

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

В.И. Логанина

СТАТИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Руководство к решению задач

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки
27.04.02 «Управление качеством»

Пенза 2015

УДК 691.1(075)

ББК 38.5я7

Л69

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат технических наук, доцент
кафедры «Технологии строительных
материалов и деревообработки»
С.Н. Кислицына (ПГУАС)

Логанина В.И.

Л69 Статистическое управление качеством продукции: руководство
к решению задач: учебное пособие / В.И. Логанина. – Пенза:
ПГУАС, 2015. – 76 с.

Изложены основные принципы статистического управления качеством. Приведены конкретные примеры применения инструментов управления качеством

Учебное пособие подготовлено на кафедрах «Управление качеством и технология строительного производства» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению 27.04.02 «Управление качеством».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2015

© Логанина В.И., 2015

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Статистическое управление качеством продукции» имеет функциональную связь с базовыми дисциплинами и имеет своей целью обучение студентов основам системного подхода к исследованию технологических процессов, который складывается из регистрации и сбора информации по качеству, анализу этой информации с целью выработки корректирующих мероприятий, направленных на повышение качества продукции; в ходе этого объяснение студентам ключевой роли статистических методов в обеспечении качества и обучение их пользованию этими методами.

Цель преподавания дисциплины – формирование у студентов комплекса знаний в области теоретических основ управления качеством и умений практического управления качеством на предприятии в соответствии с международными стандартами ИСО серий 9000, 10000, 14000.

Необходимость изучения дисциплины диктуется потребностями рыночной экономики, в условиях которой эффективная деятельность различного рода предприятий основывается на конкурентоспособности (услуг, продукции, информации). Основу конкурентоспособности, например продукции, составляет ее качество, стабильность которого достигается путем внедрения на предприятиях систем качества и подтверждается сертификацией систем качества и продукции.

Задачами дисциплины является:

- обучение студентов основам системного подхода к исследованию технологических процессов, который складывается из регистрации и сбора информации по качеству, анализу этой информации с целью выработки корректирующих мероприятий, направленных на повышение качества продукции; в ходе этого объяснение студентам ключевой роли статистических методов в обеспечении качества и обучение их пользованию этими методами;

- дать теоретические знания в области статистических методов в управления качеством в условиях развития рыночных форм хозяйствования;

- научить организовывать работу по использованию статистических методов в управлении качеством;

- дать практические рекомендации по оценке состояния технологического процесса;

- ознакомить с современной практикой отношений поставщиков и заказчиков в области качества;

- сформировать знания и навыки в области статистических методов управления качеством на предприятиях и обеспечения эффективного функционирования системы качества.

В результате освоения программы магистратуры у выпускника должны быть сформированы общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции:

- способностью собирать, обрабатывать и интерпретировать с использованием современных информационных технологий данные, необходимые для формирования суждений по соответствующим социальным, научным и этическим проблемам (ОК-5).

- способностью участвовать в проведении корректирующих и превентивных мероприятий, направленных на улучшение качества (ОПК-8).

- способностью осуществлять постановку задачи исследования, формирование плана его реализации (ПК-6);

- способностью выбирать существующие или разрабатывать новые методы исследования (ПК-7);

- способностью разрабатывать рекомендации по практическому использованию полученных результатов исследований (ПК-8).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- навыки непрерывного исследования производственных процессов с целью выявления потерь;

- технологические основы формирования качества;

- основные методы статистического анализа

Уметь:

- разработать новые, более эффективные средства контроля качества;

- применять на практике методологию QFD и FMEA;

- применять основные положения теории статистического мышления.

Владеть:

- владеть навыками использования стандартов по статистическим методам контроля, а также по расчету индексов воспроизводимости технологического процесса;

- владеть методами обеспечения качества.

Практическое занятие № 1

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ И ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы – ознакомиться с показателями воспроизводимости процесса, а также финансовыми затратами предприятия в зависимости от качества процесса

Общие положения

В соответствии с нормативным документом Р 50-601-20-91 «Рекомендации по оценке точности и стабильности технологических процессов (оборудования)» технологический процесс производства (ТП) обобщенно может быть представлен следующей моделью, включающей:

- входные параметры X_i ;
- влияющие регулируемые параметры Z_i ;
- влияющие нерегулируемые параметры V_m ;
- выходные параметры Y_k .

Под входными параметрами понимаются параметры сырья, материалов и комплектующих изделий, из которых производится продукция.

Под влияющими регулируемыми параметрами понимаются параметры и показатели состояния технологического оборудования, энергии, технологические параметры (скорость обработки, температура и влажность, время и т.н.).

