

заказчиком должно быть согласовано применение конкретной методики калибровки, которая содержит правило принятия решения.

Для примера калибровки течеискателя масс-спектрометрического гелиевого приводится сводная таблица значений, полученных в ходе проведения процедуры калибровки (Таблица 2).

В результате проведения процедуры калибровки должно получиться три измерения для каждой установленной меры потока. Все результаты измерений заносятся в протокол.

Таблица 2.

Определение основных метрологических характеристик						
№		$Q_{ЭТ}$	$Q_{изм}$	U_{ϕ}	Q	Δ_{rel}
Измерение 1						
i_1		$1,9 \cdot 10^{-10}$	$2,2 \cdot 10^{-10}$	$4,2 \cdot 10^{-11}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$	-5,8 %
i_2		$2,8 \cdot 10^{-9}$	$2,8 \cdot 10^{-9}$	$4,1 \cdot 10^{-11}$	$2,8 \cdot 10^{-9}$	-0,8 %
i_3		$2,8 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$7,0 \cdot 10^{-11}$	$3,0 \cdot 10^{-7}$	6,4 %
Измерение 2						
i_1		$1,9 \cdot 10^{-10}$	$2,0 \cdot 10^{-10}$	$3,3 \cdot 10^{-11}$	$1,7 \cdot 10^{-10}$	-11,6 %
i_2		$2,8 \cdot 10^{-9}$	$2,8 \cdot 10^{-9}$	$4,0 \cdot 10^{-11}$	$2,8 \cdot 10^{-9}$	-0,7 %
i_3		$2,8 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	$3,0 \cdot 10^{-7}$	6,4 %
Измерение 3						
i_1		$1,9 \cdot 10^{-10}$	$2,4 \cdot 10^{-10}$	$3,8 \cdot 10^{-11}$	$2,0 \cdot 10^{-10}$	6,9 %
i_2		$2,8 \cdot 10^{-9}$	$2,9 \cdot 10^{-9}$	$3,7 \cdot 10^{-11}$	$2,9 \cdot 10^{-9}$	3,0 %
i_3		$2,8 \cdot 10^{-7}$	$3,1 \cdot 10^{-7}$	$7,2 \cdot 10^{-11}$	$3,1 \cdot 10^{-7}$	9,9 %
Примечание: $Q_{ЭТ}$ – значение потока воспроизводимое i -ой эталонной мерой потока, Па·м ³ /с; $Q_{изм.}$ – показания течеискателя при открытом клапане с установленной эталонной мерой потока, Па·м ³ /с; U_{ϕ} – фоновый сигнал течеискателя при закрытом клапане с установленной эталонной мерой потока, Па·м ³ /с; Q – измеренное калибруемым течеискателем значение потока, Па·м ³ /с; Δ_{rel} – относительная погрешность измерений потока, %.						

В таблице 3 представлен пример определения расширенной неопределенности результатов измерений, полученных в процессе процедуры калибровки.

Таблица 3.

Определение расширенной неопределенности измерений.						
Значение эталонной меры потока $Q_{ЭТi}$	Среднее значение относит. погреш. $\bar{\Delta}_{rel(i)}$	Неопределенность типа А $u_A(\bar{Q}_{rel(i)})$	Неопределенность типа В $u_B(Q_{ЭТ(i)})$		Относительная суммарная стандартная неопределенность $u_{rel,c}(\bar{\Delta}_{rel(i)})$	Относительная расширенная неопределенность $U_{rel(0,95)}(\bar{\Delta}_{rel(i)}) (k=2)$
$1,9 \cdot 10^{-10}$	-3,5 %	$1,03 \cdot 10^{-11}$	$4,73 \cdot 10^{-12}$		$1,136 \cdot 10^{-11}$	6,01 %
$2,8 \cdot 10^{-9}$	0,5 %	$3,45 \cdot 10^{-11}$	$4,17 \cdot 10^{-11}$		$5,412 \cdot 10^{-11}$	1,95 %
$2,8 \cdot 10^{-7}$	7,5 %	$3,33 \cdot 10^{-9}$	$4,23 \cdot 10^{-9}$		$5,383 \cdot 10^{-9}$	1,91 %

ВЫВОДЫ

Разработанная методика опробована и утверждена в установленном порядке, успешно применяется в подразделении ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» для калибровки течеискателей масс-спектрометрических гелиевых.

