

УДК 53.089.6

АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОВЕРОЧНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ИЗМЕРЕНИЯ ВАКУУМА И ДАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО ЦЕНТРА МЕТРОЛОГИИ В ГОРОДЕ СЕВАСТОПОЛЕ

Белая М.Н., Юдина Т.В.*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Севастополь,
e-mail: belaya_079@mail.ru*

В статье рассмотрена поверочная лаборатория измерения вакуума и давления Территориального центра метрологии в г. Севастополе. Основными заказчиками метрологических услуг (метрологических работ) являются судоремонтные предприятия, судостроительные предприятия, учреждения военно-медицинской службы (поликлиники, госпитали, войсковые части), корабли, суда обеспечения, войсковые части и отдельные образцы военной техники. Для осуществления своей деятельности поверочная лаборатория измерения вакуума и давления Территориального центра метрологии в г. Севастополе должна периодически подтверждать свою компетентность, соответствие требованиям, установленным Министерством обороны Российской Федерации к воинским частям и подразделениям, осуществляющим деятельность в области обеспечения единства измерений. В статье представлен анализ области деятельности поверочной лаборатории измерения вакуума и давления Территориального центра метрологии в г. Севастополе. Проведен причинно-следственный анализ и построена диаграмма, отображающая взаимосвязи между качеством результата проверки средств измерений и причинами, влияющими на данное качество. Определены основные факторы: персонал, методы, эталоны, условия проведения. Для каждого основного фактора определены влияющие факторы. Используя результаты причинно-следственного анализа, предлагается разработать номенклатуру показателей, характеризующих качество проведения проверки средств измерений, что позволит лабораториям проводить самооценку своей деятельности (аудит процесса). Рассмотрена возможность применения контрольных карт при оценивании стабильности для исследования измерительного процесса проверки.

Ключевые слова: проверка, измерение, средство измерения, рабочее средство измерения, образцовое средство измерения

ANALYSIS OF THE METROLOGICAL ACTIVITY OF THE VERIFICATION LABORATORY OF VACUUM AND PRESSURE MEASUREMENT OF THE TERRITORIAL CENTER OF METROLOGY IN THE CITY OF SEVASTOPOL

Belaya M.N., Yudina T.V.*Sevastopol State University, Sevastopol, e-mail: belaya_079@mail.ru*

The article discusses the verification laboratory for measuring vacuum and pressure of the Territorial Center of Metrology in the city of Sevastopol. The main customers of metrological services (metrological works) are ship repair enterprises, shipbuilding enterprises, military medical service institutions (clinics, hospitals, military units), ships, supply vessels, military units and individual samples of military equipment. To carry out its activities, the verification laboratory for measuring vacuum and pressure of the Territorial Center of Metrology in the city of Sevastopol must periodically confirm its competence to the requirements established by the Ministry of Defense of the Russian Federation for military units and subdivisions carrying out activities in the field of ensuring the uniformity of measurements. The article presents an analysis of the scope of activities of the verification laboratory for measuring vacuum and pressure of the Territorial Center of Metrology in the city of Sevastopol. A causal analysis was carried out and a diagram was built showing the relationship between the quality of the result of verification of measuring instruments and the reasons that affect this quality. The main factors are determined: personnel, methods, standards, conditions of conduct. For each major factor, influencing factors are identified. Using the results of the cause-and-effect analysis, it is proposed to develop a nomenclature of indicators characterizing the quality of the verification of measuring instruments, which will allow laboratories to conduct a self-assessment of their activities (process audit). The possibility of using control charts in assessing stability for the study of the measuring process of verification is considered.

Keywords: verification, measurement, measuring instrument, working measuring instrument, model measuring instrument

Лаборатория проверки средств измерения вакуума и давления Территориального центра метрологии в г. Севастополе проводит проверку рабочих и образцов средств измерений (СИ), техническое обслуживание и ремонт СИ для судоремонтных и судостроительных предприятий, учреждений военно-медицинской службы, кораблей, судов обеспечения, войсковых

частей и отдельных образцов военной техники. Для осуществления деятельности в области обеспечения единства измерений лаборатория должна иметь оборудование, средства измерения, программное обеспечение, эталоны, и вспомогательные устройства, что необходимо для надлежащего осуществления лабораторной деятельности [1, 2].

Цель исследования: рассмотреть деятельность поверочной лаборатории измерения вакуума и давления территориального центра метрологии в г. Севастополе. Провести причинно-следственный анализ и выявить факторы, влияющие на качество результата поверки.

