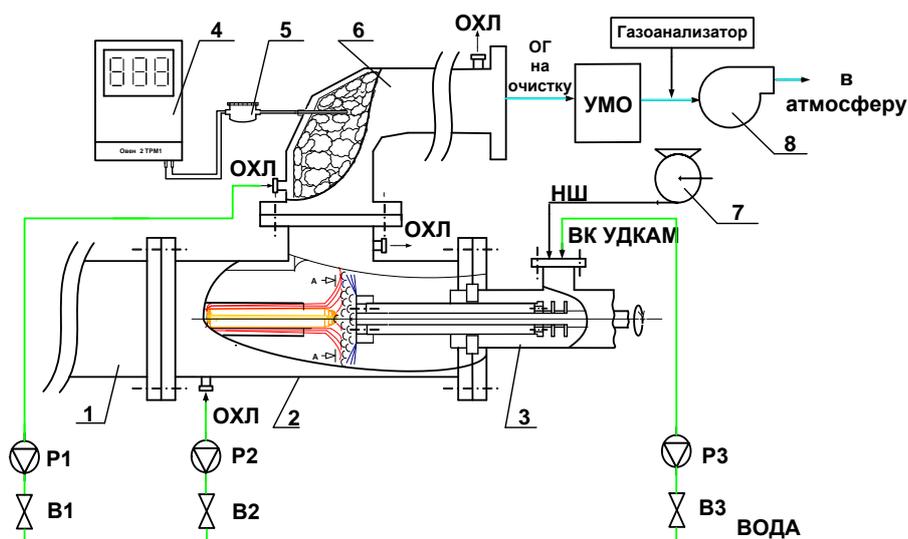


Рис. 1. Схема плазменной установки на базе ВЧ факельного плазмотрона.

1 - высокочастотный генератор ВЧГ8-60/13; 2 - водоохлаждаемый электрод; 3 - узел ввода газа; 4 - водоохлаждаемый корпус ВЧ факельного плазмотрона; 5 - кварцевая разрядная камера; 6 - слив охлаждающей воды; К - компрессор; М1, М2 - манометры; Р1-Р4 - ротаметры; В1-В9 - вентили.

Схема экспериментальной установки



1 - ВЧ факельный плазмотон; 2 - реактор; 3 - форсунка; 4 - регулятор и измеритель температуры; 5- термомпара; 6 - газоход; 7 - погружной насос; 8 - вытяжной вентилятор

Высокочастотный генератор ВЧГ8-60/13 размещён в экранированном металлическом шкафу, обеспечивающем надёжную защиту от электромагнитного излучения. Основные технические характеристики генератора ВЧГ8-60/13 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Величина	Единица измерения	Значение
Напряжение питающей сети	В	380
Частота питающей сети	Гц	50
Потребляемая мощность	кВт	90
Колебательная мощность	кВт	60±6
Рабочая частота	МГц	13,56±0,13
Коэффициент полезного действия	%	не менее 75
Напряжение анодное	кВ	10,4÷10,5
Ток анодный	А	7,6÷7,7
Ток сеточный	А	1,8
Расход охлаждающей воды	м ³ /ч	не менее 1,4

Генератор выполнен в стальном шкафу, разделенном на два отсека экранированный и неэкранированный. Шкаф генератора имеет двери с двух сторон, что делает удобным доступ ко всему размещенному в нем оборудованию. Двери снабжены электромеханической блокировкой, которая обеспечивает безопасность обслуживания.

Высокочастотный экранированный отсек разделен на две части - анодную и сеточную. В анодной части расположены: генераторная лампа ГУ-66А со стендом охлаждения,

водоохлаждаемая регулируемая анодная индуктивность, 2 группы регулируемых вакуумных конденсаторов КП1-3-15/350 для регулирования частоты и мощности генератора, группа укорачивающих конденсаторов К61-4-50, фидер – для связи генератора с нагрузкой, дроссель безопасности, дроссели фильтра.

В сеточной части расположены: сеточная водоохлаждаемая индуктивность, вакуумный конденсатор КП1-3-15/350 с ручной регулировкой сеточного тока, сеточный дроссель, блокировочные конденсаторы и антипаразитные сопротивления.

Электрические выводы из высокочастотного отсека выполнены через проходные конденсаторы.

