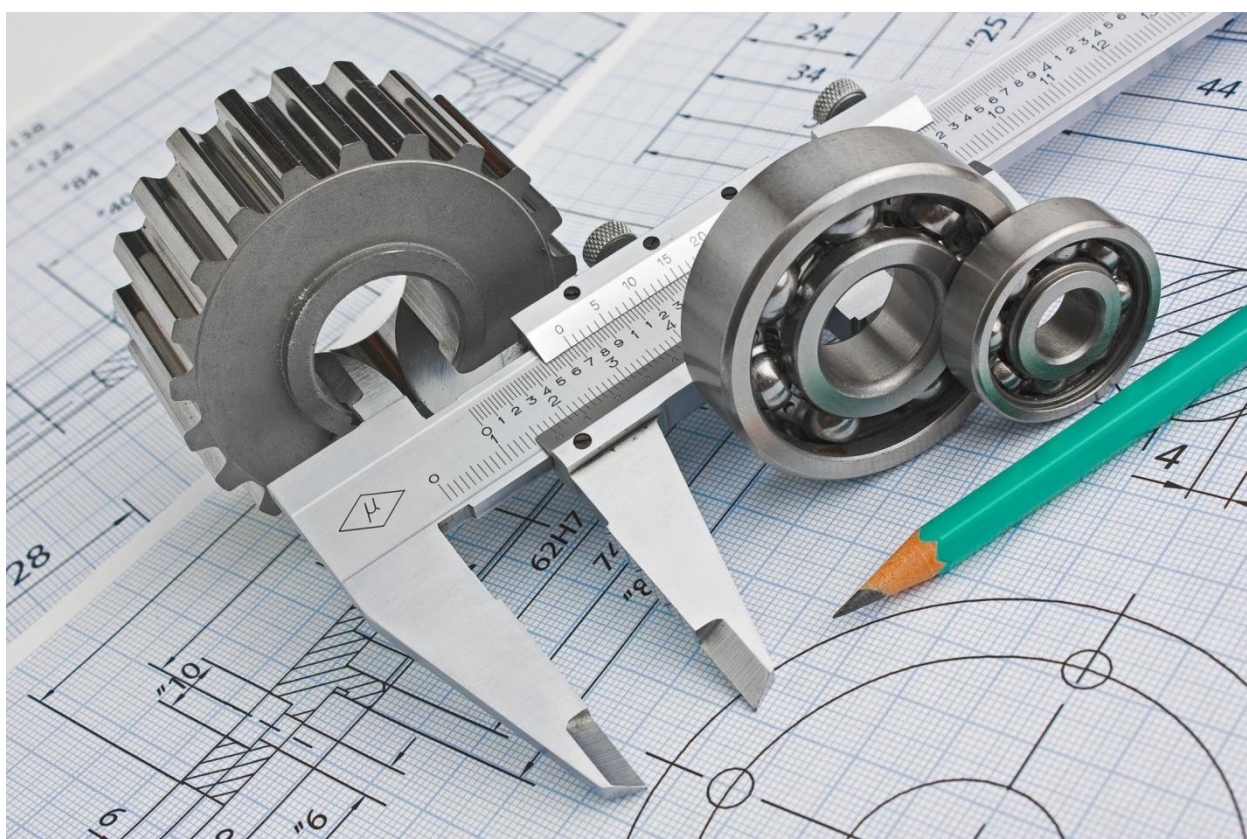


В.М. Медунецкий, Ю.С. Монахов

**КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКИХ
КОМПОНЕНТОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ**



**Санкт-Петербург
2021**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

В.М. Медунецкий, Ю.С. Монахов
КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКИХ
КОМПОНЕНТОВ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО
по направлению подготовки 12.03.01, 15.03.04
в качестве учебного пособия для реализации основных профессиональных
образовательных программ высшего образования бакалавриата

 УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург
2021

Медунецкий В.М., Монахов Ю.С., Конструкторско-технологическое обеспечение качества механических компонентов мехатронных систем – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 48 с.

Рецензент:

Помпеев Кирилл Павлович, кандидат технических наук, доцент, доцент (квалификационная категория "ординарный доцент") факультета систем управления и робототехники, Университета ИТМО.

В настоящем учебном пособии рассмотрены основные положения теории и практики обеспечения качества механических компонентов различных мехатронных систем, а также ряд тем, которые возникают в области формирования, обеспечения и повышения уровня качества промышленных изделий в целом, с учётом существующих тенденций в современной промышленности. В пособии уделяется большое внимание взаимосвязи конструкторских решений с технологическими. Рассматриваются вопросы обеспечения качества изделий на стадии их разработки и проектирования. В данной работе также уделено внимание основным и актуальным вопросам сертификации механических изделий.

Учебное пособие предназначено для бакалавров, обучающихся по дисциплине «Метрология, обеспечение качества и сертификация промышленных изделий» по специализациям «Цифровые технологии в приборостроении» и «Индустриальные киберфизические системы», а также для магистров, обучающихся по дисциплине «Конструирование мехатронных систем» специализации "Робототехника" при организации самостоятельной работы обучающихся и выполнении практических заданий.



Университет ИТМО – национальный исследовательский университет, ведущий вуз России в области информационных, фотонных и биохимических технологий. Альма-матер победителей международных соревнований по программированию – ICPC (единственный в мире семикратный чемпион), Google Code Jam, Facebook Hacker Cup, Яндекс.Алгоритм, Russian Code Cup, Topcoder Open и др. Приоритетные направления: IT, фотоника, робототехника, квантовые коммуникации, трансляционная медицина, Life Sciences, Art&Science, Science Communication. Входит в ТОП-100 по направлению «Автоматизация и управление» Шанхайского предметного рейтинга (ARWU) и занимает 74 место в мире в британском предметном рейтинге QS по компьютерным наукам (Computer Science and Information Systems). С 2013 по 2020 гг. – лидер Проекта 5–100.

© Университет ИТМО, 2021
© Медунецкий В.М., Монахов Ю.С., 2021

Оглавление

Введение	4
ПЕРВАЯ ЧАСТЬ. Качество промышленных изделий и основные подходы к его обеспечению (понятие качества, основные термины и определения, управление качеством)	5
ВТОРАЯ ЧАСТЬ. Стандартизация и метрология - основа обеспечения качества промышленных изделий.....	22
ТРЕТЬЯ ЧАСТЬ. Обеспечение качества на стадии проектирования и конструирования (на примерах механических элементов мехатронных систем).....	30
ЧЕТВЕРТАЯ ЧАСТЬ. Обеспечение качества изделий технологическими методами	36
Список используемых источников.....	44

Введение

Качеству продукции всегда уделялось и в настоящее время уделяется большое внимание, так как оно занимает одно из важных мест в экономической и предпринимательской деятельности.

С самых общих позиций под качеством следует понимать совокупность свойств и характеристик продукции. Свойства и характеристики конкретных изделий формируются при проектировании и изготовлении изделий и во многом зависят от требований потребителей. Они могут быть самыми разнообразными по уровню и по сочетанию. Поэтому качество промышленных изделий необходимо обеспечивать в том или ином виде всегда относительно запросов потребителей. Под обеспечением качества понимают процесс формирования необходимых и требуемых свойств и характеристик продукции. На качество продукции влияют различные факторы: качество проектирования, технологическая подготовка производств, уровень технологий, качество используемых покупных изделий и материалов, условия труда и т.д.

Формирование качества продукции обеспечивает вся производственная деятельность предприятия. Исходными компонентами обеспечения качества продукции являются как технические, так и административные. Обеспечение качества промышленных изделий полностью связано с таким понятием, как управление качеством, под которым понимается процесс воздействия на производство с помощью различных методов, чтобы достичь требуемого уровня качества промышленных изделий [1].

Следует отметить, что отношение к качеству и, соответственно, к его обеспечению на производстве прошло достаточно длительную и определённую эволюцию. Надо выделять три основных периода: качество изделий – система качества – менеджмент системы качества.

Современная практика показывает, что основным компонентом экономического сотрудничества и взаимовыгодного международного товарооборота является сертификация промышленных изделий. Сертификация возникла за счёт объединения потребителей продукции с целью контроля за её качеством и, таким образом, сформировались специальные центры сертификации. Если в основе системы управления качеством промышленной продукции – метрология и стандартизация, которые выполняют функции нормативного обеспечения качества продукции, то сертификация является оценкой и некоторым подтверждением достоверности соответствия данной продукции требованиям стандартов и техническим условиям.

Таким образом, обеспечение качества и сертификация промышленной продукции полностью связано со стандартизацией и метрологией.

Метрологическое обеспечение промышленных изделий необходимо на всех этапах формирования качества промышленной продукции, а использование стандартов является фактической реализацией содержащихся в них нормативных требований, которые способствуют улучшению качества промышленной продукции.

Качество механических компонентов мехатронных систем обеспечивается грамотной и комплексной организацией процессов разработки и изготовления изделий, средств их технологического оснащения и автоматизации, выборе оптимальных технологий и технических средств (в том числе вычислительных) для реализации процессов проектирования, изготовления, диагностики и программных испытаний этих компонентов. Несомненно, что для обеспечения требуемого качества продукции важен правильный выбор материалов, технологической оснастки и инструментов, средств диагностики и автоматизации, а также метрологическое обеспечение всех указанных выше этапов.

ПЕРВАЯ ЧАСТЬ. Качество промышленных изделий и основные подходы к его обеспечению (понятие качества, основные термины и определения, управление качеством)

Трактовка понятия качества продукции имеет существенное значение в существующей практической деятельности, потому оно конкретно регламентировано стандартом: ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения». Согласно этому нормативному документу под качеством понимается совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с её назначением. Под *свойством* продукции понимается объективная способность продукции, которая может проявляться при ее создании, эксплуатации и потреблении.

В соответствии с международным стандартом ИСО 9000:2000 *качество* – это совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают ей способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности.

Международный стандарт определяет качество как совокупность характерных свойств, формы, внешнего вида и условий применения, которыми должны быть наделены товары для соответствия своему назначению. Эти компоненты определяются требованиями к качеству, которые должны реализованы на этапе проектирования в технических характеристиках изделий, в конструкторской документации и технических условиях, которые

предусматривают конкретные параметры (конструктивные параметры, качество сырья и т.д.)

Стоит отметить, что подходы по количественной оценке качества промышленной продукции реализуется в таком разделе науки, как квалиметрия, где рассматриваются способы измерения и методы количественной оценки качества промышленных изделий и услуг [1, 2, 3].

Можно последовательно привести основные понятия и термины по качеству промышленной продукции в соответствии с ГОСТ 15467-79, которые используются в существующей практике.

Показатель качества продукции: количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления

Признак продукции: качественная или количественная характеристика любых свойств или состояний продукции

Параметр продукции: признак продукции, количественно характеризующий любые ее свойства или состояния

Единичный показатель качества продукции: показатель качества продукции, характеризующий одно из ее свойств

Комплексный показатель качества продукции: показатель качества продукции, характеризующий несколько ее свойств.

Определяющий показатель качества продукции: показатель качества продукции, по которому принимают решение оценивать ее качество.

Интегральный показатель качества продукции: показатель качества продукции, являющийся отношением суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

Индекс качества продукции: комплексный показатель качества разнородной продукции, выпущенной за рассматриваемый интервал, равный средневзвешенному относительных значений показателей качества этой продукции.

Коэффициент дефектности продукции: среднее взвешенное; количество дефектов, приходящееся на единицу продукции.

Индекс дефектности продукции: комплексный показатель качества разнородной продукции, выпущенной за рассматриваемый интервал, равный средневзвешенному коэффициентов дефектности этой продукции.

Коэффициент весомости показателя качества продукции: количественная характеристика значимости данного показателя качества продукции среди других показателей ее качества

Базовое значение показателя качества продукции: значение показателя качества продукции, принятое за основу при сравнительной оценке ее качества.

Относительное значение показателя качества продукции: отношение значения показателя качества оцениваемой продукции к базовому значению этого показателя.