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» выполняет разработку методик калибровки под конкретные задачи заказчика, или проводит согласование разработанной методики. В

зависимости от потребностей заказчика процедура калибровки может быть проведена как с применением государственного вторичного (рабочего) эталона потока газа в вакууме в диапазоне от $1,0 \cdot 10^{-12}$ до $1 \text{ Па} \cdot \text{м}^3/\text{с}$ (ГВЭТ 49-2-2006), так и с применением средств измерений заказчика, прослеживаемых к ГВЭТ 49-2-2006.

Калибровка течеискателей масс-спектрометрических гелиевых позволяет осуществить метрологическое обеспечение приборов, находящихся вне сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений, но применяемых на предприятиях. Точность и достоверность показаний приборов, подтвержденная в ходе процесса калибровки, позволяет не допустить ошибочного принятия решения о годности или негодности испытываемых изделий на предприятиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Д.М. Фомин, Н.Р. Николаева, Н.И. Козлов. Проведение испытаний течеискателей масс-спектрометрических гелиевых МС-4 с целью утверждения типа средства измерений. Вакуумная техника и технология, 2015, №2 (25), стр. 97-99.

2. Федеральный закон Российской Федерации от 26.06.2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений»

3. K. Jousten, K. Arai, U. Becker, O. Bodnar, F. Boineau, J. A. Fedchak, V. Gorobey, Wu Jian, D. Mari, P. Mohan, J. Setina, M. Vicar, Yu Hong Yan. Draft B report Results and evaluation of key comparison CCM.P-K12 for very low helium flow rates (leak rates), Metrologia, 2013, p. 50.

ЛУЧШИЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОДУКТЫ ВЫСТАВКИ «VacuumTechExpo 2020»

THE BEST INNOVATIVE PRODUCTS FROM «VacuumTechExpo 2020»

С. Б. Нестеров, (ORCID: 0000-0002-7457-4213)/ sb.nesterov@vacuum.org.ru

S.B.Nesterov (ORCID : 0000-0002-7457-4213)

Российское научно-техническое вакуумное общество им. академика С.А.Векшинского

Приведено краткое описание лучших инновационных продуктов выставки вакуумного и криогенного оборудования «ВакуумТехЭкспо 2020».

The best innovative products presented in the «VacuumTechExpo 2020» are described here.

27 – 29 октября 2020 года в Москве, в МВЦ «Крокус Экспо» проходила очередная XV международная выставка вакуумного и криогенного оборудования «VacuumTechExpo 2020». Организатор выставки - Международная выставочная компания. Выставка проводилась при поддержке Российского научно-технического вакуумного общества им. академика С.А. Векшинского.

Участники продемонстрировали вакуумные насосы и камеры, вакуумметры, преобразователи давления, вакуумную арматуру и установки для нанесения функциональных покрытий, вакуумные печи и сушильные шкафы, а также крионасосы, криоловушки и кулеры. На выставке было представлено много новинок оборудования российского и зарубежного производства, которые вызвали интерес потенциальных покупателей – специалистов, заинтересованных в выборе оборудования для предприятий различных отраслей российской промышленности.

В очередной раз проводился конкурс «Лучший инновационный продукт в сфере высоких технологий».

Победителями конкурса стали 7 инновационных продуктов, которые были отмечены памятными призами. Эти 7 продуктов отражают современный уровень и тенденции развития мировой и отечественной вакуумной техники и технологии.



Рис.1. Призы победителям конкурса.

ООО «ОКБМ-ТО», г. Калининград. Установка для герметизации электродов ЛБКЯ.442352.015-02

Установка предназначена для проведения процесса электростатической сварки оптических деталей в вакууме, который обеспечивает герметизацию металлических электродов и штенгеля в диэлектрическом корпусе оптического изделия (например, лазерного гироскопа).

