

## ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-1-5-11

УДК 006.9

### ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ОКАЗАНИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛУГ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

### IMPROVING THE ACCURACY OF MEASUREMENTS IN THE PROVISION OF METROLOGICAL SERVICES USING THE RISK MANAGEMENT SYSTEM

**Николаева Евгения Александровна<sup>1</sup>**,  
канд. физ.-мат. наук, доцент, e-mail: nikolaevaeva@yandex.ru  
**Evgenia A. Nikolaeva<sup>1</sup>**, C. Sc. in Physics and Mathematics, Associate Professor  
**Николаев Алексей Владимирович<sup>2</sup>**,  
главный метролог, e-mail: nikolaevav@sibgenco.ru  
**Aleksey V. Nikolaev<sup>2</sup>**, Chief Metrologist,

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

<sup>1</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

<sup>2</sup>Сибирский инженерно-аналитический центр, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Станционная, 17  
<sup>2</sup>Siberian engineering and analytical center, 17, street Stantsionnaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

#### **Аннотация:**

*На точность измерений при проведении метрологического обеспечения предприятия влияет много факторов, которые отличаются по своей природе и характеру возникновения. Понятными являются факторы, связанные с техническими характеристиками используемого оборудования, помещений. Однако основные факторы, которые могут оказывать существенное влияние – это факторы, связанные с политической, экономической, правовой и др. обстановкой, а также факторы, связанные с системой управления организацией, уровнем образования и квалификации сотрудников и др.*

*В данной работе предлагается рассмотреть систему управления рисками как инструмент, позволяющий управлять рисками с целью минимизации влияния на качество измерений вышеуказанных факторов. Данный инструмент важен для предприятий, которые так или иначе используют измерения в своей производственной деятельности. Чем меньше факторов, влияющих на измерения, тем выше точность и, соответственно, выше качество результатов производства (продукт, услуга и др.). Кроме того, в соответствии с изменениями действующих нормативно-правовых актов в области аккредитации испытательных и калибровочных лабораторий, вступившими в силу в конце 2019 года, данный инструмент является обязательным требованием соответствия критериям аккредитации.*

**Ключевые слова:** Метрологическое обеспечение, измерение, контроль, испытание, статистические числовые характеристики, управление рисками в метрологии..

#### **Abstract:**

*The accuracy of measurements in metrological support is influenced by many factors that differ in nature and type of occurrence. Factors related to technical characteristics of used equipment and premises are understandable. However, the main factors that could have a significant impact were those related to the political, economic, legal and other conditions, as well as those related to the management system of the organization, the level of education and qualifications of employees, etc.*

*In this work it is proposed to consider the risk management system as a tool for risk management in order to*

*minimize the impact on the quality of measurements of the above-mentioned factors. This tool is important for enterprises using measurements in one way or another in their production activities. The less factors affecting the measurements, the higher the accuracy and accordingly the higher the quality of the production results (product, service, etc.). In addition, as a result of the changes in the current legal and regulatory acts in the field of approval of testing and calibration laboratories, which came into force at the end of 2019, this tool is a mandatory requirement to meet accreditation criteria.*

**Key words:** *Metrological support, measurement, control, testing, statistical numerical characteristics, risk management in metrology.*

**Актуальность работы (The urgency of the discussed issue).** Для соответствия метрологических служб ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2019 «Общие требования к компетенции испытательных и калибровочных лабораторий» необходимо учитывать выполнение ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска», который предполагает разработку процедур по минимизации и предотвращению возможных рисков при выполнении метрологических работ, что оказывает существенное влияние на точность измерений [1-11].

**Цель работы (The main aim of the study).** В данной работе предлагается рассмотреть систему управления рисками как инструмент, позволяющий управлять рисками с целью минимизации влияния на качество измерений. Основной задачей является оценивание и воздействие на снижение рисков, а также разработка мер по их своевременному выявлению и предотвращению.

**Методы исследования (The methods used in the study).** Идентификация риска связана с установлением возможных причин и последствий риска [12-14].