Регламентированное значение показателя качества продукции: значение показателя качества продукции, установленное нормативной документацией.

Номинальное значение показателя качества продукции: регламентированное значение показателя качества продукции, от которого отсчитывается допустимое отклонение

Предельное значение показателя качества продукции: наибольшее или наименьшее регламентированное значение показателя качества продукции.

Оптимальное значение показателя качества продукции: значение показателя качества продукции, при котором достигается либо наибольший эффект от эксплуатации или потребления продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию или потребление, либо заданный эффект при наименьших затратах.

Допустимое отклонение показателя качества продукции: отклонение фактического значения показателя качества продукции от номинального значения, находящееся в пределах, установленных нормативной документацией.

Важный показатель, который наиболее часто используется в практике - уровень качества продукции. Этот показатель является относительной характеристикой качества продукции, которая основана на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми значениями соответствующих показателей [4, 5].

Также в существующей практике используют такое понятие, как технический уровень качества продукции. Оценка технического уровня продукции заключается в установлении соответствия продукции национальному, региональному и мировому уровню качества. При этом соответствие оцениваемой продукции устанавливается на основе сопоставления значений показателей так называемого технического совершенства изделий и базовых образцов.

Надо отметить, что продукция, которая соответствует высокому уровню качества, определяет технический прогресс. Она должна обеспечивать экологическую безопасность и удовлетворять потребности потребителей.

Промышленная продукция, которая по показателям технического уровня и качества соответствует современным требованиям стандартов (технических условий), удовлетворяет потребителей, экологически безопасна, характеризуется стабильностью показателей технического уровня и качества, основанной на строгом соблюдении технологической дисциплины и высокой культуре производства [6, 7].

Следует отметить, что раньше для обеспечения качества продукции предприятия ориентировались, прежде всего, на технический уровень качества продукции без учета запросов потребителей. Однако потребитель предполагает

качественной ту продукцию, которая отвечает его запросам и условиям использования.

Качество продукции может быть представлено, как экономическая категория, так как оно связано с потребительской стоимостью. Потребительскую стоимость следует рассматривать как совокупность полезных свойств товара в конкретных условиях.

Таким образом, качество технической продукции оценивается показателями ее технического уровня (уровня качества, уровня технического совершенства) на всех этапах жизненного цикла изделия: при проектировании и конструировании, при изготовлении и в процессе эксплуатации. Система качества, регламентированная международными стандартами, охватывает весь жизненный цикл изделия, от проектирования до утилизации, и распространяется на такие направления, как материально-техническое обеспечение, сбыт и обслуживание, маркетинг [8, 9].

Управление качеством промышленной продукции

Эффективности производства заключается в постоянном повышении технического уровня и качества выпускаемой продукции. Любые высококачественные изделия всегда оцениваются высоко и, соответственно, имеет спрос у потребителя. Поэтому подход к стратегии производства и предпринимательства состоит в том, что качество изделий является эффективным конкурентным средством в удовлетворении запросов потребителей и уменьшении издержек производства. Для достижения повышения качества продукции необходимо иметь возможность управлять и влиять на качество выпускаемой продукции.

Под управлением качеством продукции понимают планомерный, постоянный процесс воздействия на всех уровнях на условия и факторы, которые обеспечивают изготовление продукции оптимального качества. Система управления качеством продукции представляет собой совокупность взаимосвязанных субъектов управления, используемых методов и функций управления на различных этапах жизненного цикла продукции.

Для эффективной организации управления качеством продукции необходимо, чтобы были четко выделены субъект управления, объект управления и соответствующая цель управления.

Объект управления - качество производимой продукции. Иногда в качестве объекта выступает технический уровень, производимой продукции, либо её конкурентоспособность, или какой-либо определённый показатель, либо конкретная характеристика.

Субъект управления - это те управляющие органы предприятия всех уровней, которые обеспечивают содержание и достижение планируемого уровня качества продукции [10, 11, 12, 13].

Целью управления качеством следует считать достижимый уровень качества продукции с учетом экономических интересов предприятия и потребителя, а также требований экологии и безопасности производимой продукции.

Системный подход к управлению качеством продукции предполагает четкое взаимодействие всех отделов и органов управления предприятием.

Таким образом, система управления качеством продукции представляет собой совокупность управленческих действий на предприятии или организации. Система управления качеством продукции включает следующие функции:

- функции оперативного, тактического и стратегического управления;
- функции принятия решений, управляющих воздействий и анализа;
- общие и специализированные функции на всех стадиях жизненного цикла изделий.
- функции управления по производственным, научно-техническим, экономическим и социальным направлениям [14].

Методы и средства управления качеством промышленной продукции заключаются в воздействии на компоненты производственного процесса, который обеспечивает достижение запланированного уровня качества продукции.

Для управления качеством изготавливаемой продукции используют в основном четыре группы методов:

1. экономические методы, они обеспечивают такие условия, которые позволяют побуждать коллективы организаций исследовать запросы потребителей с целью изготовления продукции, удовлетворяющей рынок потребления;

2. методы материального стимулирования работников предприятия;

3. организационные методы, которые осуществляются путём обязывающих приказов, директив, указаний и требований нормативной документации;

4. воспитательные методы, которые влияют на участников производства с целью побуждения их качественному труду и выполнению определённых функций для обеспечения качества производимой продукции.

Выбор конкретных методов управления качеством производимой продукции и выявление наиболее эффективного их сочетания является важным процессом [15].

Основные термины и определения в области управления качеством регламентированы ГОСТом 15467-79 – Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. К ним относятся, к примеру, такие понятия и определения, как свойство продукции, оценка уровня качества продукции, годная продукция, дефект, индекс дефектности продукции, государственная аттестация продукции, прогнозирование качества продукции, планирование качества продукции, контроль качества продукции, надзор за качеством продукции [15, 16, 17, 18].

Основные этапы подходов к обеспечению качества промышленных изделий

Исторически так сложилось, что для понятия качества и развития документированных систем качества можно выделить следующие подходы (пять основных этапов).

Этап первый. Он соответствует исходным задачам системного подхода к управлению качеством, это - система Тейлора (1905 г.). С точки зрения организации она устанавливала технические и производственные нормы, которые исполнители обязаны выполнять. Устанавливались требования к качеству изделий (прежде всего – деталей) в виде полей допусков. Для этого использовались определенные шаблоны, которые были изготовлены на верхнюю и нижнюю границы допусков (проходные и непроходные калибры). Для реализации такой системы в производственном процессе были введены инспекторы (технические контролеры). Также использовалась система мотивации, которая предусматривала штрафы за дефекты и брак. Эта система сводилась к профессиональному обучению работать с измерительным и контрольным оборудованием.

Взаимоотношения потребителей и изготовителей базировались на основе требований, которые устанавливались в технических условиях (ТУ), выполнение которых необходимо было выполнять при входном и выходном контроле. Таким образом, система Тейлора управления качеством сводилась к качеству каждого отдельного изделия (каждой детали, сборочной единице) [3].

Этап второй. Так как любая продукция является итогом производственного процесса, то для повышения качества изделий необходимо управлять этими процессами. В связи с этим в 1924 г. в компании «Bell Telephone Laboratories» впервые был введен статистический метод управления качеством продукции. Были разработаны так называемые контрольные карты и таблицы выборочного контроля, с помощью которых реализуется статистический метод управления качеством. В этом направлении работали Г.Додж, Г.Ромингом, Э.Деминг и Д.Джуран. В частности, Э.Деминг предложил частично отменить оценку конкретных заданий и результатов их выполнения. Он считал, что необходимо ставить и оценивать долгосрочные задания. Д.Джуран, развивая точку зрения Э.Деминга, посчитал очень важным ориентироваться на запросы потребителей и дополнил статистические методы оценки качества изделий систематическими методами.

На этом этапе задачи по улучшению качества стали сложнее, и поэтому в организациях появилась должность специалиста по качеству, которому вменялось в обязанность анализировать все процессы по повышению качества производимой продукции, а также причины возникающих дефектов изделий. Таким образом, появилась возможность своевременного выявления причин дефектов и их устранение. С целью стимулирования работников предприятия (организации) стали учитывать точность выполняемых процессов. Работников стали специально

обучать статистическим методам анализа. Более сложными стали отношения поставщиков с потребителями, был введён статистический приёмочный контроль [3, 19].

Этап третий. В 1950-ых годах появилась так называемая концепция тотального (всеобщего) контроля качества TQC (Total Quality Control). Автор данной концепции – американский ученый А.Фейгенбаум, который изложил новый подход к качеству в своей работе «Комплексное управление качеством». Отличительной особенностью данной концепции TQC является прогнозированное потенциальных несоответствий в производимой продукции и их устранение уже на стадии конструкторской разработки. Стали вводить сервисную службу обслуживания, а также надзор за соответствием требуемым параметрам качества изделий. А.Фейгенбаум предложил изучать причины несоответствия качества производимой продукции. Также он предложил разработку системы учёта качества.

На качество продукции влияют различные факты, поэтому необходим такой подход, который заключается в том, чтобы выделить основные из них. Также необходимо учитывать взаимосвязь различных факторов.

Для комплексного контроля и управления качеством следует также учитывать этапы производства, взаимосвязь подразделений производства, которые участвуют в решениях по обеспечению и повышению качества производимой продукции.

В Японии TQC получило дальнейшее развитие. В частности, можно сослаться на работу профессора К. Исикавы, который предложил рассматривать качество как задачу менеджмента. Он считал, что в повышении качества продукции необходимо участие практически всех сотрудников предприятия, участие в мероприятиях по его повышению. В отличие от концепции предложенной американцами, он посчитал необходимым «управление качеством в масштабе компании» («Company Wide Quality Control»). Можно также отметить, что в Германии Филип Б. Кросби был одним из приверженцев так называемой всеобщей концепции качества. В 60-х годах XX века он подробно изложил свой подход «ноль дефектов» по обеспечению и повышению качества продукции. Кросби предложил сконцентрироваться на задачах управления организации (предприятия) и внедрять предпринимательскую культуру, основой которой является осознание значения качества, образ мышления, сориентированный на достижение результата - «ноль дефектов».

На предприятиях появились документированные системы качества, которые стали устанавливать ответственность и полномочия исполнителей, а также взаимодействие руководства предприятия по обеспечению качества с неспециалистами служб качества. Системы мотивации на предприятиях стали видоизменяться в сторону морального стимулирования.

Лидером концепции TQC первоначально стала Япония, несмотря на то, что основные компоненты TQC были разработаны в Европе и США.

На европейских предприятиях большое внимание уделяли документированию систем качества и их сертификации независимой стороной. Также взаимоотношения «поставщик - потребитель» начинают предусматривать сертификацию производимой продукции третьей независимой стороной. Повысились требования к качеству входных используемых материалов по заключаемым договорам (контрактам) и повысилась ответственность их выполнения.

В России (во времена СССР) в этот период подхода к качеству продукции также были разработаны системы качества. К примеру: система бездефектного изготовления продукции в городе Саратов, в основе которой – обеспечение самоконтроля исполнителем; научная организация по качеству в городе Ярославль (основа – планомерный и систематический контроль на всех этапах жизненного цикла изделий); система КАНАРСПИ «качество, надёжность, ресурс с первых изделий» в городе Горьком. Автором данной системы по обеспечению качества стал Т.Ф. Сейфи, он в определённой мере перенёс вопросы обеспечения качества с производства на проектирование, а также придавал и большое значение испытанию производимой продукции [3, 20, 21. 22].

Этап четвёртый. Начало данного этапа следует отнести к 80-ым годам, когда начался переход от тотального контроля качеством (TQC) к тотальному менеджменту качества (TQM). В эти годы появились новые международные стандарты системы качества - стандарты ИСО 9000 (1987г.), которые оказали существенное влияние на менеджмент и обеспечение качества. В 1994 г. вышла новая версия данных стандартов, где было уделено большее внимание вопросам обеспечения качества программных систем, обрабатываемым материалам и услугам.

