

ГЕЛИЕВЫЙ ТЕЧЕЙСКАТЕЛЬ ПТИ-10

Лабораторная работа

НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Гелиевый масс-спектрометрический течеискатель ПТИ-10 предназначен для испытаний на герметичность различных систем и объектов, допускающих откачку внутренней полости, а также заполненных гелием или смесью, содержащей гелий. Течеискатель является универсальным прибором, рассчитанным на все виды контроля герметичности с применением гелия в качестве пробного газа. Конструктивно ПТИ-10 оформлен в виде передвижного прибора.

Минимальный регистрируемый поток гелия без дросселирования откачки — не более 10^{-10} л торр/с, с дросселированием откачки — не более $5 \cdot 10^{-12}$ л торр/с. В течеискателе предусмотрена компенсация фоновых сигналов с регулировкой компенсирующего (супрессорного) напряжения. В течеискателе имеется стрелочный индикатор течи, акустический индикатор с регулировкой громкости и порога срабатывания и световой индикатор. Имеется выход на электронный автоматический потенциометр.

Течеискатель допускает непрерывную работу в течение 24 часов. После одного часа откачки механическим и паромасляным насосами с применением жидкого азота для охлаждения ловушки в высоковакуумном объеме течеискателя устанавливается давление порядка 10^{-5} торр. При увеличении давления до $1\text{--}2 \cdot 10^{-4}$ торр. и при внезапном прорыве атмосферного воздуха в высоковакуумный объем течеискателя срабатывает вакуумная блокировка и отключается накал катода ионного источника масс-спектрометрической камеры. При отключении сетевого напряжения автоматически перекрывается линия предварительного разрядки паромасляного насоса и напускается атмосферный воздух в механический насос.

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ТЕЧЕИСКАТЕЛЯ

I. Принцип действия

Течеискатель представляет собой высокочувствительный магнитный масс-спектрометр, настроенный на регистрацию гелия. Он обеспечивает возможность проведения любых видов испытаний на герметичность и поиск мест течей в откачанных, а также заполненных газом объемах.

При проведении испытаний на герметичность вакуумным методом предварительно откачанный вакуумный объем соединяется с масс-спектрометрической камерой течеискателя и обдувается гелием или помещается в чехол, заполненный гелием. Течь индуцируется по увеличению сигнала масс-спектрометра, вызываемому повышением парциального давления гелия в масс-спектрометрической камере.

Объекты, не допускающие откачки внутренней полости, испытываются в специальных вакуумных камерах (барокамерах) методами чехла или щупа. При испытаниях барокамерным методом в объекты должен быть введен гелий. Течеискатель присоединяется непосредственно к барокамере или к линии предварительного разряжения её откачной установки. Негерметичность изделий, помещенных в чехол, устанавливается по повышению парциального давления гелия в чехле, газ из которого отбирается в течеискатель с помощью щупа.

При испытаниях по методу щупа подозреваемые в негерметичности участки поверхности обследуются снаружи щупом, всасывающим газ, соединенным с течеискателем гибким вакуумным трубопроводом. Приближение всасывающего сопла щупа к наружному отверстию течи, из которого вытекает гелий, сопровождается увеличением сигнала течеискателя.

Основным элементом течеискателя является камера масс-анализатора (рис. 1а), содержащая ионный источник и приемник ионов. Камера помещается между полюсами по-

стоянного магнита. Накаленный вольфрамовый катод ионного источника (рис 1б) эмитирует электроны, которые ускоряются электрическим полем, приложенным между катодом и коробкой ионизатора. Магнитное поле, действующее вдоль направления движения электронов, фокусирует поток электронов в узкий пучок, поступающий в полость ионизатора через диафрагму. Электронный пучок вызывает ионизацию молекул газа, поступающего в течеискатель из проверяемого объема.

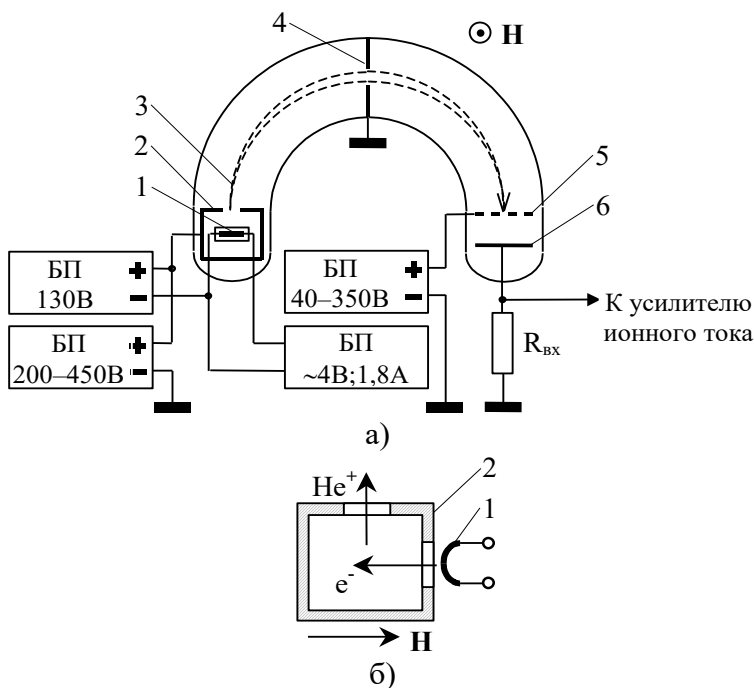


Рис. 1. Схема масс-анализатора (а) и ионного источника (б):
1 — катод, 2 — ионизатор, 3 — траектория ионов He^+ ,
4 — диафрагма, 5 — супрессор, 6 — коллектор.

Образовавшиеся ионы вытягиваются из камеры ионизации ускоряющим электрическим полем, действующим в направлении, перпендикулярном электронному пучку. Поток ионов через выходную диафрагму ионизатора поступает в анализатор, в котором ионы движутся от источника к приемнику ионов. В анализаторе происходит пространственное разделение ионов по эффективным массам под действием постоянного магнитного поля, направленного перпендикулярно направлению движения ионов и заставляющего их двигаться по круговым траекториям. Радиус траектории движения иона зависит от его массы, заряда, энергии и величины магнитного поля в соответствии с формулой

$$R = 144 \sqrt{\frac{M}{Z}} \frac{\sqrt{U}}{H},$$

где R — радиус траектории движения иона (см); H — напряженность магнитного поля (Эрстед); U — ускоряющая ионы разность потенциалов (В); M — массовое число иона, Z — число зарядов иона.

В магнитном поле происходит разделение ионного пучка, выходящего из ионного источника, на отдельные пучки, содержащие ионы с одинаковым отношением массы к заряду. Изменяя ускоряющее напряжение при неизменной напряженности магнитного поля, можно менять радиус траектории движения ионов данной массы.