Материалы и методы исследования

РМГ 128-2013 гласит, что обеспечение выполнения обязательных требований к рабочим условиям в помещениях для лабораторий, осуществляющих измерения (стабильная температура, низкий уровень вибрации и т.д.), закладывают на стадии проектирования лаборатории [3].

Поверочное подразделение Территориального центра метрологии размещено в специальном здании вдали от высоковольтных линий электропередач, контактной электросети (электротранспорта), источников вибрации, шума (с уровнем выше 90 дБ), радиопомех (электросварочного и высокочастотного электрооборудования) и от объектов, создающих сильные магнитные или электрические поля (преобразовательных подстанций, установок индукционного нагрева и т.п.) [4].

Лаборатория поверки средств измерения вакуума и давления Территориального центра метрологии в г. Севастополе оснащена рабочими местами, оборудованием и необходимыми условиями для проведения работ. Помещение для поверки и условия окружающей среды являются пригодными для осуществления лабораторной деятельности и не оказывают не-

гативного влияния на достоверность получаемых результатов. Общие требования к помещению установлены в Инструкции по технике безопасности при поверке средств измерения давления, вакуумных средств измерения. Инструкция находится непосредственно в данном помещении. Согласно ей, все поверочное оборудование на рабочих местах, предназначенных для снятия градуировочных характеристик, устанавливается таким образом, чтобы была обеспечена безопасность обслуживания оборудования и удобство наблюдения за показаниями поверяемых и образцовых приборов. Установлены требования, соблюдение которых необходимо перед началом, во время и по окончании работы. Так, например, перед началом работы в лаборатории должны находиться инструменты и другие вещи, предназначенные для работы с приборами измерения вакуума и давления (гаечные ключи, ветошь, отвертки), защитные средства (халаты, защитные кремы для рук). Гидропресс устанавливается на прочном основании, не подвергающемся вибрации, а грузы хранятся в месте, исключающем их самопроизвольное смещение. При установке и снятии манометров с пресси следует пользоваться двумя исправными ключами. По окончании работы рабочее место приводится в порядок, а промасленная ветошь убирается из помещения с целью предотвращения ее самовозгорания.

Лаборатория имеет перечень закрепляемой за личным составом измерительной техники, представленный в таблице.

Перечень измерительной техники

№	Наименование ценности	Тип	Категория
1	Манометр грузопоршневой	МП-0,4	2
2	Манометр грузопоршневой	МВП-2,5	2
3	Манометр грузопоршневой	МП-6	2
4	Манометр грузопоршневой	МП-60	2
5	Манометр грузопоршневой	МП-600	2
6	Манометр грузопоршневой переносной	МПП-60М	2
7	Микроманометр	МКВ-250	2
8	Калибратор избыточного давления	КИД-П-5	2
9	Измерительный микроскоп	МПБ-2	2
10	Секундомер механический	СОПрр-2а	2
11	Индикатор часового типа	ИЧ-10	2
12	Гигрограф	М-21АН	2
13	Психрометр аспирационный	МВ-4М	2
14	Термометр ртутный	ТЛ-4	2
15	Набор гирь	Г-3-21,105; Г-4-1110; Г-3-210; МГ-4-1110-10	2

Также имеется перечень вспомогательного оборудования и ЗИП, в который входит газожидкостная разделительная камера, вакуумный насос и камера «Индрика».

В итоге в поверочной лаборатории должны находиться и храниться следующие инструкции:

- инструкция «Общие меры электробезопасности»;
- инструкция по технике безопасности при поверке средств измерения давления и вакуума;
- инструкция по технике безопасности при поверке кислородных манометров;
- инструкция по оказанию первой помощи при поражении электрическим током;
- инструкция по мерам пожарной безопасности.

За каждым прибором закреплено место эксплуатации (хранения) и ответственный за эксплуатацию.

Каждое рабочее место аттестовано и имеет паспорт. Например, Паспорт на рабочее место № 11.1.1 по аттестации (поверке) кислородных манометров цифровых, манометров и вакуумметров деформационных с условными шкалами ВО, МО. Такая документация также находится в данном помещении. В паспорте содержится описание рабочего места. Так, рабочее место РМ № 11.1.1 предназначено для аттестации (поверки) кислородных средств измерений давления и вакуума:

- манометры цифровые 3 и 4 разряда;
- манометры и вакуумметры деформационные с условными шкалами ВО, МО 3 и 4 разряда.