Специфика тотального менеджмента (управления) качеством состоит в том, что на первый план выдвигается в основном качество продукции и работа организации (предприятия) подчиняется этой цели. До этого ранее на предприятиях принимались только некоторые компромиссные решения по ряду параметров: объем выпускаемой продукции, сроки поставки, затраты на качество. Теперь управление всеми направлениями деятельности предприятия формируется исходя из интересов повышения качества выпускаемой продукции. Это явилось радикальным подходом к обеспечению и повышению качества промышленных изделий на данном этапе развития промышленного производства и сферы услуг.

Если TQC — это управление качеством с целью выполнения установленных требований, то TQM — еще и управление целями и самими требованиями. TQM включает также обеспечение качества, которое стало трактоваться как система мер, которая даёт потребителю уверенность в качестве продукции приобретённой продукции. Система TQM является как бы комплексной системой, которая

ориентирована на постоянное улучшение качества, а также минимизацию производственных затрат, выполнению поставок точно в обозначенные сроки. Таким образом, основная идеология TQM основывается на принципе «улучшению нет предела» и его целевая установка – стремление к нулю дефектов, к нулю непроизводственных затрат, к поставкам точно в срок. Однако есть понимание, что практически достичь таких пределов нет возможности, но стремление должно быть, и на достигнутых результатах не следует останавливаться. Эта идеология в профессиональном сообществе получила название «постоянное улучшение качества» (quality improvement).

В системе TQM используются адекватные целям методы управления качеством. Одной из важных особенностей данной системы является использование коллективных форм и методов поиска, анализа и решения проблем, постоянное участие в улучшении качества всего коллектива. В результате TQM – это всеобщий контроль качества, QPolicy – политика качества, QPlanning – планирование качества, QI – улучшение качества, QA – обеспечение качества.

На этом этапе к подходу качества возрастает роль персонала предприятия и его обучения. Мотивация существенно повышается, и работники организации самостоятельно увеличивают время своей работы, появился такой тип работников, как «трудоголики». Более основательным становится обучение работников, и оно сопровождает их в период их всей трудовой деятельности. Формы обучения становятся активными, и используются так называемые деловые игры, различные тесты, в том числе и компьютерные. Появляются и используются различные приемы развития творческих способностей персонала.

Взаимоотношения поставщиков и потребителей осуществляются только с учётом сертификации систем качества на соответствие стандартам ИСО 9000. Целевая установка систем качества на основе стандартов ИСО серии 9000 – это обеспечение качества продукции по требуемому уровню заказчика, а также предоставление доказательства способности предприятия выполнить заказ по заявленному уровню.

Как результат – во многих случаях наличие у предприятия сертификата качества стало одним из основных условий его допуска к различным тендерам. Применение сертификата качества также было введено и в страховое дело. Его наличие стало свидетельствовать о надёжности предприятия.

В современных условиях для успешной деятельности предприятий наличие системы качества, которые соответствуют стандартам ИСО серии 9000, и наличие сертификата качества стало практически необходимым условием. Поэтому в настоящее время в России имеется достаточно много предприятий, которые используют стандарты ИСО серии 9000 и имеют сертификаты на собственные системы качества [3, 22, 23].

Этап пятый. В начале 90-х годов усилилось влияние потребительского сообщества на предприятия, которые вынуждены учитывать интересы общества.

Данное обстоятельство привело к формированию стандартов серии ИСО 14000, которые устанавливают требования к системам менеджмента с позиций, прежде всего, защиты окружающей среды и безопасности используемой продукции.

Сертификация систем качества по соответствию стандартам ИСО 14000 становится достаточно популярной наряду со стандартами ИСО 9000. Таким образом, существенно возросло влияние гуманной составляющей качества промышленных изделий, а также возрастает внимание руководителей организаций и предприятий к удовлетворению потребностей работающего персонала. Главное достижение на пятом этапе подхода к обеспечению качества – внедрение в практику методов оценки предприятий со стороны общества [19].

Основные положения стандартов ИСО серии 9000

В нынешних условиях предприятия и организации для повышения своей конкурентоспособности вынуждены обеспечивать подтверждение уровня качества своей продукции и предоставляемых услуг. Высокая репутация предприятия привлекают потребителей и партнёров.

Сейчас сложилась такая тенденция, что при равнозначной продукции выбирают в качестве поставщика, партнёра ту организацию, которая имеет наиболее высокую репутацию. Чем больше авторитетных организаций дают положительные отзывы о работе предприятия, тем больше шансов обойти конкурентов. Поэтому предприятия стремятся у нее заручиться поддержкой тех организаций, к которым высокий авторитет. Одной из таких международных организаций, чья компетентность и объективность сейчас не требует подтверждений, является Международная Организация по Стандартизации - ISO (International Organization for Standardization). В этой организации разработана серия стандартов по качеству ИСО 9000, которые применимы к любым предприятиям независимо от масштаба и сферы деятельности. Основой стандартов ИСО 9000 является комплексный подход к управлению качеством - Total Quality Management (TQM).

Предприятие или организация, которая способна предъявить сертификат серии ИСО 9000, обладает высокой и неоспоримой поддержкой авторитетной международной организации ISO, так как сертификат на соответствие стандартам ИСО 9000 является официальным подтверждением гарантии качества продукции и услуг. Наличие сертификата ISO 9000 является признаком успешного развития предприятия.

Национальные стандарты по системам качества впервые были введены в Великобритании в 1983 году. Далее на предприятиях стали разрабатывать и внедрять в свою практическую деятельность различные методики сертификации. Однако настоящий бум по внедрению систем качества в работу предприятий произошел после издания. В 1987 г. были изданы рекомендации Международной

организацией по стандартизации ISO группы стандартов ИСО 9000 по управлению качеством и обеспечению качества.

Серия стандартов ИСО 9000 состоит из четырех основных стандартов:

- *ИСО 9000, Системы менеджмента качества - Основные положения и словарь;*
- *ИСО 9001, Системы менеджмента качества - Требования;*
- *ИСО 9004, Системы менеджмента качества - Рекомендации по улучшению деятельности;*
- *ИСО 19011, Руководство по аудиту систем менеджмента качества и/или охраны окружающей среды.*

Стандарты ИСО 9000 были пересмотрены в 1994 году и далее - в 2000 году [24, 25, 26].

Сущность стандартов семейства ИСО 9000 и принципы менеджмента качества

Сущность стандартов серии ИСО 9000 заключается, прежде всего, в экономически целесообразном применении "правила доверия", которое позволяет рационально пользоваться существующими ресурсами предприятия. Для того чтобы понимать суть стандартов ИСО 9000, следует четко разделять два таких основных понятия, как сертификация «Систем менеджмента качества» (СМК) и «Управление качеством». Управление качеством – одна из главных функций предприятия, которая обеспечивает качество продукции на требуемом уровне за счет рационального управления производством. Стандарты серии ИСО 9000 предлагают методики разработки и формирования системы управления качеством, которая далее должна быть официально сертифицирована, то есть признана и проверена независимым аккредитованным органом по сертификации.

Сертификация «Системы менеджмента качества» показывает партнёрам и потребителям, что СМК данного предприятия разработана и организована с учетом заданных требований и эффективно функционирует, что позволяет обеспечивать необходимое качество продукции и услуг.

Стандарты серии ИСО 9000 получили распространение во многих странах с развитой экономикой, в России, начиная с 2008 года, введена серия стандартов ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (аналог ИСО 9001: 2008).

Также можно отметить, что суть стандартов серии ИСО заключается в некоторой их универсальности. Данные стандарты не предлагают конкретных критериев качества для отдельного вида продукции или услуг, так как это практически невозможно. Качество – это способность продукции или услуг удовлетворять потребности потребителей. Стандарты ИСО 9000 задают некоторую методологию функционирования и регулирования системы качества с учетом изменения запросов потребителей [27].

Стандарты ИСО серии 9000 отражают как бы идеологию менеджмента качества, которая является основой для формирования и развития системы качества для любой организации. В основе системы менеджмента качества лежат 8 принципов, которые первоначально введены в текст данных стандартов в 2000 году, а далее более чётко были сформулированы и в стандарте ИСО 9000: 2005 "Система менеджмента качества. Основные принципы и словарь":

1. Ориентация на потребителя.

Любое предприятие во многом зависит от потребителей, поэтому руководство должно понимать текущие и прогнозировать их будущие потребности. В основе любой деятельности предприятия лежит ориентация на потребности потребителя.

2. Лидерство руководителя.

Руководители предприятия должны обеспечивают единство направления деятельности, создавать и поддерживать такую внутреннюю атмосферу, где работники полностью вовлечены в решение текущих задач данного предприятия.

3. Вовлечение работников.

Сотрудники всех уровней должны составлять такую основу организации, чтобы обеспечивать использование их способностей для решения задач повышения качества выпускаемой продукции.

4. Процессный подход.

Требуемый результат достигается более эффективно, когда деятельностью предприятия и соответствующими его ресурсами управляют как процессом. Любую деятельность предприятия следует рассматривать как процесс, таким образом, необходимо строго обозначать конкретные и однозначные входы и выходы, а также ресурсы, операции и их взаимосвязь.

5. Системный подход к менеджменту.

Менеджмент взаимосвязанных процессов представляет собой систему, которая должна содействовать повышению эффективности и результативности деятельности предприятия для достижения поставленных целей. Этот принцип направлен на то, чтобы любые управляющие действия на предприятии необходимо осуществлять с учётом взаимосвязи всех процессов и систем в организации.

6. Постоянное улучшение.

Постоянное улучшение функционирования организации необходимо всецело рассматривать как её намеченную цель. Этот принцип направлен на необходимость постоянного развития предприятия.

7. Принятие решений, основанное на фактах.

Любые управляющие решения должны приниматься на основе анализа данных и текущей информации. Управляющие воздействия должны осуществляться на основе только объективных данных, а не на предположениях и субъективных мнений.

8. Взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Данный принцип позволяет повысить способность к выработке совместных ценностей на потребительском рынке, он позволяет ориентировать предприятие на развитие деловых отношений со своими поставщиками.

Надо особо отметить, работа предприятия на обеспечения качества производимой продукции зависит от руководителей и от сотрудников, которые понимают и внедряют в практику своей работы вышеуказанные принципы менеджмента качества [28, 29, 30, 31].

Также следует отметить, что подтверждение качества производимой продукции и услуг любой организации или предприятия является независимая оценка по предъявляемым требованиям к качеству выполняемых на предприятии процессов, которые регламентированы стандартами серии ИСО 9000 [26].

Квалиметрический подход к оценке качества изделий

В существующей практике нередко требуется оценить качество промышленных изделий через количественные характеристики. Вопросы именно количественной оценки качества рассматриваются в такой научной дисциплине, как квалиметрия. **Квалиметрия** (от латинского «квали» – качество и древнегреческого «метро» – измерять) изучает методологию и проблемы количественной оценки качества.

Квалиметрия как научная дисциплина возникла в 1960-х годах, так как в эти годы объективно возникла потребность в такой дисциплине, которая обеспечивает научное обоснование методик с точки зрения количественной оценки качества [32, 33, 34].

Сейчас различают прикладную и теоретическую квалиметрию. Первая формирует прикладные методики оценивания качества, а вторая посвящена общим вопросам методологии количественного оценивания качества неконкретных объектов (абстрактных математических понятий).

Начиная с 1979 г., термин «квалиметрия» является стандартным: ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» [32, 34].

Надо отметить, что квалиметрия является межотраслевой научной дисциплиной и она связана с метрологией, экспериментальной психологией (экспертные методы оценки качества), с прикладной математикой, а также с аксиологией (теория ценностей), с теорией экономической эффективности [35, 36].

Особенности и сферы применения основных методов квалиметрии

В настоящее время существует достаточно большое число методов квалиметрических методов оценки качества. Их разделяют на точный метод, упрощённый метод оценки качества и приближённый. Понятно, что, к примеру,

упрощённый метод характеризуется значительно меньшей точностью, надёжностью и трудоёмкостью.