В течеискателе ПТИ-10 установлен масс-спектрометрический анализатор 180-ти градусного типа с межплоскостным расстоянием в магнитной системе 31 мм. Средняя напряженность магнитного поля в зазоре 1650–1700 эрстед. Траектория движения ионов в нем от источника к приемнику ионов имеет вид полуокружности с радиусом 3,5 см. Анализатор данного типа обладает фокусирующим действием: ионы определенной массы, выходящие из источника расходя-

щимся пучком, вновь собираются в узкий сходящийся пучок в плоскости входной диафрагмы приемника.

Изменением ускоряющего ионы напряжения осуществляется настройка камеры на «пик гелия», при которой в приемник ионов направляются ионы гелия. Приемник ионов состоит из входной диафрагмы, супрессорной системы и принимающего ионы электрода-коллектора.

Супрессорная система, состоящая из двух сеток, служит для задержания рассеянных ионов, случайно попавших во входную диафрагму приемника. Между сетками супрессорной системы создается тормозящее ионы электрическое поле, пропускающее к коллектору ионы гелия с полным запасом энергии и задерживающее рассеянные ионы, потерявшие часть своей энергии в результате соударения со стенками камеры или нейтральными молекулами газа и случайно попавшие на рабочую траекторию. Коллектор ионов соединен со входом электрометрического каскада усилителя постоянного тока. Изменения ионного тока регистрируются выходным прибором блока измерения ионного тока, звуковым и световым индикаторами.

Для обеспечения высокой чувствительности регистрации в ПТИ-10 предусмотрена компенсация фоновых сигналов, дающая возможность регистрировать сигналы, вызываемые течениями, на чувствительных шкалах выходного блока измерения ионного тока. Выбор рабочей шкалы осуществляется в соответствии с уровнем флуктуаций фонового сигнала течеискателя и необходимой чувствительностью испытаний. Для контроля чувствительности течеискателя служит калиброванная гелиевая течь.

2. Структурная схема течеискателя

Структурная схема течеискателя представлена на рис. 2. Течеискатель состоит из двух основных частей: вакуумной системы и электронной схемы.

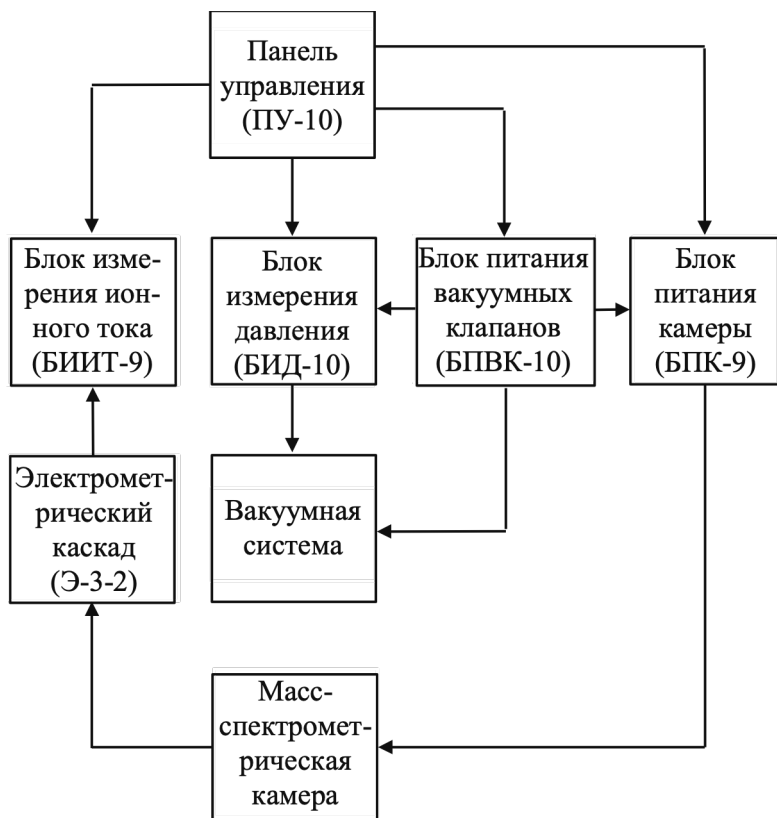


Рис. 2. Структурная схема течеискателя ПТИ-10

Электрическая схема течеискателя состоит из блока измерения ионного тока (БИИТ-9) с выносным электрометрическим каскадом (Э-3-2), блока питания камеры (БПК-9), блока измерения давления (БИД-10), блока питания вакуумных клапанов (БПВК-10) и панели управления (ПУ-10).

Вакуумная система течеискателя состоит из масс-спектрометрической камеры с постоянным магнитом, паромасляного насоса, двухступенчатого механического насоса, семи вакуумных клапанов, калиброванной гелиевой течи,

азотной ловушки, вакуумного датчика и термопарного манометрического преобразователя.

Схема вакуумной системы течеискателя ПТИ-10 представлена на рис. 3. Рабочее давление в масс-спектрометрической камере обеспечивается откачной системой, состоящей из механического (2НВР-5Д) и паромасляного (Н-0,025-2) насосов и азотной ловушки, защищающей камеру от замасливания. Корпус и токовводы масс-спектрометрической камеры герметизируются индиевыми прокладками, обеспечивающими легкую разборность и малое газовыделение.

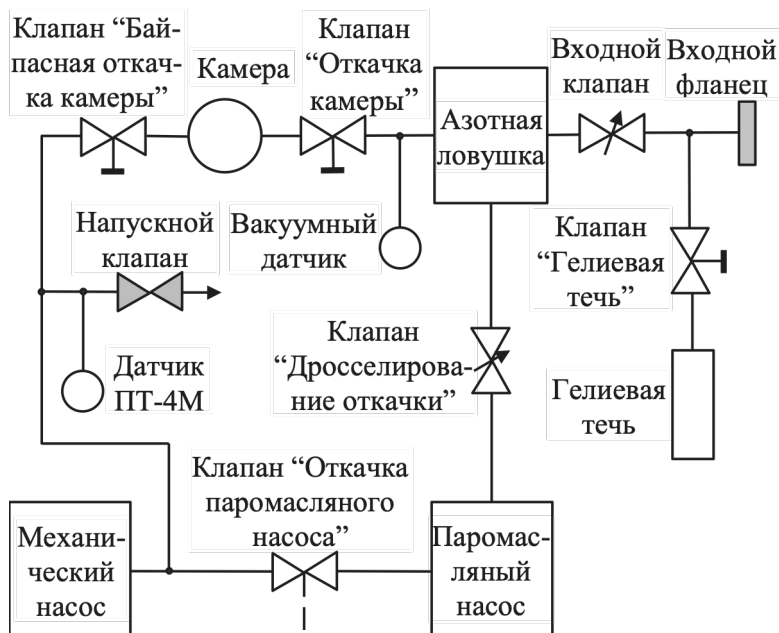


Рис. 3. Схема вакуумной системы течеискателя ПТИ-10

Контроль давления в линии предварительного разрежения и в высоковакуумном объеме течеискателя осуществля-

ется с помощью термпарного манометрического преобразователя ПТ-4М и магнитно-разрядного вакуумного датчика. Управление вакуумной системой течеискателя при его включении, выключении и в работе производится с помощью вакуумных клапанов. Блокировка защищает течеискатель от выхода из строя при внезапном прорыве атмосферного воздуха в высоковакуумную систему и при отключении сетевого напряжения.