Под влияющими нерегулируемыми параметрами понимаются параметры, имеющие случайную природу или принимающие таковой характер ввиду отсутствия методов и средств, фиксирующих их изменение и влияние на технологический процесс. Сюда относятся износ обрабатывающего инструмента, отклонения дисциплинарного характера в работе обслуживающего персонала при выполнении предписанных воздействий на процесс и регулировки.

Именно параметры этой группы вызывают те значительные колебания в показателях точности и стабильности технологических процессов, которые, в свою очередь, вызывают колебания в качестве производимой, продукции.

Под выходными параметрами понимаются те фиксируемые параметры, которые и определяют: качественный состав продукции, получаемой в результате произведенного процесса. Это функциональные параметры, продукции и его эксплуатационные показатели или потребительские свойства.

Основной целью статистического анализа точности и стабильности технологического процесса является получение и обработка систематизированной непрерывной информации о качестве продукции, необходимой

для дальнейшего совершенствования технологического процесса, а также для определения оптимальных параметров его статистического регулирования.

Под точностью технологического процесса понимается его свойство обеспечивать близость действительных значений параметров к нормируемым их значениям.

Под стабильностью технологического процесса понимается его свойство обеспечивать постоянство распределения вероятностей его параметров в течение некоторого интервала времени без вмешательства извне.

Под статистическим анализом точности и стабильности технологического процесса понимается совокупность действий по установлению статистическими методами значений показателей точности и стабильности технологического процесса и определению закономерностей их изменения во времени.

Статистический анализ точности и стабильности технологического процесса должен проводиться при:

- определении фактической точности технологических операций;
- оценке качества проведенного ремонта оборудования;
- внедрении новых технологических процессов, средств измерений,
- технологической оснастки и приспособлений;
- уточнении требований к качеству сырья, материалов и комплектующих изделий в случае возникновения разногласий;
- экспертизе готовности производства к выпуску продукции, соответствующей требованиям чертежей, технических условий и стандартов;
- контроле соблюдения технологической дисциплины;
- внедрении статистических методов регулирования технологического процесса и приемочного контроля качества продукции;
- аттестации технологического процесса;
- аккредитации производства;
- сертификации выпускаемой продукции и систем качества.

Общее руководство проведением работ по подготовке и обследованию технологического процесса осуществляется отделом главного технолога (ОГТ) при участии технологических служб цехов, отдела технического контроля (ОТК), бюро статистических методов контроля (БСМК).

Производство материалов и изделий, как и любой технологический процесс, подвержен изменчивости, характер которой определяется влиянием множества случайных и неслучайных факторов. Сюда можно отнести изменчивость в качестве исходного сырья от партии к партии, износ технологического оборудования, несовершенство технологических приёмов, различная квалификация исполнителей и прочие. Для решения вопроса получения «стабильно» высокого качества, необходимо, в первую

очередь, установить степень влияния, выявить и устранить те факторы, которые создают систематическое ухудшение качества изделия.

Целью статистического анализа процесса является идентификация и устранение причин особой изменчивости, что должно обеспечить стабильное воспроизводство качества продукции.

Статистический анализ точности и стабильности технологического процесса – это установление статистическими методами значений показателей точности и стабильности технологического процесса и определение закономерностей его протекания во времени.

Область применения статистических методов в задачах управления качеством продукции чрезвычайно широка и охватывает весь жизненный цикл продукции (разработку, производство, эксплуатацию, потребление и т.д.).

В первой четверти 20-го века знаменитый американский статистик Уолтер Шухарт создал инструментарий статистического регулирования процессов производства и качества продукции. В современной интерпретации его инструменты значительно развились и находят широчайшее применение как «статистическое управление процессами» (SPC).

Согласно принципам Шухарта управление качеством направлено на обеспечение стабильности процессов и уменьшение их вариаций путем исключения причин, нарушающих стабильность процесса.

На любой процесс постоянно воздействует множество факторов, оказывающих влияние на его результаты. Любой процесс подвержен совокупности причин изменчивости (вариабельности). При этом существует две группы причин: первая – случайные причины, вызывающие естественные вариации результатов, разброс которых можно держать под контролем, и вторая – особые причины, вызванные действием особых факторов. Появление именно особых причин нужно расследовать и устранять, чтобы процесс вернулся в стабильное (контролируемое) состояние. Специальные причины, как правило, связаны с чем-то, чего в нормальном ходе процесса не происходит.

Когда на систему действуют и системные, и особые вариации, ее состояние естественно назвать статистически неуправляемым или нестабильным.