В неэкранированном отсеке расположены рубильник, контактор, анодный трансформатор, выпрямитель, трансформатор накала, аппаратура управления, контроля и защиты, вентилятор для охлаждения генераторной лампы, приводы вакуумных конденсаторов.

На дверях с лицевой стороны расположены измерительные приборы, сигнальные лампы, кнопки и тумблеры включения и управления генератором, блок стабилизации частоты, гнездо для измерения частоты.

На левой боковой стороне генератора расположен переключатель анодного напряжения (50% и 100%).

На нижней раме имеются трубки для подачи и слива охлаждающей воды, болты для подсоединения генератора к общему заземлению.

Технологический блок включает следующие основные узлы (рис.2): ВЧ факельный плазмотрон 1, реактор 2, форсунка 4, регулятор-измеритель температуры 5, газоход 6, узел «мокрой» очистки отходящих газов (УМО), погружной насос 7, вытяжной вентилятор 8.

3 ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ НА ПЛАЗМЕННОЙ УСТАНОВКЕ НА БАЗЕ ВЧ ФАКЕЛЬНОГО ПЛАЗМОТРОНА

1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1 К работе на плазмохимической установке (далее установка) допускаются лица, не моложе 18-ти лет, прошедшие медосмотр, инструктаж на рабочем месте, имеющие профессиональную подготовку, соответствующую характеру работ, прошедшие проверку знаний по вопросам охраны труда. Периодичность повторного инструктажа один раз в квартал.

1.2 Работники, осуществляющие пуско-наладочные, ремонтные работы, периодические плановые осмотры, а также отработку плазмохимической технологии в электроустановках выше 1000В, должны иметь IV группу по электробезопасности, остальные работники – III группу.

1.3 Все виды работ на установке производятся группой не менее двух человек, один из которых имеет IV квалификационную группу по электробезопасности (при напряжении выше

1000 В).

1.3.1 ЗАПРЕЩАЕТСЯ работать на установке одному человеку и оставлять включенную установку без присмотра.

1.3.2 Лабораторные работы со студентами проводятся только в присутствии и под руководством преподавателя.

1.4 Работы по наладке, настройке и регулированию технологических режимов работы установки производятся работниками в соответствии с настоящей инструкцией.

1.5 Все работы по наладке и настройке генератора производятся по письменному распоряжению и в соответствии с «Программой пуско-наладочных работ для генератора ВЧГ8-60/13».

1.6 Установка состоит из высокочастотного генератора (источника питания) и технологического блока, которые размещены в металлических корпусах. Технологический блок включает следующие основные узлы: высокочастотный плазмотрон факельного типа, реактор, газоходы, узел «мокрой» очистки отходящих газов.

1.7 Все работники должны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка.

1.8 На рабочем месте возле установки должна быть вывешена краткая инструкция по охране труда, в которой для работников указываются основные требования по безопасным приемам работы, а также требования к защитным, предохранительным и блокировочным устройствам.

1.9 Работа на установке характеризуется следующими вредными и опасными факторами, воздействие которых на работников может привести к несчастному случаю:

- а) высокое напряжение;
- б) электромагнитное излучение;
- в) ультрафиолетовое излучение;
- г) световое излучение;
- д) воздействие вредных веществ (например, окислов азота, серы, углерода и т. п.)

Во избежание несчастных случаев каждый работник должен строго соблюдать требования правил, норм и инструкций.

Для создания безопасных условий труда предусмотрены следующие меры защиты:

1.9.1 Токоведущие части установки изолированы, в результате чего находятся в недоступных для работающих местах. «Поджиг» высокочастотного электрического разряда в плазмотроне, требующий прикосновения проводником к электроду, автоматизирован, что исключает случайное прикосновение персонала к электроду.

Металлические части установки, которые могут вследствие повреждения изоляции оказаться под напряжением, заземлены. Замер сопротивления контура заземления производится ежегодно.

1.9.2 Установка размещена в металлических корпусах, экранирующих электромагнитное и ультрафиолетовое излучение. ЗАПРЕЩЕНО во время работы установки, открывать двери генератора и технологического блока. При соблюдении указанных мер излучение не превышает допустимого.

1.9.3 Смотровое окно на дверях технологического блока установки должно быть оснащено экранирующей металлической сеткой.