3. Характеристика и назначение клапанов

«ВХОДНОЙ КЛАПАН» — дросселирующий сильфонный клапан с ручным управлением, предназначен для регулировки потока газа, поступающего из изделия или шупа в масс-спектрометрическую камеру.

Клапан «ОТКАЧКА КАМЕРЫ» — ручной сильфонный клапан, соединяет масс-спектрометрическую камеру с откачной системой течеискателя. Наличие этого клапана обеспечивает возможность изоляции камеры во время размораживания ловушки и вскрытия её в работающем течеискателе.

Клапан «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ» — дросселирующий сильфонный клапан с ручным управлением, предназначен для увеличения чувствительности течеискателя путем уменьшения быстроты откачки.

Клапан «ОТКАЧКА ПАРОМАСЛЯНОГО НАСОСА» — сильфонный клапан с электромагнитным приводом, предназначен для изоляции высоковакуумного объема течеискателя (паромасляный насос, азотная ловушка, камера) от механического насоса при его запуске и выключении, а также при байпасной откачке камеры. Клапан «ОТКАЧКА ПАРОМАСЛЯНОГО НАСОСА» автоматически закрывается при снятии питания, что обеспечивает защиту вакуумной системы течеискателя от выхода из строя при внезапном отключении сетевого напряжения (изоляция высоковакуумного объема от форвакуумного). Открывается клапан кнопкой «ПАРОМАСЛЯНЫЙ НАСОС–ОТКАЧКА», расположенной

на панели управления. Включение нагревателя паромасляного насоса осуществляется тумблером «НАГРЕВАТЕЛЬ».

Клапан «БАЙПАСНАЯ ОТКАЧКА КАМЕРЫ» — ручной сильфонный клапан, предназначен для байпасной откачки камеры механическим насосом после её вскрытия для смены катода, чистки, промывки в работающем течеискателе. Клапан расположен под задней легкосъёмной обшивкой.

Напускной клапан - клапан с электромагнитным управлением, предназначен для автоматического напуска атмосферного воздуха в механический насос. Подача напряжения питания на клапан осуществляется автоматически при включении течеискателя пакетным переключателем, расположенным на панели управления (ПУ-10). Клапан закрыт, когда подано напряжение питания, и открывается при его снятии. Время открытия клапана больше времени закрытия клапана «ОТКАЧКА ПАРОМАСЛЯНОГО НАСОСА». Это необходимо для предотвращения попадания атмосферного воздуха в горячий паромасляный насос.

Клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ» — сильфонный клапан с ручным управлением, открывается при калибровке течеискателя по гелиевой течи. Гелиевая течь «ГЕЛИТ-1» представляет собой устройство, дающее непрерывный неизменный по величине поток гелия. Действие течи «ГЕЛИТ-1» основано на диффузии гелия сквозь мембрану из плавленого кварца.

В комплекте течеискателя имеются две гелиевые течи. Одна гелиевая течь встроена в вакуумную систему и предназначена для определения чувствительности течеискателя в процессе его регулировки и эксплуатации. Расположение гелиевой течи за дросселирующим входным клапаном течеискателя обеспечивает возможность оценки реальной чувствительности испытаний при рабочем положении клапана. Для калибровки течеискателя на входном фланце устанавливается заглушка или изолируется присоединительная коммуникация. Входной клапан при этом полностью открывается. Величина потока встроенной гелиевой течи «ГЕЛИТ-1» имеет пределы $8 \cdot 10^{-8} - 5 \cdot 10^{-9}$ л торр/с.

Вторая гелиевая течь прикладывается к течеискателю. К этой течи прикладывается насадка. Насадка с помощью грибового уплотнения устанавливается на течи. Она позволяет зафиксировать положение всасывающего сопла шупа на определенном расстоянии от отверстия, через которое происходит истечение гелия, при этом поток гелия равен величине, указанной на шильдике течи. Для установления стационарного потока гелия через насадку течь с насадкой должна быть выдержана не менее 24-х часов. Величина потока этой течи лежит в пределах от $5 \cdot 10^{-7}$ до $8 \cdot 10^{-8}$ л торр/с.

4. Манометрические преобразователи

Для индикации давления в высоковакуумном объеме и в форвакуумной линии вакуумная система течеискателя содержит два манометрических преобразователя.

Преобразователь манометрический тепловой термомпарный ПТ-4М предназначен для индикации давления в форвакуумной линии. Диапазон давлений, индицируемых вакуумным датчиком ПТ-4М, от 10^{-3} до 10^{-1} торр.

Магнитный электроразрядный манометрический преобразователь - вакуумный датчик, предназначен для индикации давления в высоковакуумном объеме, присоединен к азотной ловушке. Диапазон давлений, индицируемых вакуумным датчиком, от 10^{-6} до 10^{-3} торр. Вакуумный датчик, кроме этого, является датчиком вакуумной блокировки.

5. Блок измерения давления

Блок измерения давления (БИД-10) содержит схемы питания, измерения и блокировки к вакуумному датчику и преобразователю ПТ-4М.

Схема питания и измерения к преобразователю ПТ-4М содержит стабилизированный источник питания накала манометра с регулировкой тока накала от 90 до 150 мА (установить 130 мА) и стрелочный прибор. Стрелочный прибор

кнопкой коммутируется из цепи измерения термо-ЭДС в цепь тока накала. В цепи нагревателя предел измерения прибора 150 мА, в цепи термо-ЭДС — 10 мВ. В ненажатом состоянии кнопки стрелочный прибор находится в цепи термо-ЭДС, т.е. измеряется давление по верхней шкале прибора, проградуированной в торр. В блоке также предусмотрена возможность питания и измерения термо-ЭДС внешнего преобразователя ПТ-4М. На задней стенке течеискателя имеется разъем «ПТ-4М» для подключения к внешнему преобразователю ПТ-4М. Коммутация схемы питания и измерения осуществляется с помощью переключателя «ПТ-4М» в позицию «ВНЕШ.» или «ВНУТР.»