Общими причинами вариаций называют те причины, при которых все отклонения параметров/характеристик процесса на контрольной карте находятся внутри заданных границ. В этом случае процесс называют статистически управляемым, или стабильным. Если имеются только общие причины вариации, выход процесса дает распределение, стабильное во времени и, следовательно, предсказуемое (рис. 1)

Специальными причинами вариаций называют причины, которые на контрольной карте соответствуют выходящим за контрольные границы

точкам. Если специальные причины вариаций присутствуют на контрольной карте, то процесс называют статистически неуправляемым, или нестабильным. Если имеются особые причины вариации, выход процесса является нестабильным во времени и непредсказуемым (рис.2).

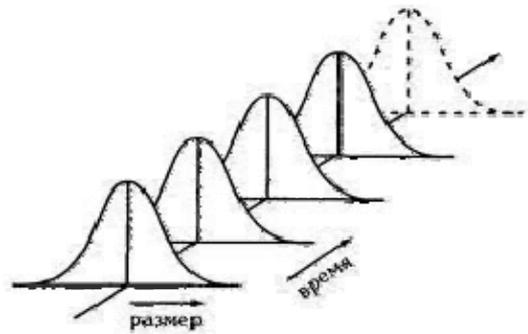


Рис. 1. Вид распределения стабильного процесса

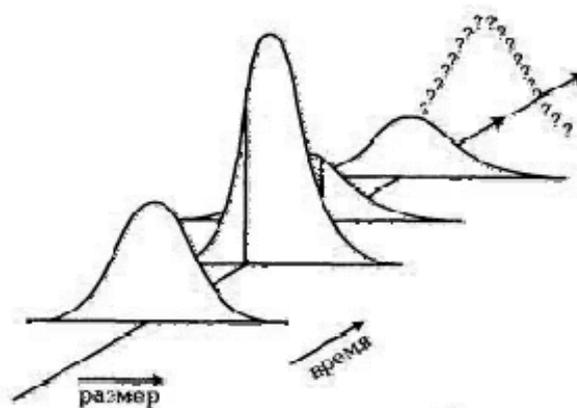


Рис. 2. Вид распределения нестабильного процесса

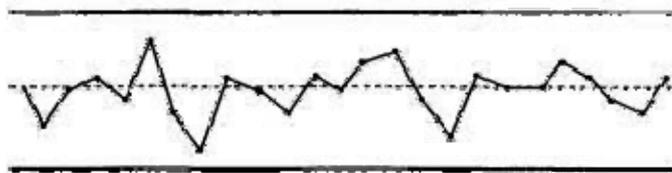
Статистика показывает, что не более 15% всех проблем (или возможностей улучшения) в организациях связано с особыми причинами вариаций и, таким образом, они, возможно (но не обязательно!), находятся в поле деятельности рядовых работников.

Инструмент разделения причин вариаций на общие и специальные - это контрольные карты, изобретенные У. Шухартом в 1924 г. Контрольная карта – это временной график, показывающий расположение последовательных значений некоей характеристики/параметра процесса относительно центральной линии и одной или двух контрольных границ (рис.3).

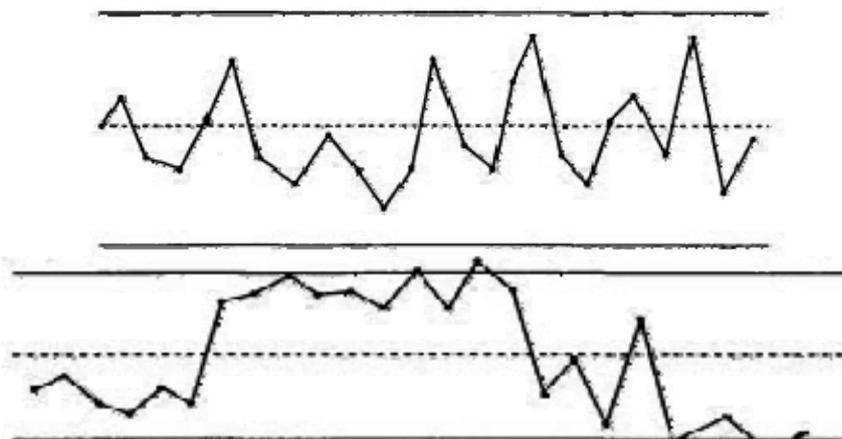
Контрольная карта нужна для определения того, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии (т. е. присутствуют только общие причины вариаций), и для поддержания этого состояния. Существует

набор определенных правил, позволяющих по контрольной карте процесса обнаруживать присутствие специальных причин вариаций.