Также существенный признак, по которому классифицируют методы квалиметрии – это по источник информации о значениях существенных числовых характеристик, которые определяются в процессе оценивания.

Для определения таких значений различных характеристик используют в практике три группы методов: экспертные, неэкспертные и смешанные.

Экспертные методы оценивания качества – это методы, с помощью которых числовые характеристики формируют эксперты.

Неэкспертные методы (аналитические) – это методы, в которых определение значений каких-либо характеристик формируют математически.

Смешанные методы – методы, в которых используются частично значения числовых характеристик оцениваемого объекта экспертным методом и частично математически.

В существующей отечественной и зарубежной практике оценивания качества во многих случаях используют смешанные методы [36, 37, 38].

Сертификация изделий и производств, сущность и содержание

С развитием экономических отношений, в том числе и внешнеторговых, появилась необходимость в проведении объективных испытаний и оценки качества продукции независимыми экспертами. Такая информация по соответствию стандартам необходима потребителю и органам инспекции, страховым компаниям, правительственным учреждениям. Сертификация стала основным и достоверным источником объективной информации о соответствии продукции или услуг заданным требованиям. В настоящее время это обеспечивает так называемая сертификация изделий и услуг.

Под сертификацией понимается процедура, с помощью которой третья сторона (это юридическое лицо или признанные независимые органы) удостоверяет письменно и гарантирует, что данная продукция или услуга соответствует заданным требованиям. Общеизвестным методом такого доказательства является сертификация соответствия (certificate of conformity), то есть такой документ, который выдаётся в соответствии с установленными правилами системы сертификации. Этот документ указывает, что продукция или услуга соответствуют конкретному стандарту или какому-либо другому нормативному документу.

Соответствие заданным требованиям подтверждается определенными испытаниями, которые заключаются в установлении одной или нескольких характеристик продукции в соответствии с общепринятой процедурой и правилам. Система сертификации использует любые стандарты, правила и нормы по соответствию требованиям, которых. Испытания проводят в специально созданных испытательных лабораториях. Систематическую поверку степени

соответствия установленным требованиям в практике называют оценкой соответствия. В понятие оценки соответствия также принято включать контроль, который проводится путем измерения конкретных характеристик исследуемой продукции.

Поэтому сертификация – это комплекс некоторых последовательных действий, по результатам которых выдаётся специальный документ - сертификат или знак соответствия, которые подтверждают соответствие продукции требованиям международных или национальных стандартов. В практике это повышает конкурентоспособность предприятия-производителя продукции. В переводе с латыни сертификация означает «сделано верно».

Существуют два вида сертификации:

а) самосертификация – это гарантия соответствия продукции установленным показателям самим производителем;

б) сертификация независимыми органами, к примеру – Госстандартом [14, 39].

Субъекты сертификации (участники сертификации): первая сторона – это производители продукции и поставщики; вторая сторона – это заказчики и получатели продукции; третья сторона – это орган, осуществляющий сертификацию соответствия.

Целями сертификации являются: создавать условия для деятельности предприятий и организаций на рынке товаров; содействовать потребителям в компетентном выборе продукции; защищать потребителей от недобросовестных изготовителей; контролировать безопасность продукции для окружающей среды и здоровья потребителей; подтверждать показатели качества продукции, которые заявлены изготовителем.

Задачами сертификации являются прежде всего формирование систем сертификации однородной продукции и формирование номенклатуры обязательных показателей.

Система сертификации промышленной продукции имеет собственные правила, процедуры и управления на проведение сертификации соответствия. Российская система сертификации, которая предназначена для проведения обязательной сертификации, была введена с 1 мая 1992 года Законом РФ «О защите прав потребителей». Основными целями системы сертификации со стороны государства являются:

а) защита потребителей от продукции, которая представляет опасность для жизни, здоровья потребителей, а также их имущества и окружающей среды;

б) содействие экспорту и повышение конкурентоспособности продукции [14, 40, 41, 43].

В нашей стране к организационным структурам по сертификации относятся: Госстандарт России, органы по сертификации однородной продукции, как

центральные, так и территориальные, а также испытательные центры (лаборатории) [40, 45, 46].

К стандартам, которые используются для сертификации, предъявляются определённые требования. Стандарт должен включать только те характеристики, которые могут быть объективно проверены. Если при сертификации третьей стороной необходимо установить методы контроля производственных процессов, то такие требования вводят в специальные программы сертификации. Стандарт также должен устанавливать последовательность проведения испытаний, если это может повлиять на получение результатов.

В практике различают обязательную сертификацию и добровольную.

Обязательная сертификация реализуется на основании законов и положений для обеспечения доказательства соответствия товара или услуги техническим регламентам и обязательным положениям стандартов. Обязательные требования нормативных документов относятся к безопасности и охране здоровья потребителей, а также охране окружающей среды. Поэтому обязательная сертификация должна обеспечить экологию и безопасность. Во многих странах действуют так называемые прямые законы безопасности производимых изделий. Номенклатура продукции обязательной сертификации устанавливается на государственном уровне.

Добровольная сертификация осуществляется по инициативе производителей по договору, к примеру, между предприятием и органом по сертификации. Нормативные документы, на соответствие которым осуществляются испытания в рамках добровольной сертификации, выбирается заявителем. Системы добровольной сертификации обычно объединяют производителей и потребителей промышленной продукции, которые заинтересованы в развитии сотрудничества на основе долговременных партнерских отношений. Добровольная сертификация возможна только по той продукции, которая не включена в обязательный перечень. Правила добровольной сертификации определяются органами сертификации, и они базируются на рекомендациях региональных и международных организаций в этой области.

Стимулом к добровольной сертификации обычно является повышение конкурентоспособности производимых изделий и их продвижением на рынок, так как предпочтение потребителей все больше ориентируется в своем выборе на сертифицированные товары.

Таким образом, сертификация является важным фактором обеспечения доверия поставляемой продукции, а также решения таких социальных задач, как гарантия безопасности используемой продукции, охрана здоровья и имущества потребителей и защита окружающей среды. Развитие сертификации в разных странах подразумевает взаимное признание результатов сертификации, использовании единых стандартов и признанных процедур для установления соответствия продукции требованиям действующих стандартов [45].

Вопросы для самоконтроля

- какие известны основные подходы к понятию качества промышленной продукции?
- какие основные факторы, влияют на качество промышленной продукции?
- какие задачи реализуются в области квалиметрии?
- какие задачи ставятся перед обязательной и добровольной сертификацией?
- какие методы управления качеством продукции используются на практике?
- чем отличаются стандарты ИСО от национальных стандартов?

ВТОРАЯ ЧАСТЬ. Стандартизация и метрология - основа обеспечения качества промышленных изделий

Надо отметить, что сертификация базируется на стандартизации и на практической метрологии. Она интегрирует стандартизацию и метрологию в некоторую систему.

Повышение качества выпускаемых промышленных изделий в современных условиях без системы стандартизации невозможно, так как роль стандартизации в повышении качества заключается, прежде всего, в применении стандартов, то есть реализация содержащихся в них нормативных требований, которые способствуют улучшению качества выпускаемой продукции.

Стандартизация распространяется на достаточно широкий ассортимент продукции, которая включает как производственные, так и социальные процессы. Стандартизация взаимосвязана с экономикой, так как в итоге она формирует рациональное использование ресурсов (материальных, финансовых, трудовых и информационных).

Можно отметить, что стандартизация – это такая деятельность, которая направлена на достижение оптимального порядка действий в конкретной области путём установления определённых положений для многократного использования существующих задач. Эта деятельность реализуется установлением правил, норм и характеристик (набор требований) с целью обеспечения безопасности выпускаемой продукции или услуг. Регламентируются конкретные действия по информационной, технической совместимости и взаимозаменяемости продукции для достижения качества продукции и услуг в соответствии с уровнем развития техники, технологий и науки, формирования единства измерений; а также безопасности различных промышленных объектов с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций (природных или техногенных).

К нормативным документам по стандартизации, которые действуют в РФ, относятся государственные стандарты, международные стандарты, региональные стандарты, а также различные нормы, правила и рекомендации по стандартизации, общероссийские технические и экономические классификаторы информации, стандарты отраслей и предприятий, стандарты общественных, научно-технических и инженерных и других объединений.

В рамках стандартизации применяются и устанавливаются правила для упорядочения деятельности в различных областях заинтересованными сторонами, к примеру, для обеспечения оптимальной экономии средств при условии выполнения требований эксплуатации и безопасности.

Вопросы стандартизации также затрагивают плановую деятельность по установлению конкретных и обязательных норм, правил требований, выполнение которых позволяет обеспечивать экономически рациональное

качество выпускаемой продукции, повышение производительности труда и использования материальных ценностей для соблюдения требований безопасности. В настоящее время стандартизация является частью предпринимательской стратегией и прикладной экономической политикой. Сейчас ее влияние охватывает практически все сферы общественной жизни [47, 48, 49, 50].

Целью Государственной системы стандартизации (ГСС) является разработка стандартов, которые устанавливают нормы, показатели и требования, которые соответствуют высокому уровню зарубежной, отечественной науки, техники и современного производства, а также содействуют пропорциональному развитию всех областей народного промышленности.

Одной из главных задач Госстандарта является разработка различных мер, которые способствуют повышению эффективности собственно стандартизации для улучшения качества выпускаемой продукции, а также её экономичности производства.

Различают следующие основные категории стандартов.

Государственные стандарты. Они обязательны к применению всеми предприятиями и организациями. Такие стандарты распространяются обычно на межотраслевую продукцию. Параметры, нормы, конкретные требования, термины, показатели качества производимой продукции, обозначения необходимы для обеспечения взаимосвязи и единства различных сфер науки, техники и производства. Это относится, прежде всего, к продукции крупносерийного и массового производства. Государственные стандарты утверждает только Государственный комитет по стандартам. Поэтому объекты государственной стандартизации следующие: организационно-методические, общетехнические правила и нормы для изделий межотраслевого использования; различные требования к продукции, которая поставляется для эксплуатации в сложных климатических условиях; методы и методики их контроля, к примеру, по технике безопасности и производственной санитарии. Также утверждаются научно-технические определения, термины и обозначения; единицы физических различных величин, государственные эталоны, методы и средства измерений, допускаемые погрешности измерений, различные системы конструкторской, технологической, эксплуатационной и ремонтной документации и так далее.

Отраслевые стандарты. Они обязательны для предприятий и организаций, которые относятся к одной отрасли. Также такими стандартами пользуются предприятия и организации других отраслей, которые используют продукцию данной отрасли. Отраслевые стандарты носят в основном организационно-методический характер и устанавливают необходимые требования с целью обеспечения взаимосвязи в производственной и организационной деятельности предприятий и организаций конкретной отрасли.

Стандарты предприятия. На практике они используются только предприятиями (объединениями), которые утвердили данный стандарт. Стандарты предприятия, к примеру, могут распространяться на какие-либо части разрабатываемых и изготавливаемых на данном предприятии промышленных изделий, на внутренние правила и нормы в организации производства и управления, на оснастку и инструмент, на типовые технологические процессы, на конкретные методики контроля [49, 51].

По назначению и содержанию стандарты разделяют на следующие виды: основополагающие; на услуги и продукцию; на процессы (работы); на методы и методики контроля.

Основополагающие стандарты – это нормативные документы, которые имеют широкую область использования или содержащие общие положения в определенной сфере. Основополагающие стандарты с широких позиций предназначены для объектов межотраслевого значения. С узких позиций – основополагающие стандарты определяют общие положения в некоторой «цепочке» стандартизированной системы, к примеру: ГОСТ Р 50779.0-95 «Статистические методы. Основные положения»,

Общетехнические основополагающие стандарты устанавливают научно-технические термины, которые многократно используются в производстве, технике и науке, устанавливаются условные обозначения объектов стандартизации (различные символы, метки, коды), различные требования к оформлению и изложению, к содержанию и оформлению определённых видов документации.