Питание датчика высокого вакуума осуществляется постоянным напряжением $2\,500 \pm 60$ В. Тумблер «ФОРВАКУУМ–ВЫСОКИЙ ВАКУУМ» коммутирует измерительный прибор из схемы измерения термо-ЭДС ПТ-4М (форвакуум) в схему измерения тока вакуумного датчика (высокий вакуум). Предел измерения прибора в положении тумблера «ВЫСОКИЙ ВАКУУМ» — 500 мкА. Отсчет давления производится по средней линейной шкале стрелочного прибора. Градуировочная характеристика вакуумного датчика приведена на рис. 4.

Вакуумный датчик является также датчиком вакуумной блокировки. При увеличении давления в высоковакуумной системе увеличивается ток датчика до уровня срабатывания вакуумной блокировки, зажигается сигнал «ПЛОХОЙ ВАКУУМ» и отключается накал катода ионного источника. Для включения накала катода ионного источника после срабатывания вакуумной блокировки необходимо нажать кнопку «ДЕБЛОКИРОВКА», расположенную на панели управления ПУ-10. Схема вакуумной блокировки срабатывает при давлении $1\text{--}2 \cdot 10^{-4}$ торр, что соответствует 85–100 делениям средней шкалы стрелочного прибора БИД-10.

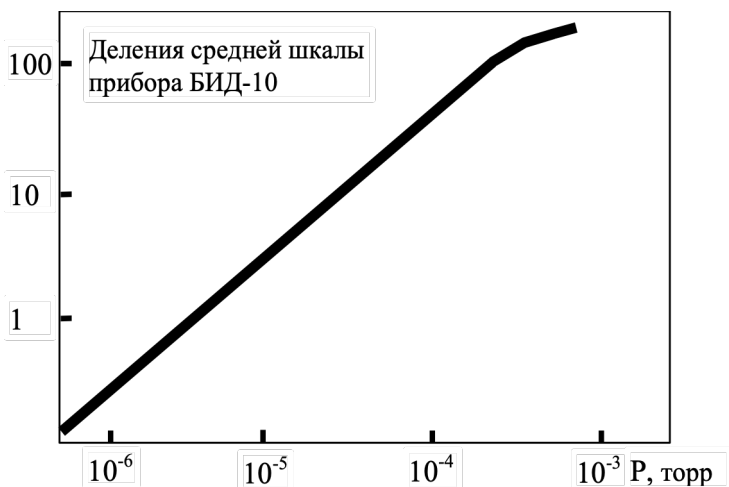


Рис. 4. Градуировочная характеристика вакуумного датчика

6. Блок измерения ионного тока

Блок измерения ионного тока (БИИТ-9) содержит электрометрический усилитель постоянного тока с выносным электрометрическим каскадом, стрелочный, акустический и световой индикаторы, схемы питания усилителя, акустического и светового индикаторов и схему компенсации фоновых сигналов. Вход электрометрического каскада подсоединен к коллектору ионов масс-спектрометрической камеры через вакуумно-плотный ввод. Коэффициент усиления по току усилителя с электрометрическим каскадом при разомкнутой обратной связи порядка 5 000. Усилитель постоянного тока охвачен 100% отрицательной обратной связью. С выхода усилителя сигнал снимается на стрелочный прибор, имеющий ряд добавочных сопротивлений. Шкала стрелочного прибора проградуирована в единицах напряжения и имеет пределы измерения в соответствии с положением переключателя «ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ» 0,1; 0,3; 1; 3; 10 и 30 В.

Для компенсации фоновых сигналов течеискателя в цепь обратной связи усилителя вводится в обратной фазе, по сравнению со снимаемым сигналом, регулируемое напряжение компенсации. Для обеспечения плавной регулировки напряжения компенсации весь диапазон разбит на два поддиапазона: от 0 до 6 В и от 0 до 30 В, которые устанавливаются переключателем «КОМПЕНСАЦИЯ ГРУБО». Плавная регулировка напряжения компенсации осуществляется потенциометром «КОМПЕНСАЦИЯ ПЛАВНО».

Сигнал с выхода усилителя постоянного тока через делитель поступает также на акустический индикатор И-3. Порог срабатывания индикатора И-3 устанавливается потенциометром «ЧАСТОТА». Регулировка громкости акустического индикатора производится потенциометром «ГРОМКОСТЬ». При увеличении выходного сигнала усилителя в случае обнаружения течи в индикаторе И-3 формируется пакет напряжения звуковой частоты, который подводится к громкоговорителю, и напряжение, подаваемое на разъем «ИНДИКАТОР». К разъему «ИНДИКАТОР» подключается световой индикатор. Вместо светового индикатора к течеискателю может быть подключен электронный потенциометр.

7. Блок питания камеры

Блок питания камеры (БПК-9) содержит источник питания катода ионного источника со схемами стабилизации тока эмиссии и ограничения пускового тока, а также источники ускоряющего, супрессорного и ионизирующего напряжений. Для обеспечения длительной работы катода ионного источника в блоке питания предусмотрено ограничение пускового тока накала катода, чтобы в период включения (до 15 с) он не превышал рабочий ток более, чем на 10–15%. Для снижения чувствительности течеискателя при индикации грубых течей предусмотрена возможность ступенчатого изменения тока эмиссии: 5; 0,5 и 0,1 мА. Установка нужной величины тока эмиссии и выключение накала катода ионного источника

осуществляется переключателем «ТОК ЭМИССИИ». Регулировка тока эмиссии в небольших пределах осуществляется потенциометром. Регулировка ускоряющего и супрессорного напряжений осуществляется соответствующими потенциометрами, выведенными под шлиц. Стрелочный прибор в соответствии с положением переключателя измеряет ток эмиссии, ускоряющее или супрессорное напряжение.

ПОРЯДОК РАБОТЫ

I. Исходное положение органов управления перед включением течеискателя

1. Панель управления:

— все клапаны закрыты — ручки повернуты против часовой стрелки до отказа, клапан под откидной крышкой также закрыт;

— выключатель сети — в положении «ВЫКЛ.»;

— тумблер «НАГРЕВАТЕЛЬ» — в нижнем положении.

2. Блок измерения ионного тока:

— переключатель «ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ» — в положении «30 V»;

— переключатель «КОМПЕНСАЦИЯ» — в положении «ВЫКЛ.».

3. Блок питания камеры:

— переключатель «ТОК ЭМИССИИ» — в положении «КАТОД ВЫКЛЮЧЕН»;

— переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ» — в положении «ТОК ЭМИССИИ».

4. Блок измерения давления:

— тумблер «ФОРВАКУУМ–ВЫСОКИЙ ВАКУУМ» - в положении «ФОРВАКУУМ»;

— переключатель «ПТ-4М» — в положении «ВНУТР».

II. Форвакуумная откачка течеискателя

На входном фланце должна быть установлена заглушка.

