

# Метрологическая экспертиза

**Метрологическая экспертиза (МЭ)** – это анализ и оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерениям, установлению требований к точности измерений и обеспечению методами и средствами измерения процессов разработки, изготовления, испытания, эксплуатации и ремонта продукции.

**Целью МЭ** является выявление ошибочных или недостаточно обоснованных решений по метрологическому обеспечению и оказание помощи разработчику в поиске наиболее рациональных решений.

**МЭ** должна способствовать рациональному решению двух **основных вопросов** метрологического обеспечения производства – ***что измерять и с какой точностью*** и связанных с ними вопросов выбора средств и методик выполнения измерений.

Объекты анализа при метрологической экспертизе	Виды технической документации								
	Технические задания, предложения (заявки)	Отчеты о НИР, пояснит. записки и технические эскизы проектам	Протоколы испытаний	Технические условия, проекты стандартов	Эксплуатационные и ремонтные документы	Программы и методики испытаний	Технологические инструкции и регламенты	Технологические карты	Проектные документы
Рациональность номенклатуры измеряемых параметров		+		+	+	+	+	+	+
Оптимальность требований к точности измерений	+	+		+		+	+		+
Объективность и полнота требований к точности средств измерений	+	+		+	+	+	+		+
Соответствие фактической точности измерений требуемой		+	+	+	+	+	+	+	
Контролепригодность конструкции (схемы)		+			+				+
Возможность эффективного метрологического обслуживания	+	+		+	+		+		+

# Основные задачи МЭ

## Оценка

- рациональности номенклатуры измеряемых параметров;
- оптимальности требований к точности измерений;
- полноты и правильности требований к точности средств измерений;
- соответствия точности измерений заданным требованиям;
- контролепригодности изделия (измерительных систем);
- рациональности выбранных средств и методик выполнения измерений

## Анализ

использования вычислительной техники в измерительных операциях  
(методическая составляющая погрешности измерений из-за несовершенства алгоритма вычислений)

## Контроль

Проверка правильности употребления терминов, наименований, обозначений величин и применения их единиц.

*Не допускать использование терминов, наименований, обозначений величин и применение их единиц, не соответствующих РМГ 29-99, ГОСТ 8.417-2002.*

<b>Основные задачи МЭ тех. документации</b>	<b>Способы выполнения задач</b>
<p>Анализ полноты и четкости формулирования технических требований.</p>	<p>Проверить корректность формулирования технических требований, исключив неоднозначность их толкований; технические требования выразить стандартизованными или общепринятыми терминами.</p>
<p>Оценка оптимальности номенклатуры измеряемых параметров.</p>	<p>Провести проверку достаточности или избыточности контролируемых параметров, возможности взаимоисключения, замены «качественных» параметров на «количественные». Определить параметры, которые можно не измерять, а ограничиться их индикацией или вообще не контролировать. Обеспечить соответствие номенклатуры измеряемых параметров и их норм требованиям действующих стандартов и НД, экономическую целесообразность выбранной номенклатуры измеряемых параметров.</p>
<p>Оценка контролепригодности конструкции изделия при испытаниях, эксплуатации и ремонте.</p>	<p>Обеспечить доступ ко всем точкам измерений (измерительным поверхностям, контрольным гнездам и т.д.) и возможность использования для этого необходимых СИ. Проверить, установлены ли требования ко всем свойствам объекта, влияющим на погрешность измерений (например, требования к шероховатости при измерении линейных размеров).</p>

Основные задачи МЭ тех. документации	Способы выполнения задач
Проверка использования стандартизованных и аттестованных МВИ.	Использование нестандартизованных и неаттестованных МВИ недопустимо. При отсутствии указанных МВИ дать предложения для разработки и аттестации МВИ.
Анализ полноты и правильности требований к СИ, оценивание рациональности выбранных СИ.	Обеспечить указание всех реквизитов и МХ СИ в соответствии с ГОСТ 8.009-84; предусмотреть возможность замены СИ на более совершенные; исключить СИ, снятые с производства; обеспечить соответствие условий измерения условиям применения выбранных СИ; оценить трудоемкость и себестоимость измерительных операций, МО; обеспечить требования техники безопасности.
Анализ технических решений по обоснованию норм точности и алгоритму обработки результатов измерений.	Обеспечить соответствие фактической погрешности измерений предельно допустимой погрешности измерений, заданной в документации; использовать стандартизованный или аттестованный алгоритм обработки результатов измерений. Проверка правильности выражения показателей точности. Исключить использование результатов измерений без показателей их точности; обеспечить соответствие формы выражения показателей точности измерений требованиям МИ 1317-2004.

# МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА РАБОЧЕЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

**Целью МЭ рабочей конструкторской документации** является оценка возможности контроля установленных в документации норм точности, достоверности и экономической целесообразности методов контроля.

**Одной из главных задач МЭ рабочей конструкторской документации** является анализ рациональности номенклатуры параметров, подлежащих измерениям, который включает:

- рассмотрение возможности замены качественных требований (при их наличии) на требования к физическим величинам;
- анализ достаточности номенклатуры измеряемых параметров, необходимых для обеспечения изделием (узлом, деталью) его служебного назначения, и рассмотрение возможности сокращения этой номенклатуры или такого ее изменения, которое приводит к уменьшению затрат на контрольно-измерительные операции;

**При экспертизе контролепригодности установленных норм точности** основное внимание уделяют анализу возможности измерения указанных в конструкторской документации параметров точности изделия существующими в конкретном производстве измерительными средствами.

Если это невозможно, проверяют обоснованность назначения указанных параметров точности и их допусков. При этом необходимо учитывать, что одни и те же свойства изделия могут быть обеспечены нормированием различных параметров. Например, при отсутствии в единичном производстве комплексных калибров для контроля позиционного отклонения осей отверстий под крепеж, возможна замена в соответствии с ГОСТ 28187–89 позиционных допусков предельными отклонениями координирующих размеров.

Проверка полноты и правильности **требований к точности средств измерения** производится, как правило, если нормируемые параметры непосредственно не проверяются, а используются косвенные методы измерения. При косвенных измерениях погрешность средств измерений составляет часть погрешности измерений. В таких случаях необходимо представление о методической составляющей погрешности измерений.

При проверке **правильности требований к точности средств измерения** следует учитывать, что чрезмерный запас по точности экономически не оправдан. Чем точнее средство измерения, тем выше затраты на измерения, в том числе затраты на метрологическое обслуживание этих средств.

**Достоверность измерений** линейных размеров можно оценить величинами параметров  $m$  (количество неправильно принятых деталей),  $n$  (количество неправильно забракованных деталей) и  $c$  (возможный выход за границу поля допуска у неправильно принятых деталей), определяемыми по ГОСТ 8.051–81 в зависимости от точности технологического процесса обработки заготовок и точности измерений. Указанные параметры должны находиться в пределах, допустимых конструктивными ( $m$ ,  $c$ ) и экономическими ( $n$ ) требованиями.



# Выбор средств измерений

Условно факторы можно разделить на три группы:

- 1. Организационно-технические факторы** зависят от специфики производства (типа производства, стабильности техпроцесса, обеспечения полной или групповой взаимозаменяемости и т.п.). Формы контроля могут быть в виде сплошного 100%-го контроля всех деталей (для единичного, мелкосерийного производства, нестабильного техпроцесса, групповой взаимозаменяемости) и в виде выборочного, статистического контроля (для крупносерийного, массового производства, полной взаимозаменяемости, стабильного техпроцесса). Универсальные средства измерений находят широкое применение во всех типах производства, так как имеют низкую себестоимость. Производительность операций контроля при этом также низкая. Применение специальных средств измерения должно быть экономически обосновано.
- 2. Метрологические характеристики средств измерений** (цена деления, пределы или диапазон измерения, погрешность и класс точности), которые необходимо согласовывать с контролируруемыми параметрами изделия. Для всех видов измерений установлено, что погрешность измерения не должна превышать 20 или 35 процентов от контролируемого допуска или цена деления шкалы СИ должна быть равна  $(1/6 \dots 1/10)T$ .

