

УДК 53.089.6

***АНАЛИЗ И УЛУЧШЕНИЕ ПРОЦЕССА КАЛИБРОВКИ СРЕДСТВ  
ИЗМЕРЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИЗДЕЛИЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ***

***Бравков А.В.***

*магистр,*

*Брянский государственный технический университет,*

*Брянск, Россия*

***Барбанова И.А.***

*к.т.н., доцент,*

*Брянский государственный технический университет,*

*Брянск, Россия*

**Аннотация**

Статья посвящена решению задачи по улучшению метрологического обеспечения производства изделий электронной техники. На примере процесса калибровки средств измерений рассмотрены подходы к описанию, оценке риска и совершенствованию метрологической деятельности предприятия электронной промышленности. Моделирование процесса выполнено в нотации IDEF0. Анализ риска процесса и его причин проведен на основе методов построения дерева неисправностей и FMEA. Мероприятия по устранению и предупреждению риска разработаны для конкретной организации по выпуску микроэлектроники, действующему в Брянском регионе. Предложенные разработки представляют практический интерес для работников метрологических служб и служб качества предприятий машино- и приборостроения.

**Ключевые слова:** метрологическое обеспечение, улучшение процесса, калибровка средств измерений, риск, анализ дерева неисправностей, FMEA-анализ.

***ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF THE CALIBRATION PROCESS OF  
MEASURING INSTRUMENTS IN THE ORGANIZATION FOR THE  
PRODUCTION OF ELECTRONIC PRODUCTS***

***Barabanova I.A.***

*Candidate of Technical Sciences (PhD Eng.), Associate Professor*

*Bryansk State Technical University,*

*Bryansk, Russia*

***Bravkov A.V.***

*Master (Mgr.),*

*Bryansk State Technical University,*

*Bryansk, Russia*

**Abstract.** The article is devoted to solving the problem of improving the Metrology Provision for the production of electronic products. As illustrated by the measuring instruments calibration process, approaches to the description, risk assessment and metrological activities improvement for electronic industry enterprise are suggested. The process simulation is performed in the IDEF0 notation. The risk analysis of the process and its causes was carried out using a constructing fault tree method and FMEA. Measures for the risk elimination and its management have been developed for a specific microelectronics manufacturing enterprise operating in the Bryansk region. The proposed developments are of practical interest to employees of metrological service and quality control departments of machine building and instrument making industries.

**Keywords:** Metrology Provision, process improvement, measuring instruments calibration, risk, fault tree analysis, FMEA analysis.

Обеспечение качества изделий электронной промышленности является в настоящее время актуальной задачей, решаемой, в том числе, путём улучшения метрологического обеспечения их производства.

Под метрологическим обеспечением производства микроэлектроники понимают установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Оно включает ряд процессов, одним из которых является калибровка средств измерений. От достоверности результатов калибровки зависит правильность технических и управленческих решений, поэтому анализ и улучшение этого процесса представляет для метрологических служб юридических лиц практический интерес.

Калибровка средства измерений – совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений, не подлежащего государственному метрологическому контролю и надзору. В РФ калибровка регулируется ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [1] и ГОСТ 8.879-2014 «ГСИ. Методики калибровки СИ. Общие требования к содержанию и изложению» [2].

Калибровка проводится работниками метрологических служб юридических лиц и включает операции изъятия средств измерений из производства, проведения внешнего осмотра и опробования, определения действительных метрологических характеристик и степени пригодности средства измерения к применению, а также оформления документации о полученных результатах. Модель процесса калибровки средств измерений, построенная в нотации IDEF0 [3] на основе данных организации по производству изделий микроэлектроники г. Брянска, представлена на рис. 1.