а)



б)



г)

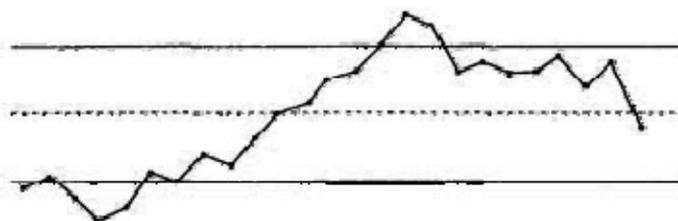


Рис.3. Контрольные карты стабильного (а,б) и нестабильного (в,г) процесса

Правило Шухарта заключается в том, что действия, соответствующие наличию особых причин вариаций, должны предприниматься в тех случаях, когда наносимые точки выходят за любую из контрольных границ.

Цель контрольных границ – выявление того, как процесс протекает сейчас и как он может протекать.

Особые причины воздействуют на процесс скачками, их можно выделить и устранить. Контрольные карты позволяют выделить момент времени воздействия особого фактора (место выхода параметра за контрольные границы), что в совокупности с методами расслоения данных, регрессионного и дисперсионного анализа позволяет определить значимость воздействия любого фактора.

Согласно ГОСТ Р 51814.3 под статистически управляемым состоянием понимается состояние, описывающее процесс, из которого удалены все особые (неслучайные) причины изменчивости, остались только обычные (случайные) причины.

Статистически управляемое состояние процесса является желаемым состоянием для производителя, так как при этом процесс может быть описан распределением с предсказуемыми параметрами. В этой ситуации реализуется выпуск продукции с ясным, понятным и прогнозируемым уровнем дефектности.

Уровень дефектности зависит от того, как расположен (распределен) процесс относительно поля допуска. Чем более кривая распределения выходит за границы поля, тем больше потери от брака.

В тоже время, статистически неуправляемое состояние процесса может быть связано с нарушениями трудовой дисциплины, так и наличием внешних не выявленных возмущающих факторов. Изучение и познание процесса – это миссия специалистов, занимающихся управления производственными процессами, которые должны привлечь для этого опыт рабочих.

Эффективное управление процессом связывается с принятием оптимальных воздействий на процесс. Необходимо избегать как излишнего, так и недостаточного управления. Формирование воздействий на процесс существенно зависит от того, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии (работает ли процесс под статистическим контролем) или вышел из под контроля.

Разделение причин вариаций на общие и специальные принципиально для принятия правильных управленческих решений, поскольку уменьшение вариаций в этих двух случаях требует различного подхода. Специальные причины вариаций требуют локального вмешательства в процесс, тогда как общие причины вариаций требуют вмешательства в систему и принятия решений высшим менеджментом, в том числе и по вопросам выделения ресурсов на улучшение процесса. В связи с этим весьма актуальным является организация на производстве процесса мониторинга, направленного на постоянную диагностику ситуации. Он призван представить текущую информацию в такой форме, чтобы было ясно, какие решения следует принимать на ее основе.

Локальное вмешательство обычно осуществляется людьми, занятыми в процессе и близкими к нему (т.е. это линейный персонал, линейные руководители и т.д.). Вмешательство в систему почти всегда требует действий со стороны высшего менеджмента.

С другой стороны, излишнее вмешательство в стабильный процесс будет ошибочным решением (излишней регулировкой), которое чаще всего приводит к ухудшению характеристик процесса.

С практической точки зрения ситуация сводится к диагностике стабильности и воспроизводимости процессов. Возможна следующая ситуация, когда процесс:

- 1) стабилен и воспроизводим;
- 2) стабилен, но невоспроизводим;
- 3) нестабилен, но воспроизводим;
- 4) нестабилен и невоспроизводим.

В первом случае вмешательства со стороны руководства и линейного персонала не требуется, во втором случае требуется вмешательство высшего руководства. В третьем случае требуется безотлагательное вмешательство в процесс со стороны линейного персонала с целью обнаружения этой специальной причины вариабельности и её скорейшего устранения. В четвертом случае, так как процесс не стабилен и не воспроизводим, то требуется вмешательство линейного персонала для обнаружения причин специальных вариаций и приведение процесса в статистически управляемые условия. Затем можно проводить мероприятия, направленные на изменение системы со стороны высшего руководства

Для построения траектории перевода процесса в лучшее состояние определяющим является знание состояния процесса. Это реализуется с помощью статистических инструментов качества.

В мире существует достаточное количество методик, позволяющих оценить качество продукта. Среди них есть показатели, позволяющие оценить воспроизводимость процесса, т.е. способность технологического процесса обеспечивать качество выпускаемого изделия. К этим показателям относятся индексы воспроизводимости C_p и P_p и индексы пригодности C_{pk} и P_{pk} процесса. Если среднее процесса отлично или может быть отлично от центра поля допуска, то для анализа процессов следует применять индексы C_{pk} и P_{pk} . Эти индекс учитывают центрированность получаемых результатов. Индекс C_{pk} будет высоким только в том случае, если разброс значений невелик и среднее значение полученных результатов лежит близко к середине поля допуска.