# Выбор средств измерений

- 3. Конструктивные параметры изделия** (габариты, масса, жесткость конструкции, конструктивные особенности, доступность к точкам контроля и контролируемый размер) также существенно влияют на выбор методов и средств измерения.

Могут быть использованы контактные и бесконтактные, абсолютные и относительные, прямые и косвенные методы измерений, а также стационарные и переносные средства измерений (для крупногабаритных деталей). Для деталей нежесткой конструкции необходимо применять бесконтактные методы

Косвенные методы используются в том случае, если непосредственное измерение размера невозможно.

Применяются различные средства измерений для деталей типа вал, втулка (отверстие), зубчатое колесо, резьбовая деталь и так далее.

# МЭ чертежа детали

**Целью МЭ чертежа детали** является установление возможности контроля заложенных в чертеже норм точности.

МЭ чертежа детали выполняется в следующей последовательности:

1. Проверяют соответствие (необходимость и достаточность) указанных непосредственно на чертеже и в технических требованиях допусков размеров, формы, расположения и шероховатости поверхностей служебному назначению детали и соответствующим государственным стандартам.
2. Проверяют правильность терминологии в назначенных технических требованиях, соответствие наименований измеряемых величин и обозначение их единиц Международной системе единиц.
3. Проверяют взаимную увязку допусков размеров, взаимного расположения и шероховатости поверхностей детали.
4. Определяют контролепригодность допусков.
5. Определяют достоверность контроля назначенных норм точности.

Результаты метрологической экспертизы оформляют в виде замечаний и предложений. Документацию вместе со списком замечаний и предложений возвращают ее разработчику для внесения исправлений.

# МЭ технического задания

МЭ ТЗ проводят в следующей последовательности:

1. Проверяют правильность построения ТЗ. Проверяют наличие всех необходимых разделов и приложений.
2. Оценивают оптимальность номенклатуры измеряемых параметров, правильность формы их записи, возможность измерения параметров продукции с требуемой точностью с помощью имеющихся или разрабатываемых средств и методик измерений, методик испытаний.
3. Оценивают достаточность требований по МО разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции. В пункте «Требования по метрологическому обеспечению» эксперт-метролог оценивает достаточность требований по МО. В этом пункте в обязательном порядке должны быть записаны следующие требования по МО:
  - используемые СИ (измерительные системы) должны быть утвержденных типов (внесены в Госреестр СИ), поверены;
  - применяемое испытательное оборудование должно быть аттестовано в соответствии с требованиями ГОСТ ;
  - методики выполнения измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ ;
  - результаты измерений должны быть выражены в узаконенных единицах величин согласно ГОСТ и формы выражения показателей точности измерений соответствовать требованиям

# МЭ технического задания

4. Проверяют наличие и полноту указаний по проведению МЭ документации. Должны быть указаны: перечень документов, представляемых на МЭ; стадии разработки документации, на которых она будет проводиться; организации, проводящие МЭ, и требование о представлении заказчику экспертного заключения по результатам МЭ.
4. Проверяют правильность метрологической терминологии в соответствии с РМГ 63-2003, наименований и обозначений физических величин и их единиц – согласно ГОСТ.

# МЭ технических условий

МЭ ТУ целесообразно проводить в следующей последовательности:

1. Проверяют полноту комплекта документов. Вместе с ТУ на экспертизу должны быть представлены:
  - ТЗ на разработку;
  - документы, позволяющие разобраться в устройстве, составе и принципе действия изделия (продукции);
  - чертежи, эксплуатационные документы и др.;
  - проекты программ и методик, разработанные на данной стадии.
2. Подбирают НД по МО, ГОСТы системы ЕСКД, стандарты на продукцию, технические описания СИ, используемых для контроля параметров, и документы, на которые даны ссылки в ТУ.
3. Проверяют учет замечаний и предложений, сделанных при МЭ ТЗ. Проверяют соответствие ТУ требованиям ТЗ.
4. В разделе «Методы контроля» проверяют наличие «Перечня применяемого оборудования». Когда разработчик забывает о необходимости составления данного перечня, что не позволяет, в свою очередь, эксперту судить о возможности выполнения измерений с требуемой точностью.
5. При рассмотрении всех разделов ТУ проверяют правильность метрологической терминологии, наименований и обозначений физических

# МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

**Цели МЭ технологической документации** те же, что и МЭ рабочей конструкторской документации, т.е. оценка возможности контроля установленных в документации норм точности, достоверности и экономической целесообразности методов контроля.