1.9.4 Установка оснащена вытяжной системой вентиляции, системой очистки отходящих газов, защищающих работников от вредных газообразных и конденсированных веществ, образующихся в процессе работы.

1.10 Защитные ограждения (открывающиеся и съёмные) должны иметь электромеханические блокировки, автоматически отключающие подачу напряжения на установку при их открывании.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ работать на установке при неисправных дверных блокировках, открытых дверях генератора и технологического блока установки.

1.11 Крепление блокировочных устройств должно быть надёжным, исключающим случаи самооткрывания.

1.12 В случае прекращения подачи электроэнергии, во время перерыва в работе или в аварийной ситуации установка должна быть отключена от питающей сети.

1.13 Периодические осмотры и планово-предупредительные ремонты генератора, производятся по графикам, утверждённым руководителем работ.

1.14 Осмотр и ремонтные работы на установке производить при её полном отключении от источников питания. При этом необходимы:

а) видимый разрыв в виде отключения разъединителя входного рубильника с последующим снятием предохранителей;

б) на приводах (рукоятках приводов) коммутационных аппаратов во избежание подачи напряжения на рабочее место должны быть вывешены плакаты «НЕ ВКЛЮЧАТЬ, РАБОТАЮТ ЛЮДИ»;

г) проверка отсутствия напряжения на отходящих кабельных линиях питающих установку;

д) заземление конденсаторных установок.

1.15 Установка должна быть обеспечена следующими защитными средствами:

а) штанга оперативная на напряжение до 35 кВ – 1 шт.;

б) указатель напряжения УВН-110 на напряжение до 20 кВ – 1 шт.;

в) клещи токоизмерительные К4570/1Ц – 1 шт.;

г) диэлектрические перчатки – 2 пары;

д) диэлектрические боты – 1 пара;

- е) диэлектрические коврики 2 шт.;
- ж) переносное заземление ЗПП-15 – 1 шт.;
- з) защитные очки – 2 пары;
- и) щипцы (пассатижи) – 1 шт.;
- к) халаты – 2 шт.

1.16 Все работники обеспечиваются спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты.

1.17 В случае травмирования работников необходимо оказать доврачебную помощь, если необходимо, вызвать скорую помощь по тел. 03, сообщить руководителю работ.

1.18 Запрещено принимать пищу на рабочем месте.

1.19 Лица, виновные в нарушении требований инструкций по охране труда, несут ответственность в соответствии с законодательством РФ.

2 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ

2.1 Привести в порядок рабочую одежду, застегнуть рукава, провести внешний осмотр установки, проверить наличие и надёжность заземления и защитных средств.

2.2 Проверить наличие и исправность:

- а) предохранительных устройств;
- б) блокирующих устройств;
- в) наличие напора воды в водопроводе;
- г) работу компрессоров;
- д) узел «мокрой» очистки отходящих газов;

2.3 Результаты осмотра и принятые меры по ликвидации выявленных нарушений техники безопасности заносятся в рабочий журнал установки.

При осмотре обращать внимание:

а) на безотказность работы всех блокирующих устройств, обеспечивающих безопасные условия работы персонала, необходимую чёткость и очередность включения всех элементов генератора и установки в целом;

б) на надёжность экранирования и заземления корпуса генератора и технологического блока и компрессора;

в) на чистоту контактов пускорегулирующей аппаратуры;

г) на отсутствие пыли на токоведущих частях и изоляторах.

При обнаружении неисправностей блокировочных устройств до их устранения установку включать категорически ЗАПРЕЩАЕТСЯ.

2.4 Запрещается работать на установке при обнаружении каких-либо неисправностей работы оборудования, отсутствии защитных средств или истечении сроков их годности.

2.5 Необходимо внимательно ознакомиться с плановым заданием на проведение работ на установке, наличием и состоянием исходных материалов (сырья) и безопасным обращением с ними.

2.6 Персоналу до полного ознакомления с плановым заданием работ на установке категорически ЗАПРЕЩАЕТСЯ включать и выключать рубильники, выключатели, открывать и закрывать вентили, краны, открывать крышки приборов, крутить рукоятки и т.п.

3 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

Для исключения аварийных ситуаций, для безопасного выполнения работ необходимо строго соблюдать указанную последовательность запуска установки:

3.1 Включить трехфазный рубильник на питающем щите.

3.2 Подать охлаждающую воду на установку общим краном на водяном коллекторе.