Технологические операции откачки колпака и нагрева изделий по заданной циклограмме выполняются в автоматическом режиме.

Конструкция установки обеспечивает ее эксплуатацию в особой производственной зоне.



Рис.2

Основные отличия установки:

1. Выполнение технологического процесса герметизации электродов в полуавтоматическом режиме работы установки позволяет повысить производительность и выход годных оптических изделий.
2. Минимальные размеры и моноблочное конструктивное исполнение установки, позволяют разместить установку на меньшей площади и снизить затраты на ежедневное техобслуживание в особо чистой производственной зоне.

В этом году ООО «ОКБМ-ТО» изготовлено 6 установок герметизации электродов для предприятия квантовой электроники, изготавливающего отечественные навигационные системы, в том числе для нового пассажирского самолета МС-21.

ООО «ЮЭйч Вакуум», г. Москва. Турбомолекулярный насос российского производства UHVacuumRST 80



Рис.3

Турбомолекулярный насос российского производства UHVacuumRST 80 обладает характеристиками:

- Быстрота действия по азоту – 75 л/с
- Предельное давление – $3.2 \cdot 10^{-9}$ мбар
- Давление запуска – 100 мбар
- Скорость вращения ротора ТМН – 81000 об/мин
- Время старта – менее 2-х минут
- Масса – 3 кг
- Возможность адаптации под контроллер стороннего производителя
- Использование керамических подшипников с консистентной смазкой
- Устойчивость к прорыву атмосферы
- Устойчивость к вибрагрузкам
- Отсутствие магнитного поля
- Фланец ISO63, CF63 или KF40 на выбор Заказчика

Насосы эффективно используются как в качестве самостоятельных единиц, так и в составе откачных постов на их основе такими организациями, как НИЦ «Курчатовский институт», ФТИ «Иоффе», МГТУ им. Н. Э. Баумана, ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН и другие.

**Закрытое акционерное общество «Микроэлектронные нормализаторы и системы»,
г.Ульяновск. Датчики давления для вакуумной техники**

С 2019 г. в ПГ МИДА выпускаются эталонные датчики абсолютного, избыточного давления, разрежения, давления-разрежения класса 0,05 %. Для применения в вакуумной технике разработан эталонный датчик абсолютного давления МИДА-ДА-15-Э с фланцевым присоединением KF25.

В эталонных датчиках используются тензопреобразователи на основе гетероэпитаксиальных структур «кремний на сапфире», что обеспечивает высокую точность, стабильность и надежность приборов. Эти датчики обеспечивают суммарную погрешность <0,05% в диапазоне температур от +10 °С до +40 °С. Коррекция нелинейности и температурной погрешности выполняется в электронном блоке датчика, при этом термочувствительным элементом является мостовая измерительная схема ТП, что позволяет снять вопрос о равенстве температуры преобразователя и термочувствительного элемента. Настройка и последующее считывание результатов измерений осуществляется посредством интерфейсов RS-485. Для взаимодействия с датчиками используется протокол Modbus. Следует отметить высокое быстродействие таких датчиков, достигаемое за счет применения производительного микроконтроллера и высокоскоростного АЦП. Так, минимальное время измерения (с момента получения команды датчиком и до момента выдачи сообщения с результатом) для датчиков МИДА-15 равно 25 мс. Максимальное время ответа зависит от таких настроек, как количество точек усреднения, использование аппаратного фильтра, интервал проведения измерений. Разрешающую способность удалось улучшить до 0,3 Па за счёт использования 24-х битных АЦП в сравнение с разрешением порядка 2 Па у приборов на 16-ти битных АЦП.

Эти датчики внесены в реестр средств измерений РФ. В конце 2019 года произошло расширение аккредитации метрологической службы ЗАО МИДАУС, и теперь предприятие имеет право на самостоятельную периодическую поверку приборов давления класса 0,05 %.

В научно-исследовательской лаборатории ПГ МИДА было проведено сличение эталона 1-го разряда (манометр абсолютного давления МПА-15) с датчиками МИДА-ДА-15-Э на давление 100 кПа.