Стандарты на услуги и продукцию определяют требования к каким-либо группам однородной продукции или услуги. Они фиксируют конкретные разновидности стандартов, к примеру - стандарт общих технических условий. По группам однородной продукции в практике разработаны стандарты узкого назначения (стандарт технических требований или стандарт правил приемки и маркировки, упаковки).

Стандарты на процессы или работы определяют требования к выполнению различного рода действий (работ) на определённых этапах жизненного цикла продукции (разработка и изготовление, хранение, транспортирование, и так далее).

Стандарты на работы (и на процессы) содержат требования безопасности для жизни и здоровья потребителей, определяют охрану окружающей природной среды. На современном этапе большое значение для систем обеспечения качества продукции приобретают стандарты на процессы управления (закупками продукции, управление документацией, подготовкой кадров).

Стандарты на методы и методики контроля (это измерения, испытания, анализ) обеспечивают комплексную проверку всех необходимых требований к качеству продукции или услугам. Установленные в таких стандартах методы

контроля обеспечивают объективность, точность и повторяемость результатов. В зависимости от специфики проведения каждого конкретного метода устанавливают средства испытаний, порядок подготовки к испытанию его проведение, правила оценки результатов испытаний и их оформление, допустимые погрешности измерений [52, 53].

Федеральный закон «О техническом регулировании качества» вступил в силу в 2003 году. Для его реализации на практике потребовалась разработка ряда нормативно-технических документов и нормативно-правовых документов. Также были разработаны новые подходы к принципам стандартизации, в основе – добровольное применение и применение международных стандартов в качестве основы для разработки новых национальных стандартов. Надо отметить, что разработанные технические регламенты задают общие и обязательные для исполнения требования, а стандарты устанавливают какие-либо характеристики производимой продукции для добровольного и многократного использования.

Таким образом, процедура разработки технических регламентов и национальных стандартов является открытой, и основу национальных стандартов представляют международные стандарты. В результате стандартизация является одним из методов повышения качества продукции, а также повышения эффективности производства, так как комплексная стандартизация охватывает все стороны и последовательные этапы производственного процесса.

Следует отметить, что Госстандарт России курирует и объединяет стандартизацию, метрологию и сертификацию. Эта взаимосвязь очень важна, но именно на стандартизации базируется единство измерений, а также оценка соответствия продукции заданным требованиям [54].

Влияние стандартизации на развитие производства и качество производимой продукции проявляется по следующим направлениям:

– по экономическому направлению: стандарты обеспечивают объективное сопоставление продукции и услуг (и как следствие – обеспечивают добросовестную конкуренцию).

– по социальному направлению: реализация стандартов на практике обеспечивают достижение необходимых требований в рамках санитарии, здравоохранения и охраны природы.

– по информационному направлению, так как стандарты формируют единство представления информации.

Особо важную и значимую роль в обеспечении качества продукции приобретает метрология.

Метрологическое обеспечение необходимо на всех этапах оценки качества промышленной продукции.

Первоначально следует обеспечить метрологическое обеспечение на этапе подготовки производства. Необходимо реализовать комплекс

организационно-технических мероприятий, которые обеспечат определение с требуемой точностью различных характеристик деталей, узлов и изделий, а также и используемого оборудования. Нормативной основой подготовки производства являются стандарты – государственные, отраслевые, стандарты предприятий и производственная документация. Метрологическое обеспечение подготовки производства содержит:

1. определение и фиксация номенклатуры измерительных параметров и норм точности. Нормы точности измерений определены в стандартах на методы измерений, анализа и испытаний;
2. обеспечение технологических процессов методиками выполнения измерений, которые гарантируют требуемую точность измерений;
3. обеспечение производства необходимыми средствами измерений;
4. обеспечение обслуживания и поверки средств измерений;
5. обеспечение необходимых условий для выполнения измерений, которые установлены научно-технической документацией;
6. подготовка производственных служб и персонала для выполнения контрольно-измерительных процессов;
7. проведение метрологического контроля, а также экспертизы конструкторско-технической документации.

Работы по метрологическому обеспечению подготовки производства выполняют как конструкторские, так и технологические службы. Методическое руководство для реализации всех мероприятий осуществляют государственные и ведомственные метрологические службы [55, 56].

На этапе производства метрологическое обеспечение заключается в проверке и поддержании адекватности организации технологических процессов по всем его этапам. Важным и исходным этапом является входной контроль комплектующих компонентов и поступившего сырья. На этом же этапе необходимо обеспечить анализ метрологического оборудования и соответствующих методов и методик измерений и контроля в соответствии с содержанием требований по ГОСТ 24297-87 «Входной контроль качества продукции». При анализе метрологического обеспечения процессов изготовления следует уделить внимание состоянию используемой технологичной оснастки. Следует также проверять соответствующую документацию как на изготавливаемые изделия, так и на технологическую оснастку и технологические процессы.

Контроль технического оборудования на точность следует проводить для определения соответствия технологического оборудования заданным режимам по технологической документации. Необходимо проводить проверку состояния и адекватного применения средств измерений. Средства измерений периодически подлежат государственным приёмочным испытаниям или метрологической аттестации.

Производственному персоналу (прежде всего отделу технического контроля) необходимо соблюдать регламентированные методики выполнения измерений.

Соблюдение методик измерения осуществляется следующим образом:

1. путём проверки знаний методик измерений производственного персонала, а также требований эксплуатационных документов по системе измерений;
2. путём проверки соблюдения системы измерений и требований эксплуатационных документов на местах;
3. путём контроля результатов измерений, зафиксированных в протоколах и получаемых при проверке результатов измерений [55, 56].

Одним из значимых направлений метрологического обеспечения является метрологическое обеспечение качества по сертификации и стандартизации продукции. Для реализации в практике законов РФ «О защите прав потребителей», «О стандартизации», «О сертификации продукции и услуг», «Об энергосбережении» (и других) следует использовать достоверную и сопоставимую метрологическую информацию.

Эффективное сотрудничество с различными организациями, совместные научно-технические разработки и дальнейшее развитие партнерских отношений обеспечивают взаимное доверие к информации (в том числе и измерительной). Это является важным компонентом обмена при решении совместных научно-технических задач, основой взаиморасчётов, а также при заключении договоров (контрактов) на поставку оборудования, изделий и материалов. Формирование единого подхода к измерительной информации обеспечивает гарантии взаимопонимания, обеспечивает унификацию и стандартизацию средств и методов (методик) измерений и испытаний производимой продукции [59, 60].

Для количественной оценки (измерения или определения) какого-либо параметра или характеристики исследуемой продукции или процесса необходимо выбирать такие параметры, которые охарактеризуют различные свойства объектов. Необходимо устанавливать степень достоверности измерений по допускам и нормам точности. Следует выбирать такие методы и средства измерений, которые позволят обеспечить достижение требуемой точности, а также обеспечить возможность средств измерений выполнить заданные функции. Также следует обеспечить необходимые условия для выполнения измерений и обработку результатов измерений.

Вышеперечисленное является некоторой системой, которая позволяет гарантированно получать достаточно достоверную информацию, что приводит к положительному экономическому эффекту и принятию правильных и адекватных решений.

Применение результатов измерений для эффективного и адекватного решения практически любой измерительной задачи определяются, прежде всего, такими условиями: результаты измерений представляются в общепринятых

единицах; показатели точности результатов измерений приводятся с требуемой достоверностью.

Если результаты измерений соответствуют этим требованиям, то имеется объективная возможность принятия обоснованного решения об их использовании. В этом случае результаты измерений возможно сопоставлять между собой, и они могут использоваться различными организациями. Таким образом, обеспечивается единство измерений, и их результаты определены в общепринятых единицах, а также можно оценить погрешности в требуемом диапазоне с приемлемой вероятностью.

Надо отметить, что низкая точность измерений приводит в итоге к увеличению ошибок при контроле и, как следствие, к экономическим потерям. Завышенная точность - к необоснованным затратам на приобретение более качественных и дорогих средств измерений. Поэтому данное обстоятельство является не только сугубо метрологическим, но и экономическим, так как взаимосвязь с различными потерями и затратами при проведении необходимых измерений является очевидной.

Поэтому метрологическое обеспечение подразумевает установление и применение организационных и научных основ, норм, правил и технических средств, необходимых для достижения достоверности, единства и необходимой точности измерений [57, 59].

В апреле 1993 г. был принят Закон РФ «Об обеспечении единства измерений», который знаменовал новый этап развития метрологии. Его можно в общем и целом характеризовать как переход от административного принципа управления в области метрологической деятельности к законодательному. Однако этот Закон в определённой мере сохраняет принцип государственного подхода к метрологической области при значительной связи системы измерений с метрологической практикой.

В данном Законе определены направления деятельности, которые являются обязательными и на которых обеспечивается государственный метрологический контроль. Это, к примеру, здравоохранение и ветеринария, охрана окружающей среды, безопасность труда, государственные учётные дела, оборонная сфера, геодезические работы, банковские и таможенные операции и так далее.

Госнадзор обеспечивается единством измерений и осуществляется государственными инспекторами Их обязанности и права зафиксированы законодательно.

Важным компонентом системы метрологического обеспечения деятельности по стандартизации и сертификации продукции является экспертиза проектов стандартов, то есть оценка и анализ технических решений для метрологического обеспечения объектов стандартизации.

Метрологическая экспертиза прописана для проектов стандартов на продукцию в ГОСТе 1.2 – 85: проекты стандартов, которые устанавливают нормы

точности измерений, метрологические правила и требования, проекты стандартов, которые содержат данные о физических свойствах и константах материалов и веществ [60, 46, 18].

На практике метрологическую экспертизу проектов стандартов осуществляют в два этапа. Первоначально выполняется экспертиза исходной редакции проекта, и результаты представляются в виде некоторого отзыва и плана необходимых мероприятий по внедрению проекта. Отзыв готовится базовой организацией ведомственной метрологической службой, которая и представляет проект на утверждение. Отзыв содержит заключение о метрологическом обеспечении объекта стандартизации.

Проекты государственных стандартов передаются для получения отзывов в специализированные научно-исследовательские институты Государственной метрологической службы РФ. На последующем этапе метрологической экспертизы проектов стандартов специализированные научно-исследовательские институты оценивают полноту содержания метрологической экспертизы и фиксируется в окончательной редакции проекта государственного стандарта.

Метрологическая деятельность по сертификации продукции осуществляется по трём направлениям: а) метрологическое обеспечение для испытания продукции; б) метрологическое обеспечение различных процедур для оценки производства; в) метрологическое обеспечение для инспекционного контроля [55, 56].

В заключение можно отметить, что деятельность по метрологическому обеспечению осуществляют не только специалисты-метрологи (конкретные специалисты или организации, которые ответственны за единство измерений), но и потребители, заинтересованные в достоверной информации.

Система метрологического обеспечения требует высокой квалификации. Также знания в области метрологии важны для различного профиля специалистов - для менеджеров и экономистов, которые используют достоверную информацию по измерениям в своей профессиональной деятельности.

Вопросы для самоконтроля.

- с какой целью используются на практике системы стандартизации?
- какие виды стандартов используют на практике?
- что такое метрологический контроль?
- на каких основных этапах производства изделий необходимо метрологическое обеспечение?
- в чём суть метрологической экспертизы?

ТРЕТЬЯ ЧАСТЬ. Обеспечение качества на стадии проектирования и конструирования (на примерах механических элементов мехатронных систем)

Требования, предъявляемые к современным техническим системам, приводят к необходимости постановки новых задач перед их разработчиками, для того чтобы обеспечить требуемые функциональные характеристики и качество:

- требования к повышению производительности технологических машин приводят к необходимости повышения скоростей движения рабочих органов и точности их перемещения (иногда это микро- и наноперемещения);
- непрерывно растут требования к компактности конструкции и снижению массогабаритных характеристик;
- учет воздействия внешних факторов (движущиеся объекты и механизмы, люди) приводит к необходимости разработки алгоритмов интеллектуального поведения машин;
- перечисленные факторы не должны приводить к существенному повышению стоимости разработки, создания и эксплуатации таких систем, а также сохранить высокие безопасность функционирования и надежность.