3.3 Включить компрессор и подать в высокочастотный факельный плазмотрон плазмообразующий газ.

3.4 Во время работы установки запрещается открывать, снимать ограждения, отключать предохранительные и блокирующие устройства. Все работы производить при закрытых дверях генератора и технологического блока.

3.5 Периодически снимать режимные параметры работы установки и заносить их в рабочий журнал. При необходимости производить корректировку этих параметров в соответствии с плановым заданием.

3.6 В случае возникновения аварийной ситуации необходимо выполнить требования п.4.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

4.1 В случае возникновения аварийной ситуации необходимо незамедлительно отключить трехфазный рубильник на питающем щите.

4.2 Перекрыть кран на водяном коллекторе, подающим охлаждающую воду.

4.3 Принять меры по ликвидации аварии, немедленно сообщить руководителю работ.

4.4. В случае травмирования работников, немедленно после вызова скорой помощи по телефону **03**, приступить к оказанию доврачебной помощи, сообщить руководителю работ.

4.4. Устранить воздействие на организм пострадавшего повреждающих факторов, угрожающих его здоровью и жизни (освободить от действия электрического тока, погасить горящую одежду); вывести пострадавшего на свежий воздух, обеспечить полный покой, усадить в удобное кресло или уложить, предохраняя от охлаждения.

4.5. **При поражении электрическим током** необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от действия электрического тока, так как от продолжительности этого действия

зависит тяжесть электротравмы, поэтому необходимо немедленно отключить ту часть установки, которой касается пострадавший.

Если невозможно произвести быстрое отключение установки, то необходимо отделить пострадавшего от токоведущих частей (палкой, доской, оттянуть за полы пиджака, руками, обмотанными шарфом и т. п.)

4.6 После освобождения пострадавшего от действия повреждающих факторов необходимо оценить его состояние:

- а) сознание: ясное, отсутствует;
- б) дыхание: нормальное, отсутствует;
- в) пульс на сонных артериях: хорошо определяется, плохо определяется.

4.7 Если пострадавший находится в сознании, но до этого был в обмороке с сохранившимся устойчивым дыханием и пульсом, следует выполнить следующие действия:

- а) уложить пострадавшего на подстилку, например из одежды;
- б) расстегнуть одежду, стесняющую дыхание;
- в) обеспечить приток свежего воздуха;
- г) освободить помещение от посторонних людей и создать полный покой, наблюдая за пульсом и дыханием.

4.8 Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо сразу же начать делать искусственное дыхание. Для этого, прежде всего, необходимо обеспечить проходимость верхних дыхательных путей (пальцем, обвёрнутым бинтом или тканью удалить из полости рта инородное содержание). Затем оказывающий помощь располагается сбоку от головы пострадавшего, одну руку подсовывает под пострадавшего, а ладонью другой руки надавливает на его лоб, запрокидывая голову.

Оказывающий помощь делает глубокий вдох открытым ртом, плотно охватывает губами открытый рот пострадавшего и делает энергичный выдох, с некоторым усилием вдувая воздух в его рот; одновременно он закрывает нос пострадавшего щекой. Как только грудная клетка поднялась, нагнетание воздуха приостанавливают.

4.9 Если у пострадавшего отсутствует сознание, дыхание, пульс, кожный покров синюшный, необходимо немедленно кроме искусственного дыхания делать наружный массаж сердца.

Оказывающий помощь располагается сбоку от пострадавшего, и, наклонившись, делает два быстрых вдувания, затем поднимается, оставаясь на этой же стороне от пострадавшего, ладонь одной руки кладёт на нижнюю половину грудины (отступив на два пальца выше от её нижнего края), а пальцы приподнимает. Ладонь второй руки он кладёт поверх первой, поперёк или вдоль и надавливает, помогая наклоном своего корпуса.

Надавливание следует производить быстрыми толчками, так чтобы смещать грудину на 4-5 см, продолжительность надавливания не более 0,5 с. За 1 минуту необходимо сделать не менее 60 надавливаний и 12 вдуваний.

4.10 Первая помощь при ожогах: на обожжённый участок кожи наложить стерильную повязку. Нельзя обожжённый участок кожи смазывать мазями, присыпать пищевой содой, вскрывать пузыри, удалять прилипшие вещества. Обожжённое лицо необходимо закрывать стерильной марлей.