1. Переключатель сети установить в положение «ВКЛ». При этом должны начать работать механический насос и вентилятор паромасляного насоса, а также должны загореться индикаторы включения сетевого напряжения на лицевых панелях блока измерения ионного тока, блока питания камеры масс-анализатора и блока измерения давления.

2. Установить ток нагревателя преобразователя ПТ-4М:

— нажать кнопку «ТОК НАГРЕВАТЕЛЯ ПТ-4М»;

— потенциометром «ТОК НАГРЕВАТЕЛЯ ПТ-4М» установить по нижней шкале стрелочного прибора блока измерения давления ток, указанный на корпусе ПТ-4М (130 мА);

— кнопку отпустить.

3. Откачать объем до давления $3-5 \cdot 10^{-2}$ торр (по верхней шкале стрелочного прибора блока измерения давления).

4. Нажать и отпустить кнопку клапана «ОТКАЧКА ПАРОМАСЛЯНОГО НАСОСА» на панели управления, при этом должен загореться индикатор «ПАРОМАСЛЯНЫЙ НАСОС-ОТКАЧКА». Откачать объем паромасляного насоса до давления $3-5 \cdot 10^{-2}$ торр.

5. Открывая последовательно клапаны «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ», «ОТКАЧКА КАМЕРЫ», «ВХОДНОЙ КЛАПАН» и «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ», откачать вакуумную систему течеискателя до давления $3-5 \cdot 10^{-2}$ торр.

6. Закрыть клапаны «ОТКАЧКА КАМЕРЫ», «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ» и «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ».

Клапан «БАЙПАСНАЯ ОТКАЧКА КАМЕРЫ» открывается только после вскрытия камеры в работающем течеискателе. В процессе работы течеискателя он всегда закрыт.

III. Высоковакуумная откачка

1. Тумблер «ПАРОМАСЛЯНЫЙ НАСОС» установить в верхнее положение, при этом должен загореться индикатор «ПАРОМАСЛЯНЫЙ НАСОС».

2. Через 30–40 минут открыть клапан «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ». Тумблер «ФОРВАКУУМ–ВЫСОКИЙ ВАКУУМ» установить в положение «ВЫСОКИЙ ВАКУУМ». Откачать объем до давления $1\text{--}3 \cdot 10^{-5}$ торр, соответствующего 5–20 делениям средней шкалы стрелочного прибора блока измерения давления.

3. Открыть клапаны «ВХОДНОЙ КЛАПАН» и «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ». Откачать гелиевую течь до давления, соответствующего 5–20 делениям средней шкалы БИД-10. Закрыть клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ».

4. Залить в азотную ловушку жидкий азот.

5. Открыть клапан «ОТКАЧКА КАМЕРЫ». Откачать камеру до давления, соответствующего 5-ти делениям (не больше) средней шкалы стрелочного прибора блока измерения давления.

IV. Регулировка течеискателя

1. Провести форвакуумную и высоковакуумную откачку.

2. Исходное положение клапанов:

— клапаны «ОТКАЧКА КАМЕРЫ», «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ», «ОТКАЧКА ПАРОМАСЛЯНОГО НАСОСА» и «ВХОДНОЙ КЛАПАН» открыты;

— клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ» закрыт;

— на входном фланце установлена заглушка.

3. Отрегулировать нуль усилителя блока измерения ионного тока на всех шкалах, устанавливая переключатель «ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ» последовательно в положения «30 V», «10 V», «3 V», «1 V», «0,3 V» и «0,1 V» потенциометром «УСТАНОВКА НУЛЯ», установить стрелку прибора

блока измерения ионного тока на нуль. Переключатель «ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ» вернуть в положение «30 V».

4. Нажать кнопку «ДЕБЛОКИРОВКА».

5. Подать накал на катод ионного источника масс-спектрометрической камеры. Переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ» установить в положение «ТОК ЭМИССИИ» и переключатель «ТОК ЭМИССИИ» - в положение «5 мА». Через 10–15 с стрелка выходного прибора блока питания камеры должна отклониться на середину шкалы.

Внимание! Перед включением накала катода ионного источника необходимо проверить, открыт ли клапан «ОТКАЧКА КАМЕРЫ». Включение накала катода ионного источника при закрытом клапане «ОТКАЧКА КАМЕРЫ» приводит к сгоранию катода.

При необходимости коррекции тока эмиссии снять обшивку течеискателя с электронных блоков (БПК-9 и БИД-10) и потенциометром «ТОК ЭМИССИИ», расположенным на шасси блока питания камеры, установить стрелку прибора на середину шкалы. Обшивку установить на место. При снятой обшивке с блоков питания камеры и измерения давления не подается питание на вакуумный датчик, а следовательно, не работает схема вакуумной блокировки.

6. Проверить величину ускоряющего и супрессорного напряжений. Величина ускоряющего напряжения порядка 400 В. Величина супрессорного напряжения в зависимости от величины остаточного фона может лежать в пределах от 40 до 100 В (и более). Ускоряющее и супрессорное напряжение контролируется выходным прибором блока питания камеры в соответствующих положениях переключателя «ИЗМЕРЕНИЕ».

7. Открыть верхнюю заднюю обшивку и проверить правильность установки магнитной системы относительно масс-спектрометрической камеры. Южный полюс магнита (красный) должен быть расположен под камерой. Полюсный наконечник магнитной системы должен быть расположен

симметрично относительно разъема камеры на расстоянии 5-10 мм от него.

Окончательная регулировка ускоряющего напряжения, подстройка супрессорного напряжения и корректировка расположения магнитной системы производится по сигналу от гелиевой течи.

8. Открыть клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ». При этом гелий из гелиевой течи попадает в масс-спектрометрическую камеру. Выбирая удобные для отсчета шкалы выходного прибора блока измерения ионного тока, закрывая и открывая клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ», произвести предварительную регулировку ускоряющего и супрессорного напряжений и установку магнита в следующем порядке:

- открыть клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ» и после установления сигнала потенциометром «УСКОРЯЮЩЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ» настроиться на «пик гелия» — максимальное отклонение стрелки выходного прибора БИИТ-9;

- закрыть клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ» — если сигнал не спадает — значит это не «пик гелия», открыть еще раз клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ» и настроиться на «пик гелия»;

- потенциометром «СУПРЕССОРНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ» настроиться на минимальное значение фонового сигнала;

- установить магнит в положение, при котором значение фонового сигнала минимальное;

- открыть клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ» и потенциометром «УСКОРЯЮЩЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ» подстроиться на «пик гелия».

9. Провести окончательную настройку. Открывая и закрывая клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ», потенциометрами «УСКОРЯЮЩЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ» и «СУПРЕССОРНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ» и перемещением магнита добиться максимальной разности между величиной сигнала, соответствующему «пику гелия», и фоновым сигналом. После всякой регулировки супрессорного напряжения и передвижения магнитной системы, необходимо подстроить по гелиевой течи

ускоряющее напряжение. После установки магнита затянуть нижнюю гайку под основанием магнита.