Согласно ГОСТ 15467-79 «Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения» под качеством продукции (например, мехатронной системы) понимается совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. Показатели качества – это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество. Они характеризуют технико-экономические показатели продукции.

В процессе проектирования и конструирования мехатронной системы определяются все возможности будущего устройства и появляется возможность оценить показатели качества и при необходимости предусмотреть возможность их повышения по сравнению с известными аналогичными решениями или прототипами (при их наличии) [62].

Существует несколько подходов к проектированию мехатронных систем, следование которым обеспечивает требуемое качество разработки и изготовления продукции, ниже кратко рассмотрим основные из них. Практическая реализация этих принципов влечет за собой использование современных прогрессивных методов и средств разработки. Процесс проектирования – это один из самых важных этапов жизненного цикла технических устройств, от его грамотной

организации зависит успешность реализации (выполнения) остальных этапов жизненного цикла, ведь именно при проектировании формулируются все итоговые параметры изделия, определяется технологичность его изготовления, прописываются требования в области организации производства, а также эксплуатационные характеристики, вплоть до вопросов, связанных с утилизацией изделия.

В широком смысле проектирование – это создание, преобразование и представление в некоторой форме образца устройства [63]. Во время проектирования осуществляется переработка изначальных требований к изделию в конкретную проектную реализацию в виде ряда документов (на сегодняшний день практически всегда в цифровом виде), с помощью которых изделие будет производиться (с соответствием предъявляемым требованиям показателей качества). Проектирование включает в себя комплекс исследовательских, расчетных и конструкторских работ. На сегодняшний день все стадии проектирования обеспечены цифровыми инструментами, позволяющими повысить качество проектных решений и проектной документации, свести к минимуму натурное моделирование и испытания опытных образцов, а также ускорить и в большой степени автоматизировать процесс проектирования, тем самым снизив затраты на подготовку производства.

В качестве первого этапа разработки нового изделия можно выделить **предпроектную** стадию. На ней происходит формулирование назначения изделия и его основных функций (на основе анализа исходных данных и существующих аналогичных систем); определяются технические требования к изделию; готовится технико-экономическое обоснование; проводится поиск аналогов, а также при необходимости выполняются НИР и ОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы), составляется бизнес-план проекта. После завершения предпроектной стадии разработки составляется техническое задание (ТЗ) и техническое предложение (ТП) на проект. В ТЗ и ТП описываются входные и выходные характеристики устройства и его основные параметры, указывают внешние факторы, которые могут воздействовать на устройство в процессе эксплуатации, а также оцениваются результаты их воздействия. На эти материалы разработчик опирается при последующей реализации задания и выполнении проекта. При этом необходимо проводить технико-экономическое обоснование проекта, то есть учитывать техническую целесообразность (из-за появления новых материалов, более современных технологических процессов и т.п.) и экономическую целесообразность (характеризуется значимым повышением производительности, экономией энергоресурсов, или повышением универсальности, то есть возможности применения разрабатываемой системы в устройствах новых поколений).

Также на предпроектном этапе могут осуществляться определение потенциальных потребителей и составляется сбытовая политика, описываются принципы ценообразования, выявляются потенциальные конкуренты, описываются поставщики, составляются организационный и финансовый планы, а также рабочий график реализации проекта.

При проектировании желательно придерживаться следующих принципов. Последовательность (определенный порядок выполнения этапов) и итерационность (возможность корректировки решений, принятых на предыдущих этапах). Принцип компромиссов – необходимо помнить, что увеличение технических или эксплуатационных характеристик (точность, надежность, грузоподъемность, производительность и т.п.) приводит к увеличению стоимости и/или трудоемкости изготовления. Принцип совмещенного или параллельного проектирования – одновременное проведение проектирования механической (электромеханической, пневматической, гидравлической и т.п.) части устройства и проектирования аппаратных и программных компонентов электронной и компьютерной частей мехатронной системы.

Порядок проектирования мехатронного устройства состоит из трех главных этапов, которые выполняются последовательно – это функциональный, структурный и конструктивный анализ и синтез устройства [64]. Применение функционально-структурного и структурно-конструктивного анализа позволяет добиться требуемого уровня синергии при интеграции компонентов. В этом случае процесс проектирования включает три этапа. Первый этап – разработка структурного решения изделия по его заданной функции с последующим проведением функционально-структурного анализа. Входными данными при этом считается функциональная модель, на выходе же получается структурная модель изделия. На втором этапе проводится структурно-конструктивный анализ конструкторских решений и разрабатывается конструктивная модель изделия. Заключительный, третий этап состоит в итоговой конструкторской реализации устройства (с разработкой комплекта конструкторской документации).

Здесь мы видим, что процесс проектирования заключается в определении оптимального соответствия заданной функцией и реальной конструкции. При этом нужно понимать, что у функции устройства всегда есть приоритет по отношению к структуре и конструкции (структура и конструктивная реализация изделия являются зависимыми от его функции). У реального изделия определенные функциональные преобразования вполне могут реализовываться с помощью различных комбинаций структурных блоков, а они могут получаться с применением различных конструктивных решений.

Существует еще один вариант к анализу подходов при проектировании. Структурный подход – в этом случае стоит задача разработки (синтеза) устройства из отдельных компонентов (узлов) с последующим анализом, в ходе которого

пытаются сделать прогноз характеристик этих компонентов. При проведении проектирования с помощью структурного подхода применяют принципы алгоритмической декомпозиции, когда каждый компонент системы выполняет один из этапов общего процесса. При блочно-иерархическом подходе к разработке используют разделение описания сложных устройств по иерархическим уровням, используют два стиля проектирования – нисходящее и восходящее, а также выявляют связи между характеристиками соседних иерархических уровней. При данном подходе к разработке можно получить представление о разрабатываемом устройстве с точки зрения иерархических уровней – верхний уровень включает самые общие черты проектируемой системы, а на более нижних уровнях возрастает уровень описания характеристик системы и увеличивается детализация (отдельные блоки системы и особенности их взаимодействия), благодаря чему появляется возможность формулировать задачи отдельно для каждого иерархического уровня. Зачастую формулируют триаду иерархических уровней. Первый – это системный уровень (на котором формулируются и выполняются наиболее общие задачи проектирования, а результаты разработки могут быть оформлены, например, как структурные схемы). Далее – макроуровень (когда разрабатывают составные устройства и/или узлы, а результатами проектирования являются сборочные чертежи, а также кинематические или функциональные схемы). Заключительный, третий уровень – микроуровень, когда происходит разработка отдельных деталей и элементов. Именно последовательность решения задач иерархических уровней определяет стиль проектирования. При движении в решении задач проектирования от простых (нижних) уровней к верхним (более сложным) используют восходящий стиль проектирования и, соответственно, наоборот, нисходящий стиль проектирования подразумевает движение от верхних уровней к нижним. В том случае, когда приходится применять элементы и восходящего и нисходящего проектирования, имеет место смешанный стиль. На практике наиболее часто используют нисходящий стиль проектирования из-за того, что при нём неопределенность и нечеткость исходных данных (ведь компоненты еще не спроектированы) обуславливают необходимость прогнозирования недостающих данных с последующим их уточнением (итерационность проектирования).

При объектно-ориентированном подходе сложная система рассматривается как совокупность взаимодействующих друг с другом объектов, при этом каждый из объектов является экземпляром определенного класса. Данный подход наиболее перспективен при проектировании сложных систем.

При проектировании мехатронных систем выделяют алгоритмический и интуитивный подходы [65].

При алгоритмическом проектировании проектировщик использует известные технические решения, порядок и методики расчетов. Имеет место

разделение труда, связанное с выпуском широко используемых устройств, что приводит к уменьшению времени и стоимости проектирования и себестоимости продукции. Алгоритмическое проектирование применяется, как правило, при проектировании единичных изделий, для выполнения конкретного заказа с учетом определенных технических требований в заданный временной интервал. В тех случаях, когда необходимо спроектировать новое изделие, которое не имеет аналогов, а создание новых изделий носит коммерческий характер (продукт предназначен для продажи в больших количествах широкому кругу покупателей), применяют интуитивный подход к проектированию. При этом минимизируется цена изделия за счет выявления новых конструктивных и технологических решений и расширения функциональных возможностей. Продолжительность проектирования обычно увеличивается, а экономический эффект достигается из-за массового выпуска и продажи нового изделия. При интуитивном подходе растут требования к квалификации проектировщика, такое проектирование имеет успех у инженеров, способных работать в пограничных научных областях.

При проектировании применяются разные виды моделирования, они достаточно широко известны. Подробнее рассмотрим имитационное моделирование, с помощью которого можно строить модели, которые описывают процессы так, как они проходили бы в действительности [66]. Имитационное моделирование – метод исследования, при котором исследуемую систему заменяют моделью, с некоторой точностью описывающей реальную систему, для проведения экспериментов с целью проверки и оценки проекторочных решений, а также для рассмотрения взаимодействия между составными элементами системы и с объектами окружающей среды, анализа кинематических и динамических характеристик и получения прочей информации о рассматриваемой системе. Модель может быть реальной (макет изделия) или виртуальной (компьютерная модель). Такую модель можно исследовать один или несколько раз. Имитационное моделирование можно рассматривать как разновидность экспериментальных испытаний. Имитационное моделирование зачастую применяется в качестве замены экспериментов на реальных системах благодаря своим преимуществам:

- Виртуальные эксперименты (по сравнению с реальными) требуют существенно меньших временных и финансовых затрат (моделирование дешевле создания реальных прототипов).
- Имитационные модели полностью управляемы, все входные переменные и параметры системы могут быть predeterminedены (что обычно не добиться в реальной системе).
- Имитационные модели полностью контролируются, все выходные переменные и внутренние состояния известны (в реальной системе для измерения каждого параметра необходим отдельный датчик).

- Все аспекты виртуальных экспериментов повторяемы, что не может быть гарантировано для реальной системы, либо требует значительных затрат.
- В некоторых случаях «живой» эксперимент исключается по моральным соображениям, например, эксперименты на людях в области медицинских технологий.

При проектировании любых технических систем немаловажным фактором обеспечения качества является необходимость выполнения норм комплекса стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД), главным назначением которых является установление единых оптимальных правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации [67].

Вопросы для самоконтроля

- Какие есть основные подходы к проектированию мехатронных систем?
- Перечислите этапы разработки мехатронного изделия.
- На каких этапах проектирования закладываются показатели качества изделия?
- Какие виды моделирования применяются при проектировании мехатронных систем и в чем отличия между ними?

ЧЕТВЕРТАЯ ЧАСТЬ. Обеспечение качества изделий технологическими методами

Логичным продолжением работ по проектированию мехатронных систем является технологическая подготовка производства (ТПП), в процессе которой определяется, с помощью каких технических методов и средств, способов организации производства можно заниматься изготовлением конкретного изделия, определяется итоговая себестоимость и эффективность производства.

ТПП рассматривает проектирование технологических процессов (выбор оборудования, выбор или в случае необходимости проектирование технологической оснастки, нормирование затрат материалов, энергии и труда). Технологический процесс – это совокупность методов изготовления изделия путем изменения свойств, форм и габаритов исходных материалов или сырья.

В стандартах международной организации по стандартизации ИСО серии 9000 есть понятие «петля качества», которое рассматривается как процесс жизненного цикла продукции. В этом процессе большую долю затрат по времени и материальным затратам занимают этапы, связанные с отработкой изделий на технологичность, разработкой технологии, изготовлением оснастки, установкой и освоением нового оборудования, изготовлением изделия, то есть затраты на ТПП и технологическое обеспечение качества. Для упорядочения работ на этих этапах жизненного цикла продукции разработан комплекс производственных стандартов «Система технологической подготовки производства».