Индекс P_{pk} показывает, насколько хорош был рассматриваемый процесс в прошлом, в то время, как индекс C_{pk} показывает возможности процесса в будущем. Иными словами, P_{pk} показывает, что вы делаете, а C_{pk} – что вы можете делать в рамках вашего процесса. Если процесс статистически контролируем, то оба индекса C_{pk} и P_{pk} стремятся к одному значению (так как в случае обе сигмы совпадают по значению). При этом C_{pk} является краткосрочной оценкой, а индекс P_{pk} – долгосрочной.

Индексы были впервые внедрены японскими фирмами, а в 1986 году применены в США фирмой «Форд моторс» во взаимоотношениях с поставщиками и с тех пор успешно применяются во всем мире.

Количественная оценка управляемости процессов в виде числовых критериев, прогноз уровня дефектности производимой процессом продукции проводится расчетом индексов воспроизводимости C_p и P_p и пригодности C_{pk} и P_{pk} процесса.

Комбинацию индексов возможностей процессов выбирают в зависимости от результата оценки стабильности процесса. Если целевое значение параметра не указано, то значения C_p , C_{pk} , P_p и P_{pk} следует рассчитывать по формулам:

$$C_p = \frac{ВГД - НГД}{6\sigma_I} = \frac{\Delta}{6\sigma_I}; \quad (1)$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{ВГД - \bar{x}}{3\sigma_I}; \frac{\bar{x} - НГД}{3\sigma_I}\right) \quad (2)$$

$$P_p = \frac{ВГД - НГД}{6\sigma_T} \quad (3)$$

где $ВГД$ и $НГД$ – соответственно наибольшее и наименьшее предельные значения показателя качества (пределы поля допуска).

$$P_{pk} = \min\left(\frac{ВГД - \bar{x}}{3\sigma_T}; \frac{\bar{x} - НГД}{3\sigma_T}\right) \quad (4)$$

В ряде случаев может быть установлен только один предел поля допуска: либо наибольшее предельное значение $ВГД$, либо наименьшее предельное значение показателя качества $НГД$. Тогда для оценки возможностей процесса применяют только индексы C_{pk} и P_{pk} , которые рассчитывают по следующим формулам:

– для стабильного процесса в состоянии А, если задано наибольшее предельное значение показателя качества $ВГД$, то

$$C_p = \frac{ВГД - \bar{x}}{3\sigma_I} \quad (5)$$

если задано наименьшее предельное значение показателя качества $НГД$, то

$$C_p = \frac{\bar{x} - НГД}{3\sigma_I} \quad (6)$$

– для нестабильного процесса в состояниях Б и В, если задано наибольшее предельное значение показателя качества $ВГД$, то

$$P_p = \frac{ВГД - \bar{x}}{3\sigma_T} \quad (7)$$

если задано наименьшее предельное значение показателя качества НГД, то

$$P_p = \frac{\bar{x} - НГД}{3\sigma_T} \quad (8)$$

Связь индексов воспроизводимости с показателями процесса иллюстрирует рис. 4.