Для того, чтобы аналитически описать риск, необходимо рассмотреть всевозможные последствия риска и факторы, влияющие на риск, затем оценить последствия и вероятность их возникновения и, как следствие, возникновение

рисковой ситуации.

Разделим на два вида факторы, влияющие на риск:

1. Внешние факторы (политическая, экономическая, правовая обстановка и др.);
2. Внутренние факторы (система управления организацией, уровень образования и квалификации сотрудников и др.).

Повлиять на внешние факторы достаточно тяжело, а негативное влияние внутренних факторов можно существенно уменьшить. Внутренние факторы риска проявляются во время работы организации, чаще всего они связаны с нарушениями, ошибками персонала. Однако следует отметить, что тщательное изучение внешних факторов и грамотная организация работы предприятия в сложившихся условиях позволяют минимизировать внешние факторы и, как следствие, могут уменьшиться и внутренние.

Таковыми факторами являются, например, периодически изменяемые ГОСТы [3-11].

При анализе рисков необходимо использовать процедуру PDCA («Планируй, делай, проверяй, действуй»), то есть оценивать возможности метрологической службы с целью минимизации возникновения рисков при выполнении работ.

Для наглядности процесса на рис. 2 приведена блок-схема процесса метрологической службы, где указаны источники, влияющие на процесс обеспечения единства измерений, осуществляемый лабораториями метрологической службы.

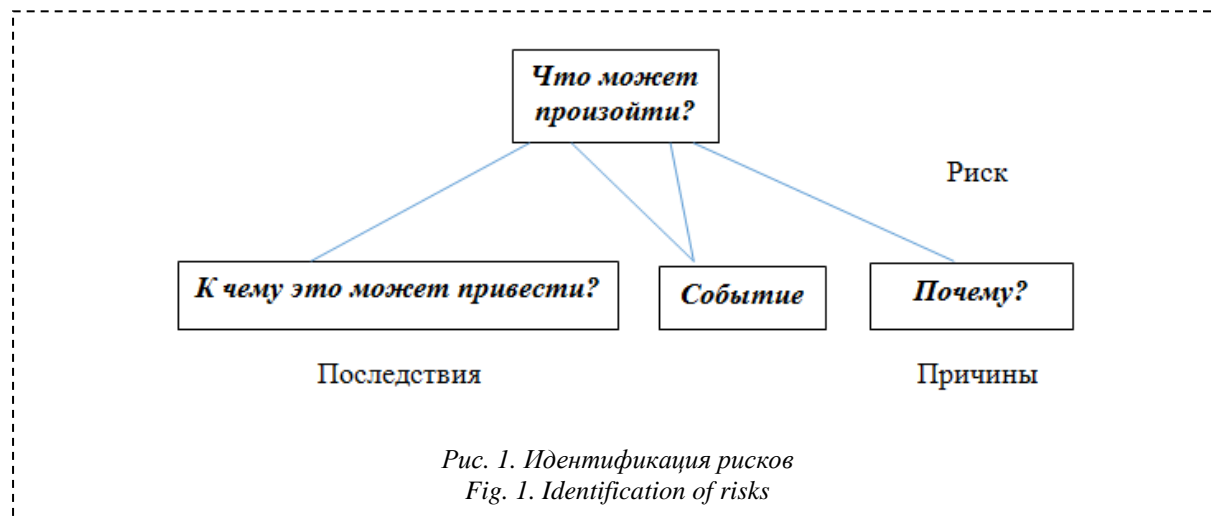


Рис. 1. Идентификация рисков  
Fig. 1. Identification of risks



Рис. 2. Блок-схема процесса метрологической службы  
 Fig. 2. Metrological service process block diagram