На сегодняшний день датчики МИДА-ДА-15-Э уже успешно прошли предварительную проверку в термобарокамере и эксплуатируются в ООО «СТиКС».



Рис.4. Эталонный датчик абсолютного давления МИДА-ДА-15-Э с хомутом для присоединения к вакуумной системе.



Рис.5 Эталонный датчик абсолютного давления МИДА-ДА-15-Э с фланцем KF25.

ООО «НПП «НИТТИН», г. Белгород. Высоковакуумная автоматическая установка для нанесения пленок тугоплавких металлов платиновой группы (Os, Ir, Re и другие) и их сплавов на рабочую поверхность металлопористых катодов методом ионно-плазменного напыления

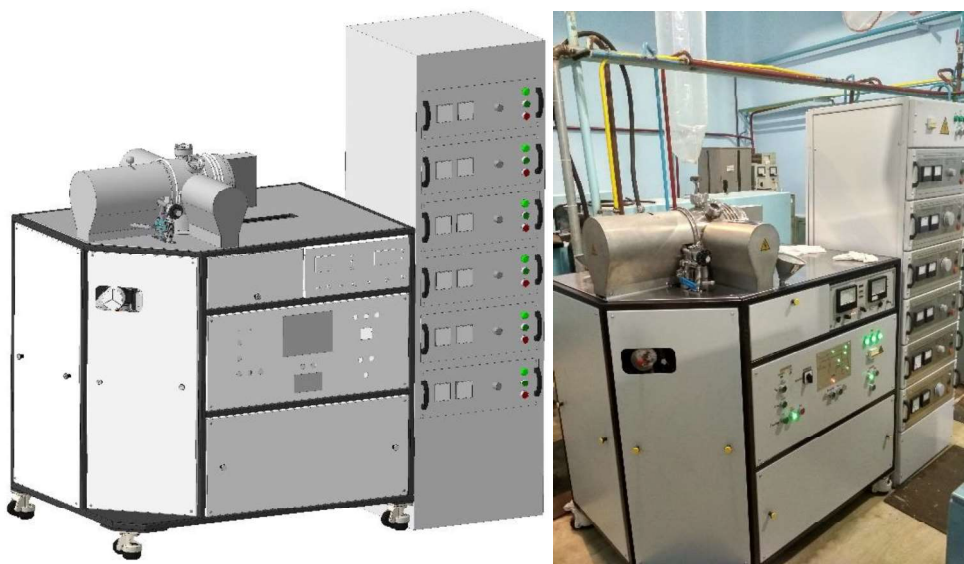


Рис.6

Установка включает в себя вакуумную электрическую установку камерного типа, установленную на монтажной раме, и стойку с блоками электропитания и управления.

Установка в автоматическом режиме в одном цикле обеспечивает воспроизводимые технологические процессы травления поверхности спеченных металлопористых катодов и последующего нанесения на их поверхность тонких пленок из тугоплавких металлов с максимальным диаметром обрабатываемых объектов — до 100 мм.

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, г. Калининград. Система импульсно-лазерного осаждения

Установка включает в себя прямоугольную вакуумную камеру, с установленными под различными углами вакуумными портами. Камера оснащена передней дверцей, установленной на регулируемых петлях. Уплотнение крышки осуществляется при помощи резинового шнура. В крышке расположен патрубок, на котором установлено смотровое окно, позволяющее осуществлять визуальный контроль процесса лазерной абляции. В правой стенке камеры расположены три