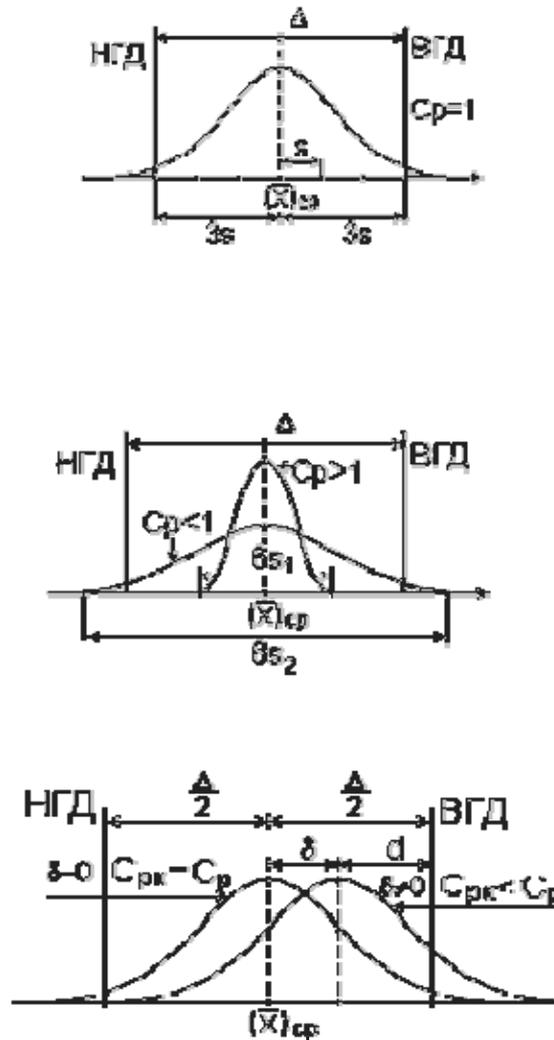


Рис. 4. Иллюстрация связи величин индексов с параметрами процесса

Если индивидуальные значения (результаты измерения отдельных единиц продукции) подчиняются нормальному распределению, то по табл. 1 для стабильного процесса можно оценить ожидаемый уровень несоответствий. Значение ожидаемого уровня несоответствий в этом случае равно половине значения (в процентах несоответствующих единиц

продукции % или ppm), указанного в таблице для полученного по формуле (7) или (8) значения .

Для применения индексов воспроизводимости надо убедиться, что процесс является управляемым. На практике это означает, что получаемые значения должны в большинстве находиться внутри оговоренного техническими условиями допуска и не иметь существенных видимых колебаний. В противном случае надо сначала устранить причины выхода параметров за поле допуска или сильных

колебаний параметров и только потом переходить к оценке индексов качества процесса. Если процесс центрирован, то $k=0$ и индексы C_p и C_{pk} равны. При отклонении процесса от номинального значения уменьшается C_{pk} , а при увеличении разброса значений уменьшаются и C_p и C_{pk}

Если в качестве цели используется не середина поля допуска, а некоторое иное номинальное значение в пределах всего поля допуска, то для оценки качества процесса можно применить относительно недавно введенный индекс воспроизводимости C_{pm} . Примером такой ситуации является достаточно распространенное требование при токарной обработке наружного диаметра держать размер на нижней границе поля допуска для того, чтобы не допустить появления брака при износе пластины. Рассчитывается индекс C_{pm} аналогично C_{pk} , но в качестве среднего принимается целевое значение, выбранное при реализации процесса.

Табл. 1 устанавливает связь индексов возможностей и стабильных процессов с ожидаемым уровнем несоответствий продукции на выходе технологического процесса при предположении нормального распределения.

По известным значениям C_p или C_{pk} , используя табл. 1, можно определить интервал, в котором находится ожидаемый уровень несоответствий. По значению из табл.1 определяют максимально возможное значение ожидаемого уровня несоответствий, по значению – минимально возможное.

Т а б л и ц а 1

Связь индексов воспроизводимости и стабильных процессов с ожидаемым уровнем несоответствий продукции

Значение C_p или C_{pk}	Уровень несоответствий продукции в	
	процентах несоответствующих единиц продукции, %	числе несоответствующих единиц на миллион единиц продукции
1	2	3
0,33	32,2	322000
0,37	26,7	267000
0,55	9,9	99000

Окончание табл. 1

1	2	3
0,62	6,3	63000
0,69	3,8	38000
0,75	2,4	24000
0,81	1,5	15000
0,86	0,99	9900
0,91	0,64	6400
0,96	0,40	4000
1,00	0,27	2700
1,06	0,15	1500
1,10	0,097	970
1,14	0,063	630
1,18	0,040	400
1,22	0,025	250
1,26	0,016	160
1,30	0,0096	96
1,33	0,0066	66

Пример. При оценке возможностей процесса получены следующие значения индексов: $\hat{C}_p = 0,81$ и $\hat{C}_p = 0,69$. В этом случае ожидаемый уровень несоответствий от 1,5% до 3,8%.

Какое значение должен иметь индекс воспроизводимости? Если индекс воспроизводимости равен единице, то фактический разброс (т.е. 6σ) равен допуску. Хотя формально равенство допустимого и фактического разброса является показателем стабильности процесса, эта цифра является неприемлемой в реальном производстве, поскольку при малейших отклонениях она может стать меньше единицы. При нормальном распределении 99,73 % значений находятся в диапазоне $\pm 3\sigma$. Это означает, что для 0,27 % деталей размеры будут выходить за заданное поле допуска. Таким образом, если мы принимаем, что допустимый разброс равен фактическому разбросу (т.е. $C_p = 1$) и равен $\pm 3\sigma$, то 2700 деталей из миллиона будут бракованными.

Если допустимый разброс равен $\pm 4\sigma$, то под кривую нормального распределения попадает 99,9937 % деталей. В этом случае индекс $C_p = 1,33$ и бракованными будут 63 детали на миллион (0,007 %). Индекс $C_p = 1,33$ наиболее часто принимается в качестве нижней допустимой границы при приемке станков. При этом исходят из того, что поскольку при приемке нельзя организовать долгосрочные испытания, то, приняв станки с индексом 1,33 можно с большой уверенностью сказать, что в процессе эксплуатации индекс не опустится ниже единицы.