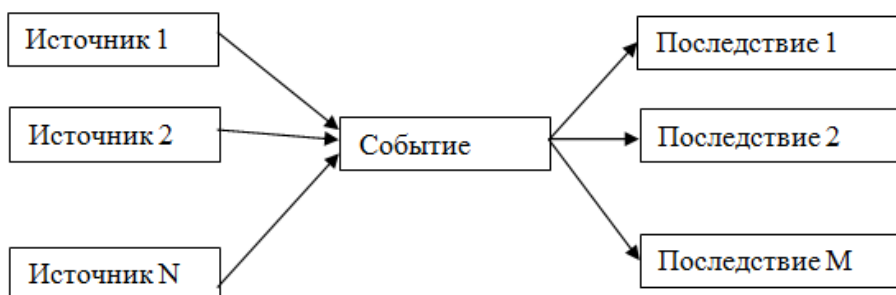


Рис. 3. Общая схема метода «галстук-бабочка»  
 Fig. 3. General scheme of tie-butterfly method

Таблица. 1. Категория опасности  
 Table 1. Category of hazard

Категория опасности	Классификация	Балл
I	абсолютное разрушение процесса	4
II	частичное повреждение процесса	3
III	маловажное повреждение процесса	2
IV	небольшое повреждение процесса	1

В целях проведения анализа риска, а также для своевременной разработки корректирующих действий по минимизации рисков владелец процесса проводит планерки, совещания с руководителями рабочих групп, лабораторий. Руководитель компании проводит совещания с участием всех руководителей служб и отделов, одним из вопросов которого является выявление несоответствий в качестве работ по всем направлениям деятельности предприятия [15-24].

Для того, чтобы оценить риск, необходимо рассмотреть его возможные последствия и

источники, оценить серьезность последствий и вероятность возникновения. Для выявления рисков можно использовать схему «галстук-бабочка» (рис. 3).

Схема «галстук-бабочка» состоит из четырех компонентов: источник, причина, событие, следствие. На основе схемы «галстук-бабочка» строится матрица последствий и вероятностей.

Частоту возникновения риска ( $P$ ) определяют следующим образом:

- событие, происходящее чаще одного раза

Таблица. 2. Классификация индекса риска  
 Table 2. Classification of the risk index

$R$	
1 – 4	незначительный риск
5 - 6	управляемый риск
7 - 12	нежелательный риск
13 – 25	критический риск

в месяц (возможное событие) – 5 баллов;

- событие, происходящее не более одного раза в месяц (весьма вероятное событие) – 4 балла;
- событие, происходящее один-два раза в год (вероятное событие) – 3 балла;
- событие, происходящее один раз в 3 года или реже (маловероятное событие) – 2 балла.

Индекс риска ( $R$ ) рассчитывается по формуле:

$$R = P \cdot I,$$

где  $P$  – частота возникновения риска, а  $I$  – величина влияния риска.

Результаты анализа возникшего риска сводятся в таблицу.

**Результаты (The results).** Рассмотрим пример работы системы управления рисками и возможностями.

В ходе проведения совещания выясняется факт отсутствия у Заказчика автотранспортной техники для доставки средств измерений на поверку в лабораторию метрологической службы. В договоре с Заказчиком определено, что доставку

средств измерений на поверку и обратно Заказчик осуществляет собственными силами. При этом Заказчик обратился с просьбой осуществить перевозку средств измерений силами метрологической службы. Метрологическая служба определяет, что согласно заключенному с автотранспортным предприятием договору располагает специализированным автотранспортным средством для перевозки средств измерений от Заказчика и обратно и определяет план действий. При этом возникает риск увеличения стоимости оказания услуг.

Метрологической службой создается рабочая группа в целях проведения анализа риска. Рабочая группа составляет схему метода «галстук-бабочка» данной ситуации.

На рисунке 4 цифрами 1-3 отмечено:

1. Наличие договора на оказания услуг является необходимым условием для оказания метрологических предоставления услуг.

2. В прейскуранте на оказание метрологических услуг указать возможность увеличения стоимости.

3. Согласовать с Заказчиком пересмотренный прейскурант до начала проведения работ.

Цифрами 4-6 отмечено:

4. Предоставлять средства измерений на метрологическое обслуживание заблаговременно для исключения нарушения графика предоставления услуг.