При ожогах глаз ультрафиолетовым излучением разряда следует делать холодные примочки из раствора борной кислоты ($\frac{1}{2}$ чайной ложки на 1 стакан воды).

При обширных ожогах кожи пострадавшего необходимо завернуть в чистую простынь, не раздевая, напоить тёплым чаем и создать покой до прибытия врача.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТ

5.1 Выключить трёхфазный рубильник на питающем щите.

5.2 Перекрыть кран на водяном коллекторе, подающим охлаждающую воду.

5.3 Отключить компрессор и прекратить подачу плазмообразующего и охлаждающего газа в высокочастотный факельный плазмотрон

5.4 Поставить в исходное положение все переключатели.

5.5 Привести в порядок рабочее место.

5.6 О замеченных неисправностях сообщить руководителю работ и занести в рабочий журнал.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1 Градуировка поплавковых расходомеров охлаждающей воды:

4.1.1 Открыть кран на водяном коллекторе, подающим охлаждающую воду.

4.1.2 В соответствии с заданием выбрать расходомер, контролирующий расход охлаждающей воды.

4.1.3 Установить с помощью вентиля поплавков на расходомере против делений: 0; 20; 40; 60; 80; 100.

4.1.4 Взять в руки сливной шланг и быстро направить его в мерную колбу ($V = 500$ мл) и включить секундомер.

4.1.5 Определить время заполнения мерной колбы ($V = 500$ мл).

4.1.5 Повторить замеры 5-7 раз.

4.1.6 Результаты занести в таблицу 1, 2.

4.2 Градуировка поплавковых расходомеров для подачи плазмообразующего газа (воздуха) в кварцевую разрядную камеру ВЧ факельного плазмотрона и воздуха на охлаждение кварцевой разрядной камеры ВЧ факельного плазмотрона:

4.2.1 Включить трёхфазный рубильник на питающем щите.

4.2.2 Включить компрессор.

4.2.3 В соответствии с заданием выбрать расходомер, контролирующий расход плазмообразующего газа (воздуха) в кварцевую разрядную камеру ВЧ факельного плазмотрона (воздуха на охлаждение кварцевой разрядной камеры ВЧ факельного плазмотрона).

4.2.4 Подсоединить выходной патрубок расходомера к газовым часам.

4.2.5 Установить с помощью вентиля поплавков на расходомере против делений: 0; 20; 40; 60; 80; 100.

4.2.5 Определить объем газа (в литрах), прошедший через газовые часы за 1 минуту.

4.1.5 Повторить замеры 5-7 раз.

4.1.6 Результаты занести в таблицу 3, 4.

5 Провести математическую обработку полученных результатов. Построить градуировочные графики расходомеров охлаждающей воды, плазмообразующего газа и расхода газа, охлаждающего кварцевую разрядную камеру. Сделать выводы.

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ:

1 Массовый расход охлаждающей воды:

$$\dot{m}_g = 0,5 / t \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right],$$

где t – время заполнения мерной колбы ($V = 500\text{мл}$).

2 Массовый расход плазмообразующего газа и расхода газа, охлаждающего кварцевую разрядную камеру:

$$\dot{m}_z = 2,15 \cdot 10^{-5} \cdot V \left[\frac{\text{кг}}{\text{с}} \right],$$

где V – объем газа, прошедший через газовые часы за 1 минуту, л.

Таблица 1

Деления	Время заполнения водой мерной колбы ($V = 500\text{мл}$), сек							$t_{\text{ср}}$, сек
	1	2	3	4	5	6	7	
0								
20								
40								
60								
80								
100								

Таблица 2

Деления	Массовый расход охлаждающей воды, кг/сек							$\dot{m}_g \pm \Delta \dot{m}_g$, кг/с
	1	2	3	4	5	6	7	
0								
20								
40								
60								
80								
100								

Таблица 3

Деления	Объем газа, прошедший через газовые часы, л							$V_{\text{ср}}$, л
	1	2	3	4	5	6	7	
0								
20								
40								
60								
80								
100								

Таблица 4

Деления	Массовый расход газа, кг/сек							$\dot{m}_2 \pm \Delta \dot{m}_2$, кг/с
	1	2	3	4	5	6	7	
0								
20								
40								
60								
80								
100								

5 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1 Цель проведения работы.