Указаны требования к условиям окружающей среды [5]:

- температура 20 ± 2 °С;
- относительная влажность 30–80 %;
- атмосферное давление 710 ± 80 мм рт. ст.;
- напряжение $220 \pm 4,4$ В;
- частота сети $50 \pm 0,5$ Гц.

Требования, устанавливаемые для помещений и условий окружающей среды [6], необходимых для осуществления лабораторной деятельности, должны быть документированы. Также лаборатория должна осуществлять мониторинг условий окружающей среды, управлять ими и регистрировать их в соответствии с техническими требованиями, методами и методиками в случаях, когда они влияют на достоверность результатов [6, 7]. Для соблюдения данных требований ведется журнал температурно-влажностного режима (ТВР), также находящийся постоянно в лаборатории измерения вакуума и давления. Для этого в помещении имеется комплект средств измерений поста ТВР, а именно

термометр, гигрограф, психрометр аспирационный. Комплект документации поста ТВР содержит:

- подшитые использованные с начала года ленты гигрографа;
- журнал учета температуры;
- копии свидетельств о поверке средств измерений поста ТВР.

Средства измерения размещены на высоте 1500 мм от пола, в местах, исключающих прямое воздействие отопительных систем, наружного воздуха и вибраций. Периодичность учета параметров окружающей среды в соответствии с требованиями нормативно-технической документации на аттестацию эталонов (поверку средств измерений), но не реже 1 раза в 3 часа, например в 9.00, 12.00, 15.00.

Важную роль в лаборатории играет освещенность рабочих мест. Коэффициент естественной освещенности на поверхности стола поверителя допускается в пределах 1,00–1,50. Условия обеспечиваются таким образом, чтобы дневной свет в помещении был рассеянным и не давал бликов, для чего на окнах установлены жалюзи. Окна в помещениях, где поверяют средства измерений вакуума и давления, рекомендуется располагать на северной стороне здания. Стены до 3/4 их высоты окрашивают масляной краской светлых тонов, остальную часть стен и потолков – белой прочной краской, допускающей протирку [4]. В данной лаборатории цвет стен светло-зеленый. Для полов помещения не установлены специальные требования, поэтому они застелены линолеумом.

На каждом рабочем месте имеется локальная поверочная схема, которая регламентирует методы, средства и погрешности передачи единицы избыточного давления.

Помимо оборудования и средств измерений, поверочная лаборатория оснащена необходимой мебелью. Мебель указана в описи материальных ценностей данного помещения. К материальным ценностям поверочной лаборатории измерения вакуума и давления относятся, например, столы (универсальные и приставные), стулья, стеллажи, шкафы (металлические и стеклянные), огнетушитель, кондиционер, жалюзи вертикальные, щит распределительный, компьютер, принтер и др.

Поверочная лаборатория измерения вакуума и давления Территориального центра метрологии в г. Севастополе полностью соответствует требованиям, установленным Министерством обороны Российской Федерации к воинским частям и подразделениям, осуществляющим деятельность в области обеспечения единства измерений.

Результаты исследования и их обсуждение

На протяжении пяти лет лаборатория в заявленной сфере деятельности имеет право проводить работы по обеспечению единства измерений, и, соответственно, на протяжении данного времени лаборатория должна обеспечить точность и достоверность проведенных работ.

От качества измерительного процесса зависит правильность принимаемых решений по проведению поверки средств измерения в поверочной лаборатории измерения вакуума и давления Территориального центра метрологии в г. Севастополе.

По существу, измерительный процесс – это процесс, преобразующий значение измеряемого параметра в результат измерения посредством использования определенных ресурсов. К ресурсам деятельности поверочной лаборатории измерения вакуума и давления, в соответствии с методикой выполнения измерения, относятся средства измерительной техники, вспомогательное оборудование [8], операторы (сотрудники лаборатории или поверители), окружающая среда, рассмотренные выше в данной работе. Значительный вклад в правильное выполнение процедур поверки вносит взаимодействие сотрудников лаборатории, используемые средства измерения, применяемые методы измерения и условия среды, в результате которого происходит измерение, т.е. поверка. На рис. 1 представлена простейшая схема измерительного процесса – поверка СИ.

Характеристикой качества измерений (проведения поверки) является точность и достоверность измерений. В соответствии с РМГ 29-2013 под точностью измерений

понимают «...близость измеренного значения к истинному значению измеряемой величины» [9], т.е. точность измерений характеризуется правильностью и прецизионностью (сходимость и воспроизводимость) результатов измерений [7].