Рис. 4. Схема метода «галстук-бабочка»

Fig. 4. Scheme of tie-butterfly method

Таблица. 3. Классификация возникшего риска  
 Table 3. Classification of the resultant risk

Категория опасности	Классификация	Балл	Примечания
Значительная	Частичное повреждение процесса	3	Частичное повреждение процесса связано с необходимостью привлечения дополнительного транспортного средства

Таблица. 4. Результаты анализа возникшего риска  
 Table 4. Results of resultant risk analysis

Дата	Риск	Индекс риска	Ответственный	Стратегия	Текущий статус
На момент выявления	Увеличение стоимости оказания услуг	6 – управляемый	Группа контроля и обеспечения производства	При заключении договоров указывать возможное увеличение стоимости работ по согласованию с Заказчиком.	Риск не осуществлен

5. Оповестить Заказчика об увеличении стоимости работ с целью выполнения договорных обязательств.

6. Согласовать с Заказчиком увеличение стоимости.

Рабочая группа определяет частоту происшествий ( $P$ ).

С учетом того, что основная доля Заказчиков при заключении договоров указывает, что доставка средств измерений на поверку/калибровку и обратно осуществляется силами Исполнителя, данное событие признается «маловероятным» и имеет оценку 2.

Далее определяется категория риска, проводится расчет индекса риска и оформляется анализ риска.

Рассчитаем индекс риска в нашем случае:

$$R = P \cdot I = 2 \cdot 3 = 6$$

Проведенный анализ риска передается на согласование и разработку корректирующих (предупреждающих действий), а также производится учет возникающих рисков. После того, как возникшие риски проанализированы, необходимо определить и разработать корректирующие и /или предупреждающие действия. Принято решение включить в договор увеличение стоимости работ с учетом возможного

использования транспортных средств метрологической службы. Результатом применения данного инструмента стало более грамотное исполнение сроков метрологического обеспечения предприятия.

Учет факторов риска является обязательным требованием соответствия критериям аккредитации испытательных и калибровочных лабораторий. Авторами рассмотрена система управления рисками как инструмент, позволяющий минимизировать влияние на точность измерений при проведении метрологического обеспечения предприятия. Предложенный подход позволяет учитывать, а в результате проведенных мероприятий существенно минимизировать влияние внешних и внутренних факторов (политическая, экономическая, правовая конъюнктура и др., система управления организацией, уровень образования и квалификации сотрудников и др.). Чем меньше факторов, влияющих на измерения, тем выше точность и, соответственно, выше качество результатов производства. Широко известная процедура PDCA позволяет оценивать возможности и выполнить анализ деятельности метрологической службы и, как следствие, разработать комплекс мер, позволяющих минимизировать возникновение рисков при выполнении работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаева Е.А. Алгоритм расчета неопределенности при проведении калибровки средств измерений / Е.А. Николаева, А.В. Николаев // Вестник КузГТУ. – 2017. №5. – С. 162-167.