порта CF63, в том числе, один, установленный под углом к стенке, служащий для установки пирометра и контроля температуры подложки. На верхней стенке установлен порт подачи газа, для установки регулятора расхода газа в составе газовой линейки, а также ввод вращения. Ввод вращения позволяет осуществлять смену мишеней, установленных в держателе мишеней на несколько позиций. На задней стенке предусмотрен порт CF100 для установки откачной системы. Нижняя стенка оснащена фланцем CF150, на который установлен адаптер для двух портов CF35, служащих для установки ввода вращения, электрического и термодарного ввода. Внутри камеры смонтирована колонна, несущая на себе несколько кронштейнов, на которых установлена система инфракрасного нагрева образца до 800 °С. Образец, в процессе синтеза тонкой пленки, способен вращаться вокруг своей оси. Вращение образца осуществляется при помощи ввода вращения и системы шестерен. Нагрев образца осуществляется при помощи инфракрасного нагревателя, установленного в вакууме и водоохлаждаемого фокусирующего эллиптического рефлектора. Имеется возможность регулирования расстояния между подложкой и мишенью, за счет установки кронштейнов на разной высоте. Вакуумная камера смонтирована на раме из алюминиевого конструкционного профиля, на которой также установлен электропривод ввода вращения.

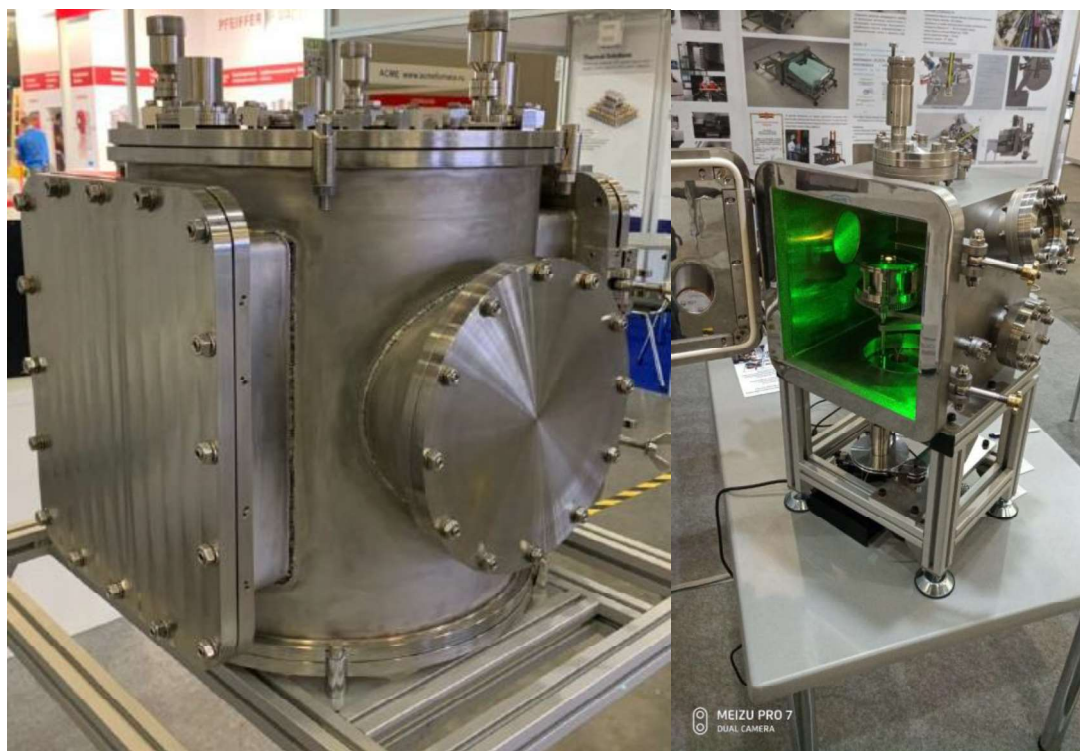


Рис 7

АО «Интек Аналитика», г. Санкт-Петербург. Насос вакуумный криогенный
HSR VELCO 2000 Xe