Для получения точных и достоверных результатов поверки лаборатории целесообразно оценивать стабильность измерительного процесса (стабильность процесса поверки рабочих и образцовых СИ), т.е. определение статистически управляемого процесса. Проведение измерений при поверочных работах, находящихся в статистически управляемом состоянии, характеризуется тем, что ход процесса предсказуем, смещение среднего арифметического значения измеряемой величины либо отсутствует (рис. 2, а), либо имеет постоянное значение во времени, и разброс значений измеряемой величины находится в прогнозируемых пределах [8]. Нестабильное состояние проведения поверки может характеризоваться различными факторами, влияющими на качество проведения поверки (рис. 2, б).

Для исследования измерительного процесса поверки на стабильность целесообразно применять контрольные карты средних и размахов [10, 11].

Для выявления причин изменчивости измерительных процессов предлагается выявить факторы, влияющие на качество результата поверки (рис. 3). Для выявления факторов применяется причинно-следственная диаграмма [12].

На рис. 3 представлена причинно-следственная диаграмма, отображающая взаимосвязи между качеством результата поверки СИ и причинами, влияющими на данное качество.



Рис. 1. Модель поверки СИ

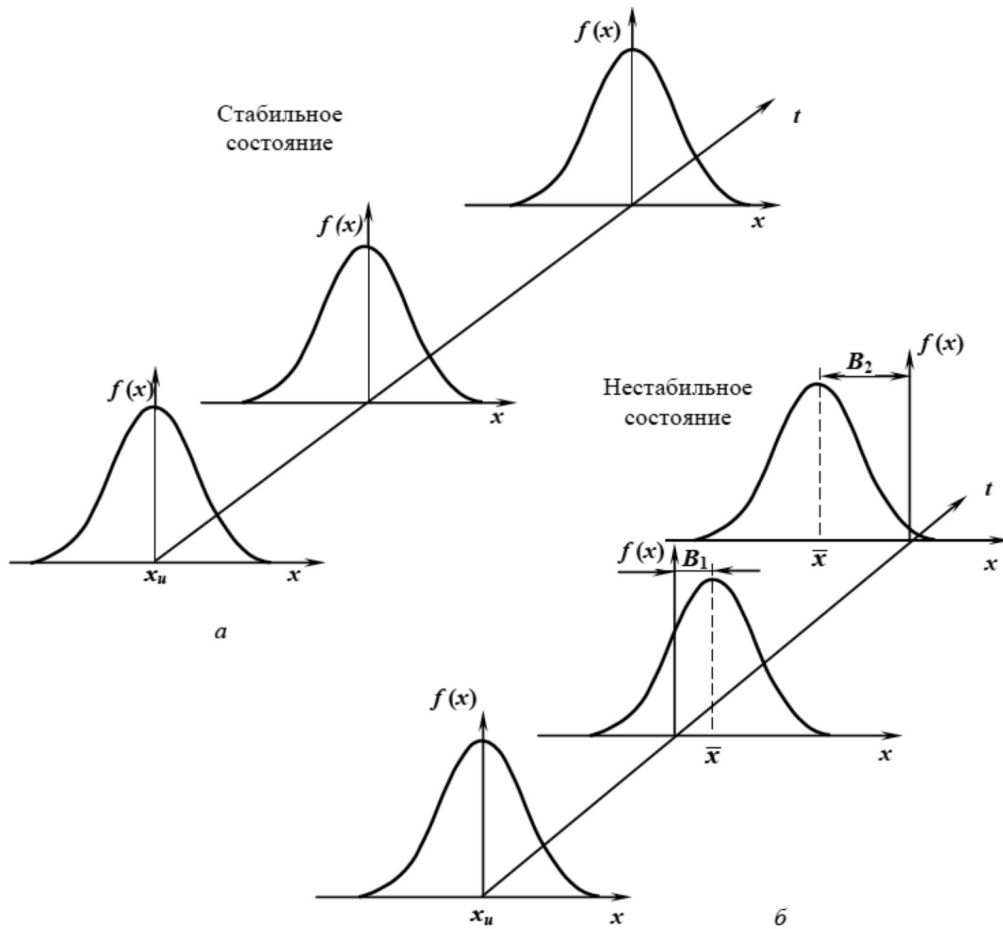


Рис. 2. Схематическое изображение состояния измерительных процессов

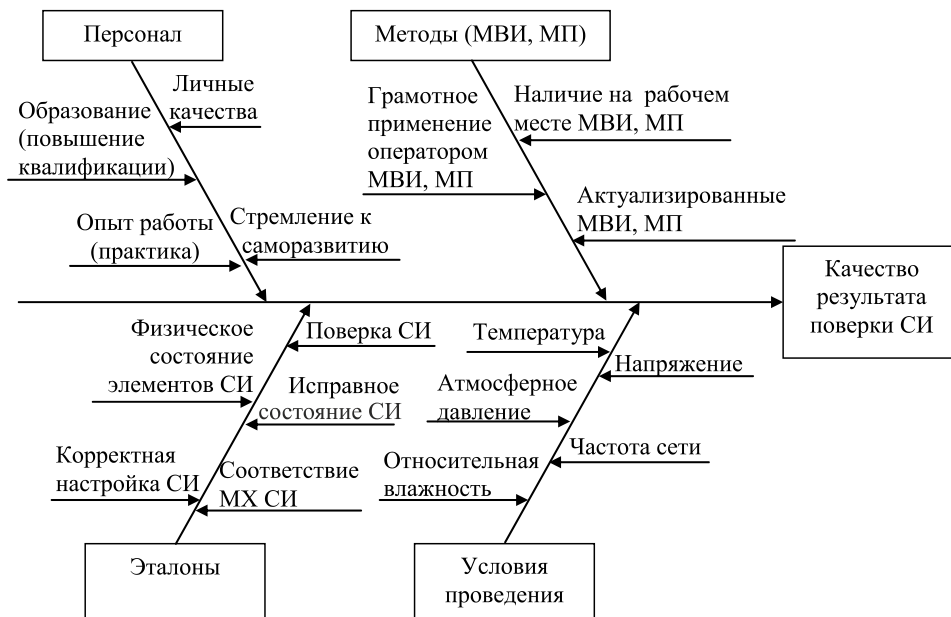


Рис. 3. Факторы, влияющие на качество результата поверки СИ

Заклучение

Причинно-следственная диаграмма построена на основании применения метода мозгового штурма, который дал возможность выявить ключевые факторы процесса, влияющие на качество результата поверки СИ, что позволит провести следующие исследования:

1) разработать номенклатуру показателей, характеризующих качество проведения поверки СИ, что позволит лабораториям проводить самооценку своей деятельности (аудит процесса);

2) оценить стабильность для исследования измерительного процесса поверки при использовании контрольных карт.