2. Николаева Е.А. Способы расчета неопределенности при проведении калибровки средств измерений различными методами / Е.А. Николаева, А.В. Николаев // Вестник КузГТУ. – 2018. – №2. – С. 113-120.
3. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».
4. Метрологическое обеспечение – принципы. Метрологическое обеспечение производства.
5. МИ 2240-98 «ГСИ. Анализ состояний, контроля и испытаний на предприятии, в организации, объединении. Методика и порядок проведения работы».
6. ГОСТ Р 8.000-2015 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Основные положения».
7. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 «Менеджмент риска. Принципы и руководство».
8. МИ 2427-2016 «Государственная система обеспечения единства измерений. Оценка состояния измерений в испытательных, измерительных лабораториях и лабораториях производственного и аналитического контроля».
9. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, утвержденные приказом Министерства энергетики РФ от 19 июня 2003 года № 229.
10. ГОСТ ИСО/МЭК 17025. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
11. Федеральный закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ Об обеспечении единства измерений.
12. Захаров, И.П. Справочное пособие «Калибровка 17025». – Санкт-Петербург: Политехника-Сервис. 2016. – 68 с.
13. Филиола, Р.С. Теория и планирование механических измерений / Р.С. Филиола, Д.Э. Бизли. – Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2016. – 744 с.
14. Dobrovolskii, V.I. Investigation of metrological characteristics of silver-silver chloride electrodes of GET 54-2011, the state primary standard for the ph activity of hydrogen ions in aqueous solutions / V.I. Dobrovolskii, S.V. Prokunin, I.V. Morozov, A.A. Glazdov // «Measurement techniques» Springer, T 59 № 9. P. 1013-1016.
15. Vinge, A.F. National primary standard for the units of relative humidity of gases, molar (volume) fraction of moisture, and dew/frost point temperature, GET 151-2014 / A.F. Vinge, M.A. Vinge, V.N. Egorov, O.A. Podmurnaya // «Measurement techniques» Springer, T 59 № 9. P. 1-8.
16. Aslanyan, A.E. National primary standard for hardness according to the martens scales and indentation scales, GET 211-2014/A.E. Aslanyan, E.G. Aslanyan, S.M. Gavrilkin, A.S. Doinikov, I.N. Temnitskii, A.N. Shchipunov // «Measurement techniques» Springer. T 59 № 6. P. 555-559.
17. Схиртладзе А.Г. Метрология, стандартизация и технические измерения / А.Г. Схиртладзе, Я.М. Радкевич – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 420 с.
18. Голубев С.С. Стратегия обеспечения единства измерений в российской федерации до 2025 года ведет российскую метрологию по инновационному пути//Законодательная и прикладная метрология. – 2017. – № 4. – С. 5-8.
19. Каштанов А.Л. Метрология и электрические измерения / А.Л. Каштанов, А.А. Комяков, А.А. Кузнецов, О.Б. Мешкова, Д.В. Пашков // Методы и средства электрических измерений. – Омск, 2014. Том 2.
20. Кирющенко А.Н. Совершенствование процесса поверки средств измерений в государственном региональном центре метрологии // В сборнике: Молодежь и XXI век -2015 материалы V Международной молодежной научной конференции: в 3-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А. 2015. С. 115-116.
21. Гуревич В.Л. Современные направления развития метрологии. Актуальные вопросы машиноведения // 2017. Т. 6. С. 29-30.
22. Афанасьев П.А. Введение термина «неопределенность измерений», как новый этап развития метрологии // В сборнике: Юность и Знания – Гарантия Успеха – 2017. Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научной конференции. В 2-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2017. С. 104-106.
23. Степанова Е.А. Метрология и измерительная техника: основы обработки результатов измерений/Е.А. Степанова, Н.А. Скулкина, А.С. Волегов // Москва -2017. Сер. 11 Университеты России.
24. Кубрак М.В. Современные проблемы метрологии и стандартизации и возможные пути их решения/М.В. Кубрак, С.Н. Леонов, В.В. Головкин. // Научно-практические исследования. 2017. № 2 (2). С. 123-126.

## REFERENCES

1. Nikolaeva E.A. Algorithm of uncertainty calculation at calibration of measuring instruments/E.A. Nikolaeva, A.V. Nikolaiev//Journal KuzSTU. – 2017. – № 5. – С. 162-167.
2. Nikolaeva E.A. Methods of Calculation of Non-Distribution during Measurement of Measuring

Instruments by Various Methods/E.A. Nikolaeva, A.V. Nikolaiev//Journal Kuz-STU. – 2018. – № 2. – S. 113-120.