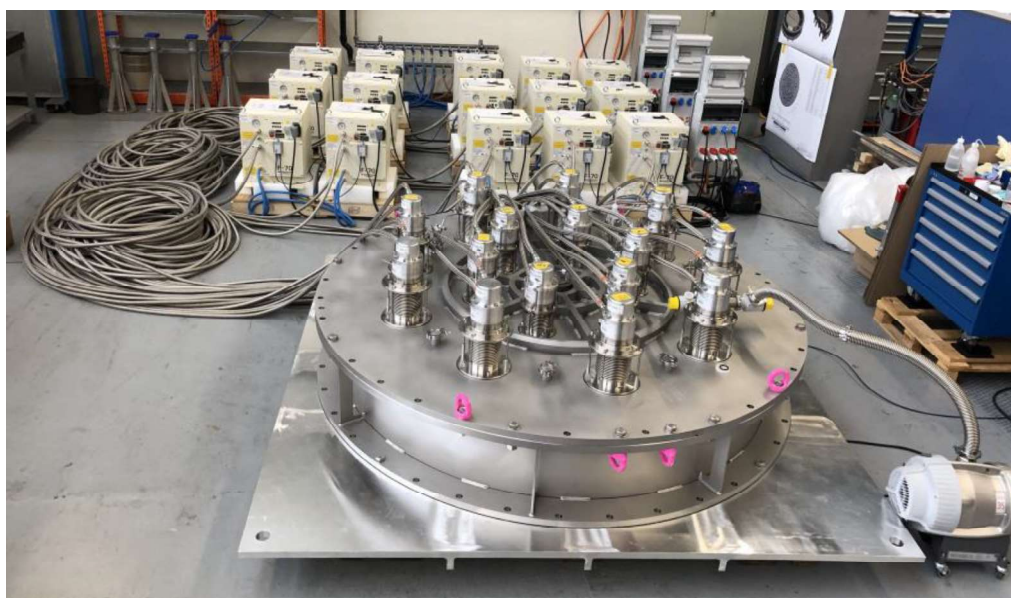


Рис.8

В 2020 году компания HSR AG (Лихтенштейн, Бальцерс, FL-9496) завершила разработку, изготовление и испытание уникального вакуумного криогенного насоса VELCO 2000 Xe для использования в камере испытания ксенонных плазменных подруливающих двигателей с ультравысокими характеристиками: 300 мг/с при давлении 10^{-4} мбар. При создании насоса компания использовала много запатентованных технологий, созданных за двадцать лет своей работы и смогла выполнить высочайшие технические требования заказчика по откачке ксенона. Достижение откачных характеристик обеспечивается сочетанием криорефрижераторов различного типа. Насос спроектирован с возможностью обслуживания без демонтажа с вакуумной камеры, что обеспечивает многолетнюю работу насоса. Технические параметры насоса, указанные ниже, хорошо иллюстрируют высокий уровень инноваций.

Параметры камеры:

- Вакуумная камера: диаметр 2 м, длина 6 м
- Насос VELCO 2000 Xe, установленный в торце камеры
- Насосы VELCO 1250 Xe (6 шт.), установленные на корпусе камеры
- Общая быстрота действия насосов для откачки Xe: 560 000 л/с

Комплектация VELCO 2000 Xe

- Количество криорефрижераторов: 15 шт.
- Количество компрессоров: 15 шт.
- Количество температурных сенсоров: 8 шт.
- Длина гибких гелиевых шлангов: 40 м
- Масса: 2 200 кг
- Габариты: Диаметр 2260 x 771 мм
- Контроллер крионасоса НСС 200 с ЭКО режимом энергопотребления
- Дополнительный дисплей НСЕ 200

АО «ВАКУУМ.РУ», г. Москва, Зеленоград. Высокопроизводительный форвакуумный безмасляный насос с воздушным охлаждением компании Edwards



Рис.9

Насос специально разработан для проектов, где возможно только воздушное охлаждение оборудования. Мощный винтовой вакуумный насос с быстротой действия 300 куб.м/ч и предельным остаточным давлением меньше 0,01 мбар.

Насос EDS подходит для применения в различных отраслях, в том числе:

- литий-ионные аккумуляторы
- сублимационная сушка
- производство солнечной энергии
- чистые химикаты
- напыление тонкопленочных покрытий
- фармацевтическая промышленность
- автомобильные покрытия
- покрытие промышленного стекла
- термическая обработка
- твердая пайка
- экструзия пластика



Рис.10

Не вызывает сомнений, что выставка VacuumTechExpo будет и дальше содействовать развитию инноваций в России.