V. Определение минимального регистрируемого потока гелия и цены деления выходного прибора

Для оценки чувствительности течеискателя предусмотрена гелиевая течь, расположенная со стороны входа течеискателя. Определение минимального потока гелия, регистрируемого течеискателем, и цены деления выходного прибора производится в следующем порядке.

1. Течеискатель откачать и настроить на «пик гелия».
2. Клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ» закрыт, остальные клапаны открыты. Определить амплитуду флюктуаций фонового сигнала по шкале «0,1 V» или «0,3 V» выходного прибора блока измерения ионного тока:

$$\Delta\alpha_{\Phi} = \alpha_{\Phi \max} - \alpha_{\Phi \min},$$

где $\Delta\alpha_{\Phi}$ — амплитуда флюктуаций фонового сигнала (мВ), $\alpha_{\Phi \max}$ и $\alpha_{\Phi \min}$ — максимальное и минимальное значение фонового сигнала (мВ).

3. Открыть клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ». Выбрать удобную для отсчета шкалу выходного прибора блока измерения ионного тока, определить установившееся значение величины сигнала от гелиевой течи (α_T).

4. Закрыть клапан «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ» и определить величину фонового сигнала (α_{Φ}).

5. Определить минимальный поток гелия Q_{\min} , регистрируемый течеискателем, по формуле

$$Q_{\min} = Q_T \Delta\alpha_{\Phi} / (\alpha_T - \alpha_{\Phi}),$$

где Q_T — величина потока гелиевой течи (указана на шильдике течи «Гелит-1»), (л торр/с).

6. Цена деления выходного прибора блока измерения ионного тока течеискателя

$$S_Q = Q_T / (\alpha_T - \alpha_\Phi).$$

7. Для определения чувствительности (Q_{\min}) течеискателя с дросселированием, прикрыть клапан «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ» так, чтобы величина сигнала от течи (α_T) обеспечивала чувствительность течеискателя, соответствующую техническим данным. Минимальный поток гелия, обнаруживаемый течеискателем с дросселированием откачки, определяется формулой

$$Q_{\min} = Q_T \Delta\alpha_\Phi / (\alpha_T - \alpha_\Phi),$$

где $\Delta\alpha_\Phi$ — амплитуда флюктуаций фонового сигнала при дросселировании откачки, равная $\Delta\alpha_\Phi = \alpha_{\Phi \max} - \alpha_{\Phi \min}$; α_T и α_Φ — величина сигнала от течи (Q_T) и величина фонового сигнала при дросселировании откачки; $\alpha_{\Phi \max}$ и $\alpha_{\Phi \min}$ — максимальное и минимальное значения скомпенсированного фонового сигнала при дросселировании откачки.

VI. Порядок работы при регулярной эксплуатации течеискателя

1. Исходное положение.

Входной фланец течеискателя соединен с испытуемым объектом или присоединен шуп. Испытуемый объект и все коммуникации предварительно откачаны. В системе течеискателя вакуум за исключением механического насоса. Все клапаны закрыты.

2. Переключатель сети установить в положение «ВКЛ». Откачать объем механического насоса до давления $3-5 \cdot 10^{-2}$ Торр (тумблер «ФОРВАКУУМ-ВЫСОКИЙ ВАКУУМ» — в положении «ФОРВАКУУМ»).

3. Нажать кнопку «ПАРОМАСЛЯНЫЙ НАСОС–ОТКАЧКА». Подать напряжение на нагреватель паромасляного насоса — тумблер «НАГРЕВАТЕЛЬ» установить в верхнее положение.

4. Через 30–40 мин. открыть клапан «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ». Тумблер «ФОРВАКУУМ–ВЫСОКИЙ ВАКУУМ» установить в положение «ВЫСОКИЙ ВАКУУМ». Откачать объем азотной ловушки до давления, соответствующего 5–15 делениям средней шкалы прибора БИД-10. Залить в азотную ловушку жидкий азот.

5. Проверить нуль усилителя блока измерения ионного тока на всех шкалах (от «30 V» до «0,1 V»). Переключатель «ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ» вернуть в положение «30 V».

6. Открыть клапан «ОТКАЧКА КАМЕРЫ». Откачать камеру до давления, соответствующего 3–5 делениям средней шкалы выходного блока измерения давления.

7. Нажать кнопку «ДЕБЛОКИРОВКА». Подать накал на катод ионного источника — переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ» блока питания камеры установить в положение «ТОК ЭМИССИИ», переключатель «ТОК ЭМИССИИ» — в положение «5 мА».

8. Плавно открывая входной клапан, соединить вакуумную систему течеискателя с испытуемым объектом. Постепенно открывать входной клапан до установления давления, соответствующего 40–70 делениям средней шкалы выходного прибора блока измерения давления. Приступить к отысканию течей, подавая на испытуемый объект гелий или смесь, содержащую гелий.

Если не обеспечена нужная чувствительность, увеличить её, прикрывая клапан «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ». При выборе метода работы учитывать увеличение постоянной времени изменения «пика гелия» с дросселированием.

9. Оценить величину натекания, руководствуясь п. IX.

VII. Методические рекомендации

Течеискатель обеспечивает контроль герметичности различных объемов и систем любыми методами с применением гелия в качестве пробного газа. При работе в условиях небольшой газовой нагрузки на течеискатель предусмотрено увеличение чувствительности дросселированием откачки.

При регистрации больших течей в течеискателе предусмотрена ступенчатая регулировка тока эмиссии ионного источника 5, 0,5 и 0,1 мА, а также возможность подключения внешнего манометрического преобразователя.

Чувствительность течеискателя не идентична чувствительности испытаний. Чувствительность испытаний определяется чувствительностью применяемого течеискателя, методом испытаний, схемой испытаний, длительностью и условиями подачи гелия на течь.

Основными методами испытаний являются: метод обдува и гелиевых чехлов, метод гелиевой камеры, метод барокамеры, метод накопления, метод шупа.

Независимо от размеров испытываемых объектов и соединительных коммуникаций, не допускается откачивать их от атмосферного давления насосами течеискателя.

Наибольшая чувствительность достигается в условиях, когда весь газовый поток линии, к которой подсоединен течеискатель, прокачивается через течеискатель. Поэтому испытания объектов, поток газовой выделения и натекания которых не превышает максимальный рабочий поток течеискателя, производится при отключенных средствах вспомогательной откачки и прокачке всего газового потока проверяемого объекта через течеискатель. Для течеискателя ПТИ-10 максимальный рабочий поток $Q_{\max} \sim 2 \cdot 10^{-3}$ л торр/с.

Для длительного сохранения чувствительности течеискателя при возможном поступлении загрязнений из проверяемого объекта рекомендуется на его входе установить ловушку, охлаждаемую жидким азотом.