Если допустимый разброс составляет $\pm 5\sigma$, то индекс воспроизводимости C_p такого процесса равен 1,67. В этом случае процент годных

деталей составит 99,99994266 %, что соответствует 0,5 бракованных деталей на миллион.

Наконец, если допустимый разброс равен $\pm 6 \cdot \sigma$, то индекс C_p равен 2. Процент годных деталей равен 99,999999803 % и брак укладывается в 0,00197 деталей на миллион. Очевидно, что такой индекс воспроизводимости C_p гарантирует практически абсолютное качество выпускаемых деталей.

Принято воспроизводимость технологического процесса оценивать, исходя из следующих критериев:

$C_p > 1,33$ – воспроизводимый;

$C_p = 1,33-1,00$ – воспроизводимый, но требует внимательного наблюдения;

$C_p < 1,00$ – невоспроизводимый.

Оценка точности технологических процессов. После того как были выяснены форма и широта распределения на основании сопоставления с допуском, исследуют, возможно ли по данному технологическому процессу производить качественные изделия. Другими словами, появляется возможность по результатам обследования количественно оценить точность технологических процессов. С этой целью можно использовать следующую формулу:

$$K_T = \frac{6S}{T},$$

где K_T – коэффициент точности технологического процесса;

$T = T_B - T_H$ допуск изделия;

$S = \sigma$ – среднее квадратическое отклонение.

Точность технологического процесса оценивают исходя из следующих критериев:

$K_T \leq 0,75$ – технологический процесс точный, удовлетворительный;

$K_T = 0,76 - 0,98$ – требует внимательного наблюдения;

$K_T > 0,98$ – неудовлетворительный.

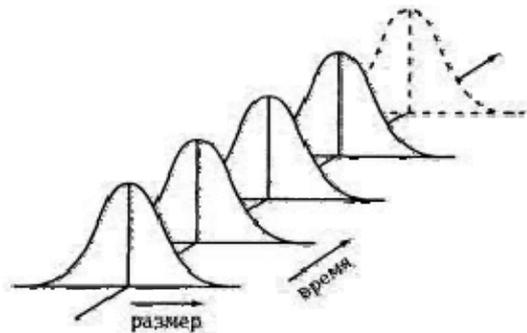
В этом случае необходимо немедленно выяснить причину появления дефектных изделий и принять меры управляющего воздействия.

Стабильность процессов оценивают на основе выборок с использованием контрольных карт Шухарта по ГОСТ Р 50779.42. Результатом оценки стабильности (в том числе после действий, направленных на устранение влияния особых причин) должно быть одно из следующих состояний процесса (рис. 5):

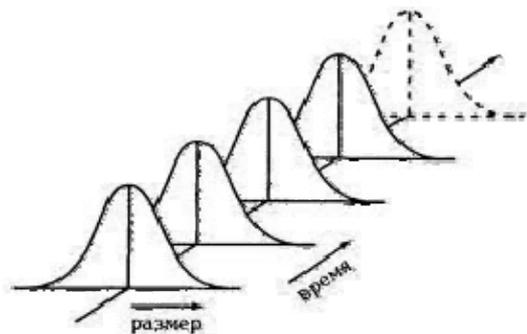
– стабилен и по разбросу и по положению среднего арифметического (состояние А);

- стабилен по разбросу, но нестабилен по положению;
- нестабилен по разбросу (состояние В).

Состояние А



Состояние Б (изменить)



Состояние В

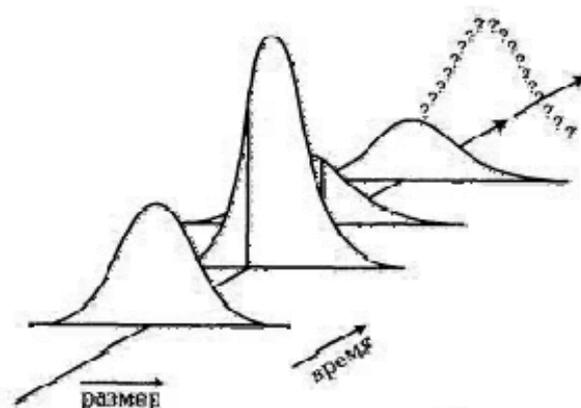


Рис. 5. Графическая иллюстрация типичных состояний процесса

Состояние А характеризуется отсутствием признаков особых причин как на MR-, R- или S-карте, так и на X- или \bar{x} – карте соответственно.