3. GOST R ISO 9000-2015 "Quality management systems. Basic provisions and dictionary".
4. Metrological support – principles. Metrological support of production.
5. MI 2240-98 "GSI. Analysis of states, control and tests on enterprises, in the organization, in the association. Methodology and Procedure of Work".
6. GOST R 8.000-2015 "State System for Ensuring Unity of Development (GSI). Basic provisions".
7. GOST R ISO 31000-2010 "Risk Management. Principles and management".
8. MI 2427-2016 "State System for Ensuring Uniformity of Measurements. Assessment of the state of measurements in testing, measurement laboratories and production and analytical control laboratories".
9. Rules of Technical Operation of Electric Stations and Networks of the Russian Federation, approved by Order of the Ministry of Energy of the Russian Federation No. 229 of 19 June 2003.
10. GOST ISO/IEC 17025 General competence requirements for test and calibration laboratories.
11. Federal law of 26.06.2008 No. 102-FZ On ensuring unity of measurements.
12. Zaharov, I.P. Reference Manual "Calibration 17025." - St. Peter-burg: Polytechnic-Servi. 2016. – 68 p.
13. Filiola, R.S. Theory and Planning of Mechanical Measurements/R.S. Filiola, D.E. Bizley. – Ijevsk: Regular and Chaotic Dynamics, 2016. – 744 p.
14. Dobrovolskii, V.I. Investigation of metrological characteristics of silver-silver chloride electrodes of GET 54-2011, the state primary standard for the pH activity of hydrogen ions in aqueous solutions / V.I. Dobrovolskii, S.V. Prokunin, I.V. Morozov, A.A. Glazdov // «Measurement techniques» Springer, T 59 № 9. P. 1013-1016.
15. Vinge, A.F. National primary standard for the units of relative humidity of gases, molar (volume) fraction of moisture, and dew/frost point temperature, GET 151-2014 / A.F. Vinge, M.A. Vinge, V.N. Egorov, O.A. Podmurnaya // «Measurement techniques» Springer, T 59 № 9. P. 1-8.
16. Aslanyan, A.E. National primary standard for hardness according to the martens scales and indentation scales, GET 211-2014/A.E. Aslanyan, E.G. Aslanyan, S.M. Gavrilkin, A.S. Doinikov, I.N. Temnitskii, A.N. Shchipunov // «Measurement techniques» Springer. T 59 № 6. P. 555-559.
17. Schirtladze A.G. Metrology, Standardization and Technical Measurements/A.G. Schirtladze, Y.M. Radkevich – Staryi Oskol: TNT, 2010 – 420 p.
18. Golubev S.S. Strategy of Ensuring Uniformity of Measurements in the Russian Federation until 2025 conducts Russian metrology on innovative p.//Legislative and applied metrology. – 2017. – № 4. – S. 5-8.
19. Khestanov A.L. Metrology and Electrical Measurements/A.L. Khestanov, A.A. Komyakov, A.A. Kuznetsov, O.B. Meshkov, D.V. Pashkov//Methods and means of electric measurements. – Omsk, 2014. Volume 2.
20. Kiryushenkov A.N. Improvement of the process of verification of measuring instruments in the state regional center of metrology//In the collection: Youth and the XXI century -2015 materials of the V International Youth Scientific Conference: in 3 volumes. Responsible editor: Gorokhov A.A. 2015. Page 115-116.
21. Gurevich V.L. Modern directions of metrology development. Topical issues of machine engineering//2017. T. 6. Page 29-30.
22. Athaniev P.A. Introduction of the term "uncertainty of measurements," as the new stage of metrology development//In the collection: Youth and Knowledge - Guarantee of Success - 2017 Collection of scientific works of the 4th International Youth Scientific Conference. In 2 volumes. Responsible editor A.A. Gorokhov. 2017. Page 104-106.
23. Stepanova E.A. Metrology and Measuring Technology: Basics of Measurement Results Processing/E.A. Stepanova, N.A. Skulkin, A.S. Volegov//Moscow – 2017. It is gray. 11 Universities of Russia.
24. Kubrak M.V. Modern problems of metrology and standardization and possible ways to solve them/M.V. Kubrak, S.N. Leonov, V.V. Golovkov.//Scientific and practical research. 2017. № 2 (2). Page 123-126.

Поступило в редакцию 24.03.2020  
Received 24 March 2020