Технологичность – это комплекс свойств конструкции изделия, которые определяют ее близость к достижению оптимальных затрат в процессе производства, а также технического обслуживания и ремонта. Одна из основных функций подготовки производства – обеспечение технологичности конструкции изделия, она состоит из ряда взаимосвязанных мероприятий, направленных на управление технологичностью и совершенствованию условий выполнения работ при изготовлении, техническом обслуживании и ремонте изделий. Для оценки технологичности конструкции изделия используют ряд показателей (например, трудоемкость изготовления изделия; удельная материалоемкость изделия; технологическая себестоимость изделия; удельная трудоемкость изготовления изделия и др.)

Технологичность должна предусматривать взаимозаменяемость компонентов и применение стандартных деталей, а также ограниченного количества марок материалов, размеров и посадок [68]. Рассматривая изделие в качестве объекта эксплуатации, оно должно обладать требуемыми эксплуатационными характеристиками, удобством обслуживания и ремонта, надежностью, долговечностью и экономичности в течение своего жизненного цикла. С другой стороны, если рассмотреть изделие как объект производства, оно должно быть

достаточно простым и недорогим, иметь минимальные затраты на подготовку производства, также, разумеется, необходимо стремиться к снижению материалоемкости и использованию передовых технологий, способных обеспечить наилучшее качество.

Очевидно, что технологичность повышается при разумном сочетании принципов унификации и стандартизации компонентов конструкции. Грамотная унификация позволяет включать в разрабатываемую конструкцию комплектующие (детали, сборочные единицы), производство и применение которых уже освоено предприятием (что влечет за собой снижение затрат на производство), она также иногда носит в себе элементы стандартизации деталей, снижению количества типоразмеров и номенклатуры отдельных конструктивных элементов. Подчеркнем, что очень важно уметь соблюдать баланс между применением принципов унификации и стандартизации и творческими стремлениями проектировщиков в создании новых элементов конструкции.

С точки зрения повышения технологичности желательно стремиться к упрощению формы и уменьшению размеров детали и обрабатываемых поверхностей, по возможности увеличивать допуски на изготовление деталей, а также назначать оптимальную шероховатость поверхностей. Задача проектировщика заключается в рациональном выборе компоновки элементов изделия, выборе оптимальных допусков и классов точности и чистоты обработки, так как от этого напрямую зависит стоимость изготовления изделия. При изготовлении детали сложной формы обработке подвергается множество ее поверхностей. На общую погрешность обработки влияют многие факторы – упругие деформации и геометрические погрешности станка, деформация заготовки, вызванная силами ее зажатия, износ режущего инструмента или большие остаточные напряжения в заготовке. Зачастую можно грамотными конструктивными решениями добиться применения требуемых параметров (например, точности) устройства не за счет требований высокой точности изготовления отдельных деталей, а за счет использования пригонки или доводки в процессе сборки.

Выше мы рассмотрели основные вопросы проектирования мехатронных систем, теперь вернемся к ним и рассмотрим их с точки зрения технологичности. Технологичность конструкции обеспечивается при совместной работе проектировщика (конструктора) и технолога при создании эскизного или технического проекта, а на стадии рабочего проекта она может окончательно уточняться при подготовке производства.

Во время эскизного проектирования разрабатывается оптимальная принципиальная схема (с рациональной компоновкой элементов), по возможности решаются вопросы максимально возможного применения унифицированных и/или стандартных элементов. При техническом проектировании производится конкретизация и оптимизация конструкции, определяются точность изготовления

элементов конструкции, а также методы осуществления компенсации возможных погрешностей изготовления и сборки. На следующей стадии – рабочем проектировании стремятся увеличить количество унифицированных и стандартных деталей, тем самым уменьшив количество специальных (более дорогостоящих) деталей; выбирают наиболее рациональные марки и типоразмеры материалов (заготовок) для минимизации расхода материала и стоимости обработки, а также определяют способы формообразования деталей.

После изготовления опытного образца производится проверка рабочих чертежей и технологического процесса изготовления. В дальнейшем, при испытании опытного образца производится анализ фактических характеристик устройства и при необходимости вносятся коррективы в рабочие чертежи или технологический процесс изготовления изделия

Другими словами, анализ технологичности изделия включает в себя качественный анализ рациональности выбора формы, размеров, допусков, используемых материалов, использование передовых и ресурсосберегающих методов изготовления и организации производства в целом.

С точки зрения повышения показателей качества при механической обработке деталь должна соответствовать некоторым требованиям – при обработке необходимо обеспечить возможность использования универсальных или нормализованных инструмента и оснастки; стараться минимизировать количество поверхностей, требующих механической обработки, также как и количество ручных видов работ; конструкция детали должна предусматривать места крепления для осуществления механической обработки и быть достаточно жесткой.

Примеры конструкторско-технологических методов обеспечения качества

Пример 1. Резьбовые соединения

Резьбовые соединения являются достаточно распространёнными элементами практически всех мехатронных систем. Известно, что их эксплуатационные свойства зависят от разных факторов – схемы нагружения и равномерности распределения нагрузки по виткам резьбы, усилия затяжки, концентрации местных напряжений, точности изготовления, выбранного материала (и покрытия) а также целого ряда других факторов [69]. Недостаточная прочность витков резьбы и самого стержня (болта) вследствие несовершенности формы резьбовых элементов могут стать причиной разрушения таких соединений.

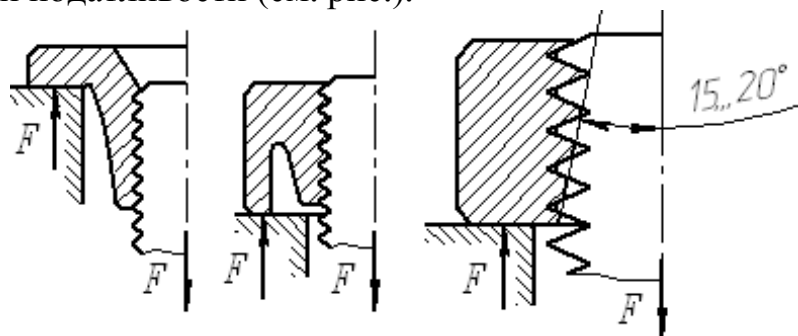
Для повышения качества резьбовых соединений используют разные конструкторские и технологические методы. К конструкторским методам можно отнести изменение шага и геометрии профиля резьбы; применение более оптимальных материалов; использование специальных конструктивных элементов (спиральных резьбовых вставок, разгрузочных элементов или дополнительных креплений). Технологические методы включают в себя управление процедурой получения резьбовых поверхностей (включая их термическую и химико-термическую обработку), применение специальных покрытий и смазок, обеспечивающих необходимые фрикционные свойства, управление сборкой резьбовых соединений (контроль за напряженно-деформированным состоянием элементов, применение физических полей и т.п.)

Рассмотрим подробнее наиболее часто применяющиеся методы повышения качества резьбовых соединений.

1. Несущая способность резьбового соединения (по усилию разрушения) растет с увеличением диаметра резьбы d (при сохранении шага резьбы P и высоты гайки). Аналогично прочность соединения повышается при увеличении шага резьбы (при сохранении диаметра резьбы и высоты гайки), так как при одинаковой точности обработки резьбы с большим шагом будут иметь большее перекрытие витков. Однако при большом отношении диаметра резьбы к шагу увеличивается площадь стержня, а, следовательно, и его прочность, так что имеет смысл использование резьбовых соединений с большим отношением d/P .
2. Концентрация напряжений в резьбе зависит от радиуса впадин R . На первом рабочем витке (во впадине) растягивающее напряжение может быть в 5 раз больше номинального. Повышение радиуса впадины от наименьшего значения ($0,108P$) до максимально допустимого ($0,144P$) может способствовать увеличению пределы выносливости соединения до 20%.
3. Снизить на 15% нагрузку на первом рабочем витке позволяет использование болта с резьбой, имеющей угол наклона рабочей грани к оси витка на $2...5^\circ$

больше стандартного. Применение аналогичного соединения с гайкой, имеющей асимметричную резьбу, приводит к снижению нагрузки на 6...8%.

4. Повысить предел выносливости на 15...20% можно за счет использования на одной из деталей соединения резьбы с намеренным отклонением шага. Отклонение выбирают так, чтобы первый виток принимал на себя минимальное усилие (до 2% общего усилия), а последний порядка 45-50%.
5. Повысить динамическую прочность на 20...30% можно за счет использования гаек специальных конструкций, которые могут выравнивать нагрузку благодаря своей податливости (см. рис.).



6. Повысить податливость резьбы благодаря равномерному распределению нагрузки по виткам можно за счет применения спиральных вставок (коррозионностойких «пружин» из твердой проволоки с сечением в виде ромба), которые защищают витки резьбы от износа и коррозии. Использование в зоне контакта анаэробного материала позволяет управлять контактным взаимодействием сопрягаемых деталей.
7. Снижения нагрузки на первом витке и более равномерного распределения нагрузки можно за счет использования гаек с меньшим модулем упругости (например, вместо стальных гаек ставить алюминиевые).

Пример 2. Повышение качества за счет оптимизации микрогеометрии поверхности

В качестве одного из примеров повышения качества изделий служит оптимизация микрогеометрии поверхностей деталей и механических напряжений в поверхностных слоях материала. Существует методика [70] применения непараметрических критериев оценки и контроля этих характеристик поверхностного слоя деталей в процессе их изготовления.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий к ним предъявляются различные требования, которые обеспечиваются при их проектировании и изготовлении. Как уже отмечалось, на этапе проектирования к числу важнейших факторов относятся оптимальный выбор материалов, определение требований по геометрической точности и шероховатости поверхностей деталей. Повышение точности изделий повышает их качество, но

одновременно повышается и себестоимость их изготовления, то есть возможности влияния точности на качество изготовления ограничиваются объективными факторами. Помимо этого, при изготовлении деталей часто имеют место механические и/или термические воздействия, вызывающие пластическую деформацию кристаллических решеток материала изделия, из-за чего возникают механические напряжения в деформируемом слое материала изделия и могут возникнуть трещины или деформация (коробление) изделия.

Величина и характер распределения механических напряжений по толщине материала зависят от вида и режима технологического воздействия, другими словами, имеется возможность управления с помощью технологических методов механическими напряжениями в материале. Например, на рисунке приведены распределения остаточных напряжений при шлифовании на различных режимах.