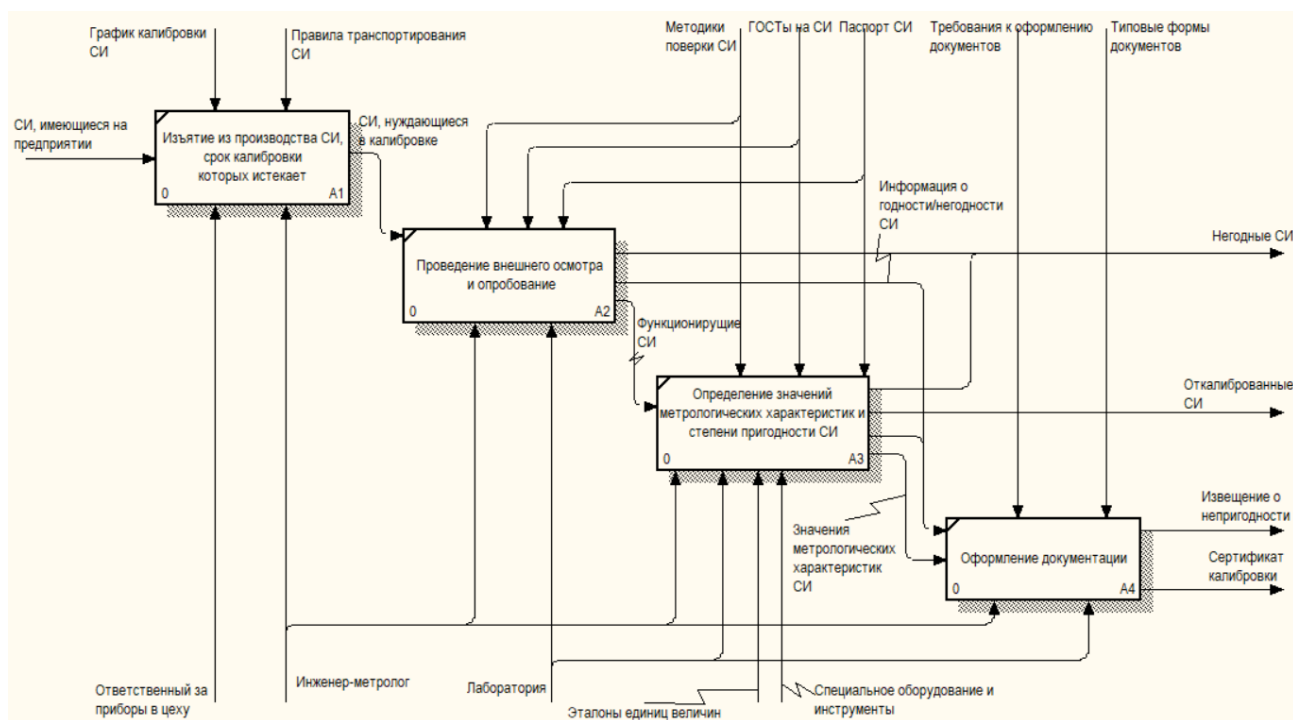


Рис. 1 – IDEF-модель процесса калибровки средств измерений

Для анализа и оценки несоответствий процесса калибровки средств измерений применены методы оценки риска [4]. Возможные и существующие риски анализируемого процесса, а также их причины, выявлены с помощью метода анализа дерева неисправностей [5]. При этом за основное нежелательное событие принято ухудшение качества выпускаемой продукции в результате ошибок при проведении калибровки средств измерений (СИ). Факторы-причины наступления этого события определены дедуктивным способом, логически выстроены и представлены графически в виде древовидной диаграммы, представленной на рис.2.

Основными причинами ухудшения качества выпускаемой продукции в результате ошибок при проведении калибровки СИ оказались отсутствие необходимых СИ и использование непригодных СИ. В свою очередь, причинами отсутствия необходимых СИ оказались большой срок нахождения СИ на калибровке из-за отсутствия необходимых для калибровки эталонов или необходимости проведения ремонта СИ. Использование непригодных СИ

может происходить вследствие использования СИ с истекшим сроком годности или использования СИ, которые были ошибочно признаны годными из-за применения эталонов с истекшим сроком поверки, неверным определением погрешности СИ или несоответствии условий калибровки установленным требованиям.

Оценка значимости обнаруженных причин несоответствий проведена на основе FMEA-анализа [6]. При этом для каждой причины приоритетное число риска (ПЧР) является результатом произведения оценок её значимости (S), вероятности возникновения (O) и вероятности обнаружения (D), значения которых определяются экспертным методом.

Результаты проведения метода анализа видов и последствий отказов представлены в таблице 1.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