Список литературы

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями на 8 декабря 2020 года) (редакция, действующая с 1 января 2021 года) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902107146?section=text> (дата обращения: 01.04.2021).
2. Болдырев И.В. О новой редакции ISO/IEC 17025 // Контроль качества продукции. 2017. № 6. С. 29–36.
3. РМГ 128-2013 ГСИ. Требования к созданию лабораторий, осуществляющих испытания и измерения. М.: Стандартинформ, 2015. 16 с.
4. ПР 50.2.014-2002. ГСИ. Правила проведения аккредитации метрологических служб юридических лиц на право поверки средств измерений. М.: Госстандарт России, 2003. 34 с.
5. Бакулина А.Н., Фоменко И.А. Разработка методики калибровки вольтметров постоянного тока и оценивание неопределенности результатов измерений // Сборник научных трудов: Вестник современных технологий. 2017. № 8. С. 4–10.
6. ГОСТ 8.395-80 ГСИ. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2008. 7 с.
7. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. М.: Стандартинформ, 2020. 32 с.
8. Правиков Ю.М., Муслина Г.Р. Метрологическое обеспечение производства: учебное пособие. М.: КноРус, 2016. 237 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://book.ru/book/919624> (дата обращения: 01.04.2021). Текст: электронный.
9. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. 60 с.
10. ГОСТ Р ИСО 7870-1-2011 Статистические методы. Контрольные карты. Ч. 1. Общие принципы. М.: Стандартинформ, 2020. 20 с.
11. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 Статистические методы. Контрольные карты. Ч. 2. Контрольные карты Шухарта. М.: Стандартинформ, 2016. 46 с.
12. Васин С.Г. Управление качеством. Всеобщий подход: учебник для бакалавриата и магистратуры. М.: Издательство Юрайт, 2019. 404 с. (Бакалавр и магистр. Академический курс). Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. [Электронный ресурс]. URL: <https://urait.ru/bcode/425062> (дата обращения: 29.03.2021).