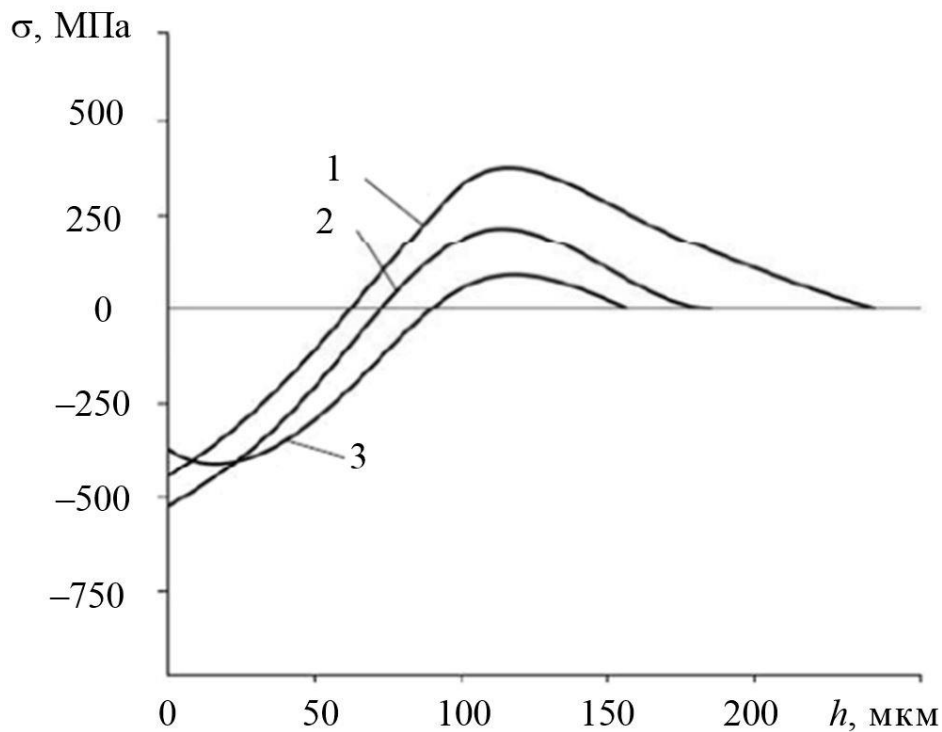


Рисунок. Влияние режимов шлифования на остаточные напряжения

№ кривой	Скорость резания, м/с	Подача, м/с	Давление инструмента на поверхность, Н
1	10	0,3	100
2	20	0,2	150
3	40	0,1	200

Иногда считают, что чем меньше шероховатость поверхности, тем лучше, однако это далеко не всегда так. С другой стороны, если шероховатость оказывает существенное влияние на какое-либо функциональное свойство поверхности, то это влияние можно оптимизировать. Основные условия для оптимизации микрогеометрии поверхности – оптимальную шероховатость поверхности для ее

конкретного функционального свойства необходимо знать, её нужно обозначить (нормировать) на чертеже и технологически обеспечить при обработке поверхностей, после чего её нужно сравнительно быстро, удобно и дешево проконтролировать. В то же время задачу оптимизации шероховатости трудно решить, базируясь на стандартных параметрах шероховатости (изменения параметров Ra или Rz не всегда полностью характеризуют фактическое изменение структуры микрорельефа).

При наличии многопараметрических факторов влияния на интересующие функциональные свойства поверхностей изделий необходимо использовать непараметрический подход, необходимо продолжить исследование с использованием в качестве критериев оценки и контроля шероховатости поверхностей графических изображений, функций плотности распределения тангенсов углов наклона профилей, ординат профилей или, хотя бы, опорных кривых профиля (кривых Аббота), а оптимизацию механических напряжений и технологические методы управления ими необходимо реализовывать с помощью графических изображений эпюры их распределения по глубине поверхностного слоя.

Конструкторско-технологическое обеспечение играет одну из главных ролей в обеспечении качества изготавливаемой продукции. Конструкторско-технологическое обеспечение включает в себя следующие вопросы:

- непосредственно технологии (технология изготовления деталей; проектирование технологических процессов сборки);
- обрабатывающие станки (в том числе с ЧПУ, оборудование автоматизированного производства);
- технологическая оснастка (заготовки, приспособления, оснастка и т.п.);
- инструменты (инструментальные материалы; конструкции инструмента и т.п.);
- метрология, стандартизация и сертификация;
- конструкторская и технологическая подготовка производства.

В конструкторской подготовке производства последовательно отрабатываются качественные параметры продукта и решаются две главные задачи: повышение уровня унификации и стандартизации конструкции, а также обеспечение технологичности продукта (производственная и эксплуатационная).

Вопросы для самоконтроля

- Какое влияние на качество изделий оказывает технологическая подготовка производства?

- Поясните смысл понятия «Петля качества».
- Что такое технологичность и как она влияет на показатели качества изделия.
- Какая взаимосвязь между технологичностью изделия и затратами на его производство?
- Приведите примеры конструкторско-технологических методов обеспечения качества изделий.
-

Список используемых источников

1. Беспалов В.В. Управление качеством продукции. - Нижний Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 252 с.
2. Федоров А.Н. Управление качеством. Конспект лекций. - Ростов-на-Дону, 2011.
3. Шевчук Д.А. Управление качеством. - Litres, 2017. – 260 с.
4. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения
5. Димов Ю.В. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебник для вузов. 4-е изд. Стандарт третьего поколения, - "Издательский дом" Питер", 2012. – 496 с.
6. Федюкин В.К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции. – Москва: КНОРУС, 2009, 315 с.
7. Шеремет А.Д., Егиазарян Г.А. Справочное пособие директору производственного объединения предприятия: экономика, организация, планирование, управление. – М.: Экономика, 1985. – 528 с.
8. Экономика предприятия: Учебник / Под ред. проф. Н.А. Сафронова. - М.: «Юристъ», 1998. - 584 с.
9. Долгов Д.И. Экономика и управление: мир необъятного. – Саранск: МГПУ, 2014. – 494 с.
10. Саватеев А.Ф. Управление качеством: Учебное пособие – М.: ГУУ, 1999, - 88 с.
11. Герчикова И.Н. Менеджмент: практикум – М.: ЮНИТИ, 2005, - 799 с.
12. Гличев А.В., Круглов М.И. Управление качеством продукции М: «Экономика», 2003, - 354 с.
13. Майкл Мескон и др. Основы менеджмента - М.: Вильямс, 2003. – 701 с.
14. Управление качеством. Учебник / С.Д. Ильенкова, Н.Д. Ильенкова, и др.; Под ред. д.э.н., проф. Ильенковой С.Д. - М.: ЮНИТИ, 1998, 198 с.
15. Шукин О.С. Самооценка деятельности организации по централизованной модели: концептуально-методологические основы адаптивного подхода. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2007. – 295 с.
16. Прохоров Ю.К. Управление качеством: Учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМО, 2007. – 144 с.
17. Ефимов В.В. Управление качеством: Учеб. пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 141 с.
18. Федеральный закон «О техническом регулировании» - М: Издательство стандартов, 2003г.
19. Ребрин Ю.И. Управление качеством: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 174 с.

20. Герасимов М.М., Цыпин П.Е. Управление качеством. М.: РУТ (МИИТ), 2020. – 149 с.
21. Елохов А.М., Арбузова Т.А. Управление качеством Часть II. Пермь: ПГНИУ, 2020, 188 с.
22. Щурин К.В., Воробьев А.Л., Косых Д.А. Управление качеством в историко-философском аспекте. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 232 с.
23. Цветков В.Я. Эволюция управления качеством // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. – №. 1 (18). – С. 64-71.
24. Экономика предприятия (фирмы): Учебник / Под ред. О.И. Волкова, О.В. Девяткина. — М.: ИНФРА-М, 2007. – 601 с.
25. Волков О.И. Система качества в соответствии с нормами международных стандартов ИСО 9000 // Журнал «Деньга». – 2010. – №. 1.
26. ГОСТ Р ИСО 9000: 2005 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
27. Савин К. Н. Анализ международных стандартов качества ИСО серии 9000 как основы реализации институциональных резервов повышения качества управленческих услуг в жилищно-коммунальном хозяйстве // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – №. 10. – С. 28.
28. Гладченко Е. С. Реализация принципов менеджмента качества в российской действительности // Материалы VII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум».
29. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г. Управление качеством: Учебник. Спб.: Издательство «Лань», 2019. – 180 с.
30. Нежникова Е. и др. Экономика качества. – Litres, 2021, 217 с.
31. Ходыревская С. В. Методы и инструменты управления качеством для применения в сфере услуг при реализации требований стандартов ИСО серии 9000 // Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем, 2020, стр. 275-279.
32. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садовов В.В. Квалиметрия для всех: учеб. Пособие. - М.: ИД ИнформЗнание, 2012. – 165с.
33. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Смирнов В.В. Квалиметрия в высшей школе. – М.: ЮНИПРАВЭКС, 2012. – 258с.
34. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садоводов В.В. Квалиметрия: первоначальные сведения. – М.: Высшая школа, 2010. – 143с.
35. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. Основы квалиметрии. - М.: Экономика, 1982. - 256с.
36. Дружинина А.А., Гарашкина Н.В. Квалитология и квалиметрия в социальной работе. – М.: Издательство Юрайт, 2020. – 183 с.
37. Соловьева О.И. Методология квалиметрического оценивания социальной полезности товаров, работ, услуг // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2013. – Т.4. – С. 156–160.

38. Лашко А.Г. Сущность квалиметрического подхода как научной парадигмы // Современная педагогика. 2016. № 11 [Электронный ресурс].
39. Государственная система стандартизации. –М.: Государственный комитет РФ по стандартам. 1992 –238 с.
40. Левкина Е.В. Управление качеством. – 2010.
41. Александровская Л.Н. и др. Сертификация сложных технических систем. – Litres, 2017. – 311 с.
42. Горбоконенко В.Д., Шикина В.Е. Сертификация в вопросах и ответах. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 134 с.
43. Старченко О.П., Марченко И.В. Метрология, стандартизация и управление качеством полиграфической продукции. – Минск: БГТУ, 2014. – 138 с.
44. Ключкова М.С. Метрология, стандартизация, сертификация. – 2010.
45. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 671 с.
46. Алтынбаев Р., Султанов Н. Основы инноватики и управления проектами автоматизации производства. – Litres, 2017. – 330 с.
47. Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством //М.: Изд-во стандартов, 1990. – 342 с.
48. Лифиц И.М. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебник. М.: Юрайт-Издат, 2005. 345с.
49. Глушкова О. Г., Медовикова Н. Я., Рейх Н. Метрологическое обеспечение. – 2016.
50. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 27 апреля 2009 г. № 323 «Об утверждении Порядка отнесения технических средств к средствам измерений».
51. Методические указания и задания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Прикладная метрология». – Екатеринбург: ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. – 26 с.
52. Государственная система обеспечения единства измерений. основные положения метрологического обеспечения на малых предприятиях.
53. Закон РФ от 27.04.93 n 4871-і "Об обеспечении единства измерений".
54. Метрология и стандартизация: учебное пособие / Сост. О.М. Вечирко - Брянск: Мичуринский филиал ФГБОУ ВО "Брянский государственный аграрный университет", 2015. – 120 с.
55. Ю.И. Ребрин. Управление качеством. Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 174 с.
56. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.
57. ГОСТ Р 1.0-92 Государственная система стандартизации российской федерации.

58. ГОСТ Р 1.12-99 Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения – РТС-тендер.
59. Иванников Д.А. Основы метрологии и организации метрологического контроля [Электронный ресурс]. – 2016.
60. ГОСТ Р 1.5-92 Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию стандартов
61. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Логос, 2009. – 558 с.
62. Латыев С.М. Конструирование точных (оптических) приборов: Учебное пособие. – СПб.: Политехника, 2007. – 579 с.
63. Готлиб Б.М. Проектирование мехатронных систем. Ч.1. Информационное обеспечение процесса проектирования мехатронных систем: курс лекций для студентов специальности «Мехатроника». Екатеринбург: УрГУПС, 2007. – 115 с.
64. Таугер В.М. Конструирование мехатронных модулей: учебное пособие. – Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – 336 с.
65. Жавнер В.Л. Мехатронные системы: учеб. пособие / В.Л. Жавнер, А.Б. Смирнов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 131 с.
66. Борисов И.И., Колюбин С.А. Имитационное моделирование мехатронных систем – СПб.: Университет ИТМО, 2020. – 103 с.
67. ГОСТ 2.001-2013 Единая система конструкторской документации. Общие положения.
68. Конструкторско-технологические методы обеспечения качества изделий машиностроения: Учебное пособие / М.А. Вишняков, Ю.А.Вашуков. Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2005. – 84 с.
69. Кочеткова М.В., Агафонова О.В., Воячек И.И., Кочетков Д.В. Анализ конструкторско-технологических методов обеспечения качества резьбовых соединений // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе, 2012, №2 (3), С.106 – 112.
70. Иванов А.Ю., Леонов Д.Б. Технологические метода обеспечения качества изделий // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики, 2011, №5 (75), С. 111 – 114.

Медунецкий Виктор Михайлович
Монахов Юрий Сергеевич

**Конструкторско-технологическое обеспечение
качества механических компонентов мехатронных систем**

Учебное пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Тираж

Отпечатано на ризографе

Редакционно-издательский отдел
Университета ИТМО
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, литер А