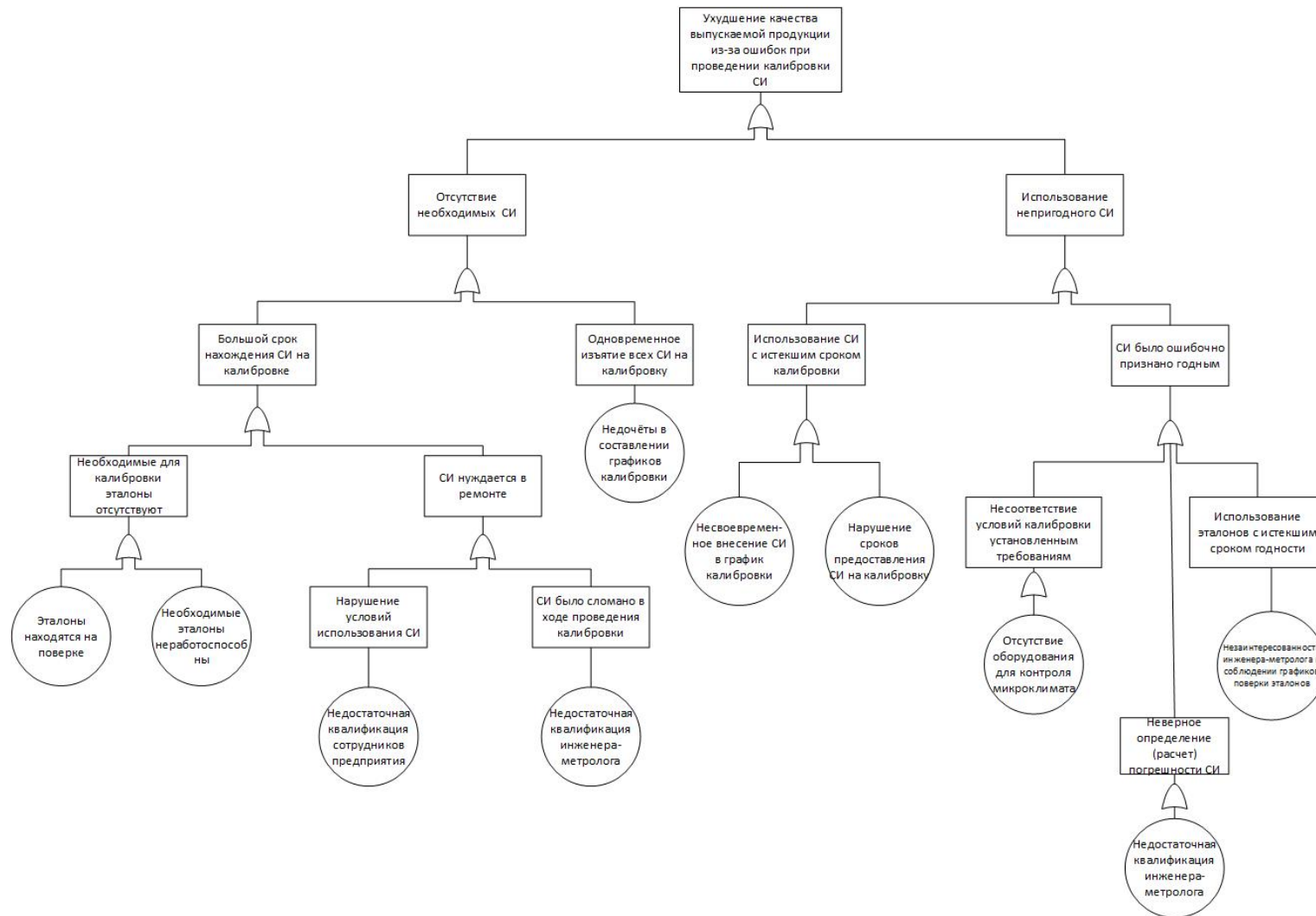


Рис. 2 – Дерево неисправностей процесса калибровки СИ

Таблица 1 – FMEA-протокол управления риском процесса калибровки СИ

Вид риска	Последствие	Причина	S	O	D	ПЧР
Необходимые для калибровки эталоны отсутствуют	Увеличение продолжительности калибровки СИ	Эталоны находятся на поверке	5	7	2	70
		Необходимые эталоны неработоспособны	5	2	2	20
Нарушение условий использования СИ	Поломка СИ, получение недостоверных результатов измерений	Недостаточная квалификация сотрудников предприятия	6	5	5	150
Поломка СИ в процессе калибровки	Увеличение продолжительности калибровки СИ, возможная потеря СИ	Недостаточная квалификация инженера-метролога	6	2	1	12
Необходимость одновременного изъятия всех СИ на калибровку	Остановка производства	Недочёты в составлении графиков калибровки	8	3	3	72
Использование СИ с истекшим сроком калибровки	Получение неверных результатов измерений	Несвоевременное внесение информации о СИ в график калибровки	5	7	8	280
		Несоблюдение сроков предоставления СИ на калибровку	5	7	4	140
Несоответствие условий калибровки установленным требованиям	Ошибочное принятие негодного СИ	Отсутствие оборудования для контроля микроклимата	7	2	7	98
Использование эталонов с истекшим сроком поверки	Ошибочное принятие негодного СИ	Незаинтересованность инженера-метролога в соблюдении графиков калибровки	7	2	2	28
Неверное определение (расчёт) погрешности СИ	Ошибочное принятие негодного СИ	Недостаточная квалификация инженера-метролога	7	2	5	70

В результате анализа определено, что к наиболее значимым рискам процесса калибровки СИ относятся:

- недостаточная квалификация сотрудников метрологической службы предприятия, выполняющих калибровочные работы;
- несвоевременное внесение информации о СИ в график калибровки;
- несоблюдение сроков предоставления СИ на калибровку.