2 Принципиальную схему плазменной установки на базе ВЧ факельного плазмотрона и ее краткое описание.

3. Основные требования по технике безопасности при работе на установке перед началом работы, во время работы, в аварийных ситуациях и по окончании работ.

4 Табличные данные и градуировочные графики для поплавковых расходомеров массовых расходов охлаждающей воды, плазмообразующего газа и расхода газа, охлаждающего кварцевую разрядную камеру.

5 Анализ полученных результатов. Выводы.

6 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

6.1 Для каждой серии измерений ($n=7$) вычислить среднее значение:

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i .$$

6.2 Определить погрешности отдельных измерений:

$$\Delta t_i = \bar{t} - t_i .$$

6.3 Для контроля правильности вычислений отклонений результатов измерений от среднего арифметического вычислить:

$$\sum_{i=1}^n \overset{0}{\Delta t}_i .$$

Если результаты равны 0, следовательно ошибок в расчетах не было.

6.4 Вычислить квадраты погрешностей отдельных измерений $(\overset{0}{\Delta t}_i)^2$.

Для контроля правильности вычисления сумм квадратов отклонений воспользоваться тождеством:

$$\sum_{i=1}^n (\bar{t} - t_i)^2 = \sum_{i=1}^n t_i^2 - n \bar{t}^2 .$$

Вычесть правую часть из левой, если результаты проверки равны 0, то расчеты верны.

6.5 Вычислить среднюю квадратичную погрешность результата серии измерений (среднего арифметического):

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\overset{0}{\Delta t}_i)^2}{(n-1)}} .$$

6.6 Для определения границ доверительного интервала воспользоваться неравенством Чебышева:

$$P(\bar{x} - k_\alpha \cdot S_x \leq x \leq \bar{x} + k_\alpha \cdot S_x) \geq 1 - \frac{1}{k_\alpha^2} .$$

Для доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ коэффициент $k_\alpha = 4,4$.

6.7 Вычислить границы доверительного интервала:

$$\overset{0}{\Delta t} = k_\alpha \cdot S_x .$$

6.8 Вычислить относительную погрешность результата серии измерений:

$$\overset{0}{\delta t} = \frac{\overset{0}{\Delta t}}{\bar{t}} \cdot 100\% .$$

6.9 Построить по итогам проведенной обработки результатов измерений градуировочные графики для поплавковых расходомеров охлаждающей воды, плазмообразующего газа и расхода газа, охлаждающего кварцевую разрядную камеру.

7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Из каких основных узлов состоит установка?
- 2 Последовательность включения установки?
- 3 Последовательность выключения установки?
- 4 Перечислите требования безопасности перед началом работы установки?
- 5 Перечислите требования безопасности во время работы установки?
- 6 Перечислите требования безопасности по окончании работы установки?
- 7 Перечислите требования безопасности при аварийных ситуациях на установке?
- 8 Как определяется среднее значение для каждой серии измерений?
- 8 Как определяется погрешность отдельных измерений?
- 9 Как осуществляется правильность вычислений отклонений результатов измерений от среднего арифметического?
- 10 Как осуществляется контроль правильности вычисления сумм квадратов отклонений результатов измерений?
- 11 Как осуществляется правильности вычислений отклонений результатов измерений от среднего арифметического?
- 12 Как определяется среднеквадратичная погрешность результата серии измерений? измерений (среднего арифметического)?
- 13 Каков должен быть размер серии измерений, чтобы доверительная вероятность $\alpha = 0,95$?
- 14 Что означает доверительная вероятность $\alpha = 0,95$?
- 15 Чему равен коэффициент k_α для $\alpha = 0,95$?
- 16 Как вычисляются границы доверительного интервала?
- 17 Как определяется относительная погрешность результата серии измерений?

ЛИТЕРАТУРА:

- 1 Кондрашов А.П., Шестопалов Е.В. Основы физического эксперимента и математическая обработка результатов измерений. - М.: Атомиздат, 1977. -195с. (НТБ - 2 экз., кафедра ТФ - 1 экз.).
2. Ясельский В.К., Кузнецов А.И., Дядик В.Ф. Обработка результатов измерений. Учебное пособие. - Томск: ТПИ, 1977-95с. (НТБ - 2 экз., кафедра ТФ - 1 экз.).