Если экспертизе рабочей технологической документации предшествовала МЭ рабочей конструкторской документации, то экспертизе могут подвергаться только нормы точности, установленные сверх норм, имеющих в конструкторской документации. Например, введенные технологической службой производственные допуски или допуски на межоперационные размеры (отклонения формы или расположения поверхностей, шероховатости).

При невозможности или затруднении контроля в условиях производства предусмотренными в технологической документации методами и средствами измерения проверяют обоснованность установленных норм точности и рассматривают вопрос о замене средств измерений более точными или вводят производственный допуск, позволяющий использовать менее точное измерительное средство. Однако введение производственного допуска может привести к увеличению количества неправильно забракованных деталей, что способствует увеличению себестоимости изделия. Если процент ложного брака окажется недопустимо большим, то предлагается технологическим службам рассмотреть вопрос о повышении точности технологического

## **Основными задачами МЭ технологических документов являются:**

- анализ достаточности методов контроля установленных в технологической документации норм точности;
- проверка соответствия производительности метода контроля производительности технологического процесса (при недостаточной производительности метода контроля рассматривают возможность применения статистических методов контроля, использования полуавтоматических или автоматических измерительных средств или методов активного контроля);
- проверку полноты и определенности описания операций контроля (полнота описаний зависит от вида технологического документа); если в технологическом документе не представляется возможным дать полное описание метода контроля, то на эту операцию должна быть составлена операционная карта технологического контроля или технологическая инструкция; - расчет экономичности выбранного метода контроля;

анализ правильности указаний по организации и проведению



<b>Мероприятия по организации МЭ (по РМГ 63-2003)</b>	<b>Реализация мероприятий на предприятии</b>
Назначение подразделения, проводящего МЭ.	Группа МЭ отдела Главного метролога.
Разработка документа, устанавливающего порядок проведения МЭ на предприятии.	Отдел Главного метролога разрабатывает стандарт предприятия, в котором устанавливается и подробно расписывается порядок проведения МЭ.
Планирование метрологической экспертизы.	Годовой план проведения МЭ составляется на основании перечней КД и ТД, подлежащих МЭ, которые представляют руководители конструкторского и технологического отделов в отдел Главного метролога.
Назначение экспертов.	Для проведения МЭ назначают экспертов-метрологов в соответствии с требованиями РМГ 63-2003.
Подготовка и повышение квалификации экспертов.	Подготовка и повышение квалификации экспертов осуществляется: <ul style="list-style-type: none"> <li>– периодически с выдачей соответствующего удостоверения;</li> <li>– постоянно, путем изучения новых НД по МО производства, новых МВИ, освоения современных СИ (изучение их технических характеристик, работы, поверки, калибровки); участия в метрологических семинарах.</li> </ul>
Формирование комплекса документов, справочных	Комплекс необходимых документов включает: <ul style="list-style-type: none"> <li>– НД по МО (стандарты ГСИ, ПР, РД, РМГ, МИ), стандарты ГСИ, ЕСКД, ЕСТД;</li> </ul>

# Оформление результатов

Форма 2

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный метролог \_\_\_\_\_  
(наименование предприятия)

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
(подпись) (ФИО)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
(дата)

ЛИСТ ЗАМЕЧАНИЙ № \_\_\_\_\_  
по результатам метрологической экспертизы

\_\_\_\_\_  
(наименование документа)

\_\_\_\_\_  
(обозначение документа)

№ п/п	Номер листа и пункта документа	Содержание замечания	Рекомендации (предложения)	Отметка об устранении замечаний
1	2	3	4	5