Для предупреждения и устранения выявленных рисков на основе данных организации по производству изделий микроэлектроники г. Брянска разработаны следующие мероприятия:

1. Мероприятия по воздействию на риск «Недостаточная квалификация сотрудников предприятия»:

1.1. Проведение обучения новых сотрудников работе с СИ, с которыми им необходимо будет взаимодействовать при выполнении служебных обязанностей, для чего в обходные листы при устройстве на работу при необходимости добавить отметку о прохождении курса обучения. Ответственность за проведение обучения возложить на службу главного метролога. После прохождения курса обучения, в который входит ознакомление с нормативной документацией и приобретение практических навыков работы с СИ, под контролем квалифицированного инженера-метролога обучающийся должен пройти аттестацию, о чем проставляется отметка в обходной лист обучающегося.

1.2. Организация проведения ежегодных внутренних тренингов, на которых сторонние специалисты или инженеры-метрологи предприятия будут «освежать» знания и правила по работе с СИ и оборудованием. Назначение ответственных метрологов за проведение данных тренингов.

1.3. Создание обучающих инструкций и плакатов о работе со СИ, наглядно и доступно демонстрирующих порядок работы с приборами. Помимо правил работы со средствами измерений, включить в них информацию о наиболее частых ошибках при работе со СИ.



1.4. Включение в программу проведения внутренних аудитов периодического контроля знаний работников о работе со средствами измерений. Организация для работников, не прошедших контроль знаний, дополнительного обучения.

1.5. Разработка стандарта рабочего места инженера-метролога для организации по производству изделий электронной техники [7].

2. Мероприятия по воздействию на риски «Несвоевременное внесение информации о СИ в график калибровки» и «Несоблюдение сроков предоставления СИ на калибровку»:

2.1. Назначение ответственных за приборы на предприятии. Для каждого технологического участка должен быть назначен ответственный за приборы из числа работников этого участка. Ответственный за приборами за соответствующую доплату должен обеспечивать своевременное предоставление СИ на калибровку, а также информирование отдела метролога о приобретении новых СИ.

2.2. Проведение метрологического надзора работниками метрологической службы предприятия, включающего проверку сроков калибровки СИ, используемых на производстве. В случае обнаружения СИ с истекшим сроком калибровки они должны быть немедленно изъяты из обращения, а на имя руководителя подразделения должна быть оформлена служебная записка о выявленных нарушениях.

2.3. Создание единой базы данных СИ, используемых на предприятии. В базе данных для каждого СИ должна быть указана следующая информация:

- заводской номер СИ;
- дата проведения последней калибровки СИ;
- периодичность калибровки СИ;
- дата проведения следующей калибровки СИ;
- цех/участок, которому принадлежит СИ;
- ответственный за СИ.

Возложить ответственность за ведение базы данных на метрологическую службу. Предоставить доступ к просмотру информации из базы данных ответственным за приборы (без возможности внесения изменений).

Таким образом, предложенные мероприятия позволят устранить возможные причины возникновения наиболее значимых рисков процесса калибровки СИ, и, как следствие, улучшить процесс в целом. Аналогичным образом следует проанализировать другие процессы метрологического обеспечения производственной деятельности с целью устранения рисков и обеспечения качества изделий электронной техники.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Введ. 2019-09-01. - Москва: Стандартиформ, 2019. - 26с.

2. ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. – Введ. 2015-01-09. - Москва: Стандартиформ, 2019. - 8 с.

3. Р 50.1.028-2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – Введ. 2002-07-01. – Москва: Госстандарт России, 2021. – 50 с.

4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2021 Надежность в технике. Методы оценки риска. – Введ. 2022-01-01. – Москва: Стандартиформ, 2022. - 94 с.

5. ГОСТ Р 27.302-2009 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей - Введ. 2010-01-09. – Москва: Стандартиформ, 2012. - 23 с.

6. ГОСТ Р 27.303-2021 Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов. – Введ. 2022-01-01. - Москва: Российский институт стандартизации, 2021. - 66 с.

7. Барабанова, И. А. Методика интегрированной стандартизации работ и рабочего места на машиностроительном предприятии / И. А. Барабанова, Г. В. Ефимова, К. Д. Зайцева // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2021. – № 1(59). – С. 9-16. – EDN DVNEWD.

*Оригинальность 90%*