Если объектом испытаний служит вакуумная система, течеискатель целесообразно присоединить к месту входа в механический насос с тем, чтобы обеспечить обнаружение течей во всех участках системы с наибольшей чувствительностью и оперативностью. Препятствовать работе может большой уровень фона, определяемый загрязнением форвакуумной части испытуемой системы.

Для испытаний объектов без собственных средств откачки могут быть рекомендованы вакуумные схемы, представленные на рис. 5.

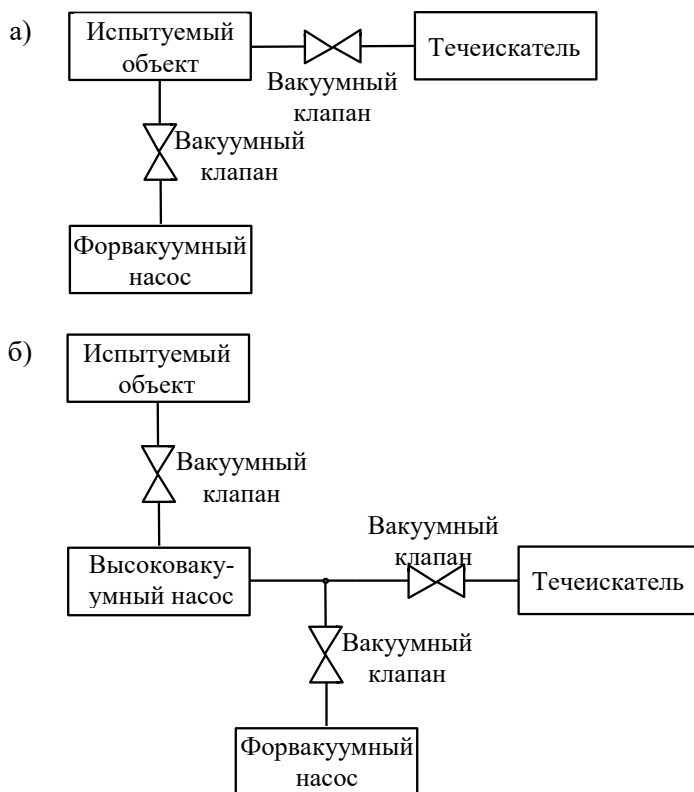


Рис. 5. Вакуумные схемы, применяемые при течеискании

Испытаниям по схеме рис. 5а, как правило, подвергают-ся объекты небольшого объема с малым газовыделением. При испытании объектов, суммарный газовый поток которых не превышает максимального рабочего потока течеискателя, вспомогательный механический насос целесообразно изолировать сразу после получения в объекте и соединительных коммуникациях предварительного разрежения и проводить испытания при полностью открытом входном дросселирующем клапане.

Схема, представленная на рис. 5б, позволяет, как правило, обеспечить наиболее высокую чувствительность и оперативность испытаний при изменении в широких пределах объема и газоотделения проверяемых объектов, длительности поступления гелия через течь. Эта схема обеспечивает максимальный отбор газа в течеискатель, малую постоянную времени и наибольшую реальную чувствительность поиска течей.

VIII. Проведение вакуумных испытаний на герметичность

1. Течеискатель включен, откачан, соединен с испытуемым объектом по одной из схем, представленных на рис. 5, и подготовлен к работе в соответствии с вышеизложенным. Манометрический преобразователь внешней вакуумной системы кабелем подключен к разъему «ПТ-4М», находящемуся на заднем щитке течеискателя.

2. Откачать объект и все соединительные коммуникации вспомогательным механическим насосом. Тумблер «ФОРВАКУУМ–ВЫСОКИЙ ВАКУУМ» установить в положение «ФОРВАКУУМ». Переключатель «ПТ-4М» — в положение «ВНЕШ.». За давлением следить по верхней шкале стрелочного прибора блока измерения давления.

3. При достижении в системе давления ниже 10^{-1} торр тумблер «ФОРВАКУУМ–ВЫСОКИЙ ВАКУУМ» установить в положение «ВЫСОКИЙ ВАКУУМ» и, открывая дросселирующий входной клапан течейскаателя, установить рабочее давление в течейскаателе (50–70 делений по средней шкале стрелочного прибора блока измерения давления).

Полному вскрытию дросселирующего входного клапана, необходимому для получения максимальной чувствительности, может препятствовать низкий предельный вакуум вспомогательного механического насоса (рис. 5а). В этом случае закрыть клапан вспомогательного механического насоса. Если при этом не будет происходить ухудшение давления в присоединительных коммуникациях и течейскаателе, полностью открыть входной дросселирующий клапан течейскаателя. Если после кратковременного ухудшения давления оно не возвращается к рабочему режиму (60–70 дел.), вернуться к схеме работы со вспомогательным механическим насосом.

При работе по схеме рис. 5б, если в системе после откачки механическим насосом удастся получить давление меньше, чем предельное выпускное давление вспомогательного паромасляного насоса, следует включить паромасляный насос, откачать систему, после чего установить в течейскаателе рабочее давление 60–70 делений по средней шкале стрелочного прибора блока измерения давления.

4. Включить накал катода ионного источника. В зависимости от требуемой чувствительности переключатель «ТОК ЭМИССИИ» на панели блока питания камеры установить в положение «5 мА», «0,5 мА» или «0,1 мА». Ток эмиссии устанавливается через 10–15 с после включения накала катода ионного источника.

5. Приступить к поиску течей. При поиске места течей объект необходимо обдуть гелием. Для определения суммарного натекания или выделения негерметичных участков объекта применяются камеры или чехлы, заполненные гелием.

IX. Оценка величины регистрируемого натекания

Величина натекания оценивается по формуле:

$$Q = S_Q (\alpha_T - \alpha_\Phi),$$

где S_Q — цена деления наиболее чувствительной шкалы выходного прибора блока измерения ионного тока (л торр/см В); α_T — сигнал по стрелочному прибору блока измерения ионного тока, обусловленный натеканием гелия из испытуемого объекта (мВ); α_Φ — фоновый сигнал течеискателя по стрелочному прибору блока измерения ионного тока (мВ).

При работе не с чистым гелием, а со смесью газов, содержащей гелий, необходимо учитывать концентрацию гелия в смеси газов (γ):

$$Q = S_Q (\alpha_T - \alpha_\Phi) / \gamma.$$

Таким образом, чувствительность испытаний не идентична чувствительности течеискателя. Для оценки величины натекания испытуемых объектов необходимо определить цену деления выходного прибора блока измерения ионного тока в конкретных условиях проведения испытаний. Цена деления S_Q определяется по формуле

$$S_Q = Q_T / (\alpha_T - \alpha_\Phi),$$

где Q_T — паспортная величина потока гелиевой течи, установленной в течеискателе (указана на шильдике течи «Гелит-І»), (л торр/с); α_T — отсчет по стрелочному прибору блока измерения ионного тока от гелиевой течи (мВ); α_Φ — фоновый отсчет течеискателя по стрелочному прибору блока измерения ионного тока (мВ).