\_\_\_\_\_  
(должность лица, проводившего МЭ)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(дата)

# **Права и обязанности специалистов, на которых возложено проведение метрологической экспертизы.**

**Можно выделить следующие обязанности:**

- руководство действующими в настоящее время НД, регламентирующими метрологические правила;
- представление четких и обоснованных замечаний и предложений;
- своевременное оформление результатов МЭ;
- внесение предложений по совершенствованию МЭ;
- проведение консультаций для разработчиков документации по вопросам ее метрологической проработки;
- содействие в реализации результатов МЭ;
- ведение учета замечаний и предложений для последующего анализа, составления классификатора ошибок и разработки рекомендаций по предупреждению появлению ошибок;
- ведение учета и регистрации проверяемой документации и результатов ее проверки;
- визирование документации, прошедшей МЭ.

**Специалисты, проводящие МЭ, могут иметь право:**

- требовать от разработчиков внесения изменений в документацию и исправления ошибок, выявленных при МЭ;
- возвращать документацию без рассмотрения в случае отсутствия необходимых согласующих подписей, при некомплектности документации, при небрежном оформлении документации, при большом количестве ошибок;
- требовать от разработчика дополнительные материалы и разъяснения, обоснования технических решений.

# Реализация результатов МЭ

Метрологическая служба предприятия должна осуществлять систематический анализ результатов МЭ, выделяя наиболее характерные и серьёзные недостатки документации, и представлять свои предложения для устранения этих недостатков во вновь разрабатываемой документации.

Таковыми предложениями могут быть, в частности:

- разработка НД по метрологическому обеспечению,
- приобретение новых СИ и испытательного оборудования,
- разработка и аттестация методик выполнения измерений,
- обеспечение необходимых для измерения условий (выделение или строительство помещений, специально оборудования и т.д.),
- создание фонда НД по метрологическому обеспечению.

# Реализация результатов МЭ

Целесообразно систематизировать и классифицировать ошибки по видам документов, стадиям их разработки, подразделениям разработчиков документации (отдельным исполнителям) и т.п., по классификационным признакам.

Результаты анализа и обобщения можно оформить в виде классификатора ошибок, который позволяет легко выявить наиболее характерные (часто встречающиеся) и существенные ошибки. На основе таких классификаторов можно проводить количественную оценку уровня метрологической проработки технической документации, вносить предложения по совершенствованию метрологического обеспечения производства и посчитать экономический эффект от предотвращения метрологических ошибок.

# требования к нормативному документу предприятий, регламентирующей организацию и порядок проведения МЭ

В нормативные документы (стандарт предприятия (СТП) или стандарт организации (СТО) следует включать следующие разделы:

- задачи МЭ и метрологического контроля;
- номенклатур изделий, документация на которые подлежит МЭ, стадии разработки, на которых проводится МЭ, вид документов, подвергаемых МЭ;
- комплект документации, представляемой на МЭ;
- подразделения, проводящие МЭ;
- порядок планирования МЭ, затраты времени на проведение МЭ;
- порядок представления документации на МЭ и оформления их результатов;
- порядок рассмотрения разногласий, возникающих при проведении МЭ;
- права и обязанности специалистов, проводящих МЭ;
- реализация результатов МЭ;
- проведение анализа организации и проведения МЭ на предприятии и представление предложений по ее совершенствованию

В приложениях можно привести: форму план-графика проведения МЭ; форму журнала учета документации, поступившей и прошедшей МЭ;

В общем случае ТУ должны содержать вводную часть и разделы, расположенные в следующей последовательности:

- технические требования;
- требования безопасности;
- требования охраны окружающей среды,
- правила приемки;
- методы контроля;
- транспортирование и хранение;
- указания по эксплуатации;
- гарантии изготовителя.

ТЗ, как правило, состоит из следующих разделов:

- основание для разработки;
- цель и назначение;
- тактико-технические требования;
- технико-экономические требования;
- требования по видам обеспечения;
- специальные требования;
- этапы разработки (выполнения);
- порядок выполнения и приемки;
- приложения.