Х. Контроль герметичности объектов с помощью щупа

Для контроля герметичности объемов, заполненных изнутри гелием или смесью газов, содержащих гелий, течеискатель комплектуется специальным щупом. Методика работы сводится к обследованию щупом наружной поверхности испытуемого объема. На рис. 6 приведена схема испытаний по методу щупа.

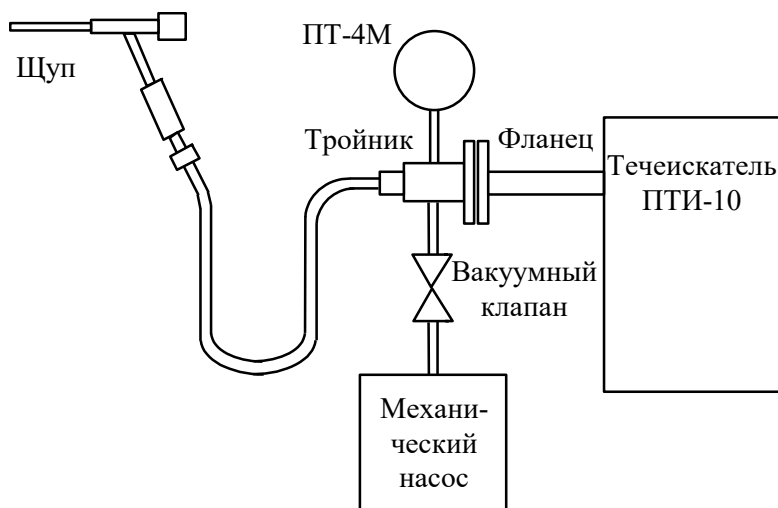


Рис. 6. Схема испытаний по методу щупа

1. Щуп подсоединяется к входному фланцу течеискателя с помощью гибкой трубки через тройник. К тройнику присоединяются внешний механический насос и манометрический преобразователь ПТ-4М. Кабель от внешнего преобразователя ПТ-4М подсоединить к разъему «ПТ-4М» течеискателя.

2. При полностью перекрытом щупе включить механический насос. Отрегулировать щуп таким образом, чтобы

давление по внешнему преобразователю ПТ-4М составляло ~ 0,1 Торр. Отрегулировать напуск газа в течеискатель входным дросселирующим клапаном до давления, соответствующего 60-70 делениям средней шкалы стрелочного прибора блока измерения давления. Методика работы сводится к обследованию шупом наружной поверхности испытуемого объекта, заполненного гелием или смесью газов, содержащей гелий.

3. Для увеличения чувствительности испытаний при работе со шупом, может оказаться полезным снижение скорости откачки камеры, осуществляемое клапаном «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ».

4. Для оценки чувствительности при работе со шупом к течеискателю дополнительно прилагается диффузионная гелиевая течь «Гелит-1» с насадкой. Течь с насадкой до оценки чувствительности должна быть выдержана не менее 24-х часов.

Примечание. Вместо шупа с соединительным трубопроводом может быть применен капиллярный зонд с диаметром внутреннего канала 0,1–0,3 мм. Зонд выполняется из материала, не сорбирующего гелий и обеспечивающего чистоту внутренней поверхности, например, из фторопласта. Длина зонда выбирается в зависимости от условий работы и диаметра внутреннего канала так, чтобы давление по внешнему преобразователю ПТ-4М составляло 0,1 торр.

5. Оценка общей герметичности испытуемого объекта или выделение негерметичных участков может производиться с помощью внешних чехлов, уплотняемых на поверхности. Изменение концентрации гелия в объеме чехла оценивается с помощью шупа. Повышение чувствительности таких испытаний обеспечивается увеличением длительности накопления гелия в чехле.

XI. Методика работы с акустическим и световым индикаторами

Исходя из условий работы и характера испытываемых изделий, в качестве индикатора течи помимо стрелочного прибора блока измерения ионного тока может быть выбран акустический индикатор. Акустический индикатор встроен в блок измерения ионного тока. Он имеет выходную мощность до 1 Вт с регулировкой уровня срабатывания.

К разъему течеискателя «ИНДИКАТОР» может быть подключен световой индикатор (неоновая лампа) или автоматический потенциометр.

Методика работы с акустическим и световым индикатором заключается в следующем.

1. К разъему «ИНДИКАТОР» подключить кабель светового индикатора.

2. Ручкой «ГРОМКОСТЬ» установить требуемую громкость акустического индикатора.

3. Потенциометром «ЧАСТОТА» установить срыв колебаний акустического и светового индикаторов (звука нет, лампа не зажигается) при данном значении фоновой сигнала. При работе с компенсацией срыв колебаний устанавливается при нулевом значении сигнала на любой шкале стрелочного прибора блока измерения ионного тока, кроме «0,1 В».

4. Возникновение сигналов акустического (появление звука) и светового (неоновая лампа мигает) свидетельствует об увеличении показаний стрелочного прибора блока измерения ионного тока (течь).

В некоторых случаях для уверенности в работе акустического и светового индикаторов удобнее устанавливать колебания не на срыв, а на минимальную частоту. В этом случае об обнаружении течи сигнализирует увеличение частоты колебаний акустического и светового индикаторов.

ХII. Порядок выключения течеискателя

1. Закрыть клапаны «ГЕЛИЕВАЯ ТЕЧЬ» и «ВХОДНОЙ КЛАПАН».
2. Переключатель «ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ» установить в положение «30 V».
3. Переключатель «ТОК ЭМИССИИ» установить в положение «КАТОД ВЫКЛЮЧЕН».
4. Закрыть клапан «ОТКАЧКА КАМЕРЫ».
5. Сжатым воздухом удалить жидкий азот из азотной ловушки.
6. Закрыть клапан «ДРОССЕЛИРОВАНИЕ ОТКАЧКИ» и выключить накал нагревателя паромасляного насоса — тумблер «ПАРОМАСЛЯНЫЙ НАСОС–НАГРЕВАТЕЛЬ» установить в нижнее положение.
7. Через 30 минут (после охлаждения паромасляного насоса) выключить течеискатель, установив переключатель сети в положение «ВЫКЛ.», при этом автоматически закрывается клапан «ОТКАЧКА ПАРОМАСЛЯНОГО НАСОСА», а затем открывается электромагнитный клапан напуска атмосферного воздуха в механический насос.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является изучение устройства и принципа работы гелиевого течеискателя «ПТИ-10» и приобретение практических навыков работы на установке.

В процессе работы необходимо провести регулировку течеискателя и определить минимальный регистрируемый поток гелия и цену деления выходного прибора.