Состояние Б характеризуется отсутствием признаков особых причин соответственно на MR-, R- или S-карте, но и наличием таких признаков на X- или \bar{x} -карте.

Состояние В характеризуется наличием признаков особых причин соответственно на MR-, R- или S-карте.

Оценка собственной и полной изменчивости процесса. Собственную и полную изменчивость (вариабельность) процесса следует оценивать по данным, которые были использованы для построения контрольных карт Шухарта.

Собственная изменчивость процесса зависит от влияния только обычных (общих) причин вариаций. Собственную изменчивость процесса следует определять для стабильных по разбросу процессов в состояниях А и Б и оценивать по выборочным стандартным отклонением σ_I , по одному из следующих способов в зависимости от вида контрольной карты Шухарта по ГОСТ Р50779.42 :

– при использовании X- и MR-карт Шухарта

$$\sigma_I = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (9)$$

где \bar{R} – среднее значение скользящих размахов;

d_2 – коэффициент, значения которого зависят от числа точек, использованных для расчета скользящих размахов в MR-карте;

– при использовании \bar{x} - и R-карт Шухарта

$$\sigma_I = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (10)$$

где \bar{R} – среднее значение размахов отдельных выборок;

d_2 – коэффициент, значения которого зависят от объема отдельных выборок в R-карте;

– при использовании \bar{x} - и S-карт Шухарта

$$\sigma_{I=\frac{\bar{S}}{c_4}} \quad (11)$$

где \bar{S} – среднее значение стандартных отклонений отдельных выборок;

c_4 – коэффициент, значения которого зависят от объема отдельных выборок в S-карте.

Значения коэффициентов d_2 и c_4 приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Значения коэффициентов для расчета оценок
стандартного отклонения

n	d_2	c_4
2	1,128	0,7979
3	1,693	0,8862
4	2,059	0,9213
5	2,326	0,9400
6	2,534	0,9515
7	2,704	0,9594
8	2,847	0,9650
9	2,970	0,9693
10	3,078	0,9727
11	3,173	0,9754
12	3,258	0,9776
13	3,336	0,9794
14	3,407	0,9810
15	3,472	0,9823
16	3,532	0,9835
17	3,588	0,9845
18	3,640	0,9854
19	3,689	0,9862
20	3,735	0,9869
21	3,778	0,9876
22	3,819	0,9882
23	3,858	0,9887
24	3,895	0,9892
25	3,931	0,9896

Полная изменчивость процесса зависит от влияния как случайных (обычных), так и неслучайных (особых) причин вариаций.

Полную изменчивость процесса следует определять для процессов в состояниях Б и В т оценивать по выборочным стандартным отклонением по формуле

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (12)$$

где N – суммарный объем данных во всех выборках объема каждая (в объединенной выборке);

- i – результат измерений показателей качества отдельных единиц продукции, $1, \dots, N$;
 \bar{x} – среднее арифметическое всех значений в объединенной выборке.

Пример применения статистических методов при анализе процесса. Система контроля качества предусматривает использование индексов воспроизводимости и пригодности процесса. Используются данные производства бетона марки 200 на одном из предприятий стройиндустрии г. Пензы (значения прочности при сжатии бетона плит покрытий, кгс/см² табл. 3).

Значение средней прочности составляет $\bar{x} = 155,56$ кгс/см², Отпускная прочность бетона в летний период составляет 70% от проектной: нижняя граница допуска 140кгс/см², верхняя граница допуска – 175кгс/см².

Т а б л и ц а 3

№ п/п	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	R	\bar{x}
1	150	155	155	160	140	20	152,0
2	153	156	162	157	146	16	154,8
3	158	149	151	159	161	12	155,6
4	162	152	154	161	147	15	155,2
5	164	158	168	168	163	10	164,2
6	144	152	161	147	154	17	151,6

Стабильность процессов оценивали на основе выборок с использованием контрольных карт Шухарта (на рис. 6 приводится контрольная \bar{x} -R карта). Как видим, что на \bar{x} -карте имеются точки вне границ регулирования: процесс стабилен по разбросу, но не стабилен по положению среднего. Это свидетельствует о возможности действия некоторых особых причин вариаций.

По собственной и полной изменчивости (вариабельности) процесса оценивали индексы воспроизводимости и пригодности (по данным, которые использованы для построения контрольных карт Шухарта). Собственная изменчивость зависит от влияния только обычных (общих) причин вариаций, которые легко определялись по выборочным стандартным отклонением :

$$\sigma_I = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{15}{2,32} = 6,44 \text{ кгс/см}^2$$

здесь \bar{R} – среднее значение размахов отдельных выборок;

d_2 – коэффициент, значения которого зависят от объема отдельных выборок в R-карте.

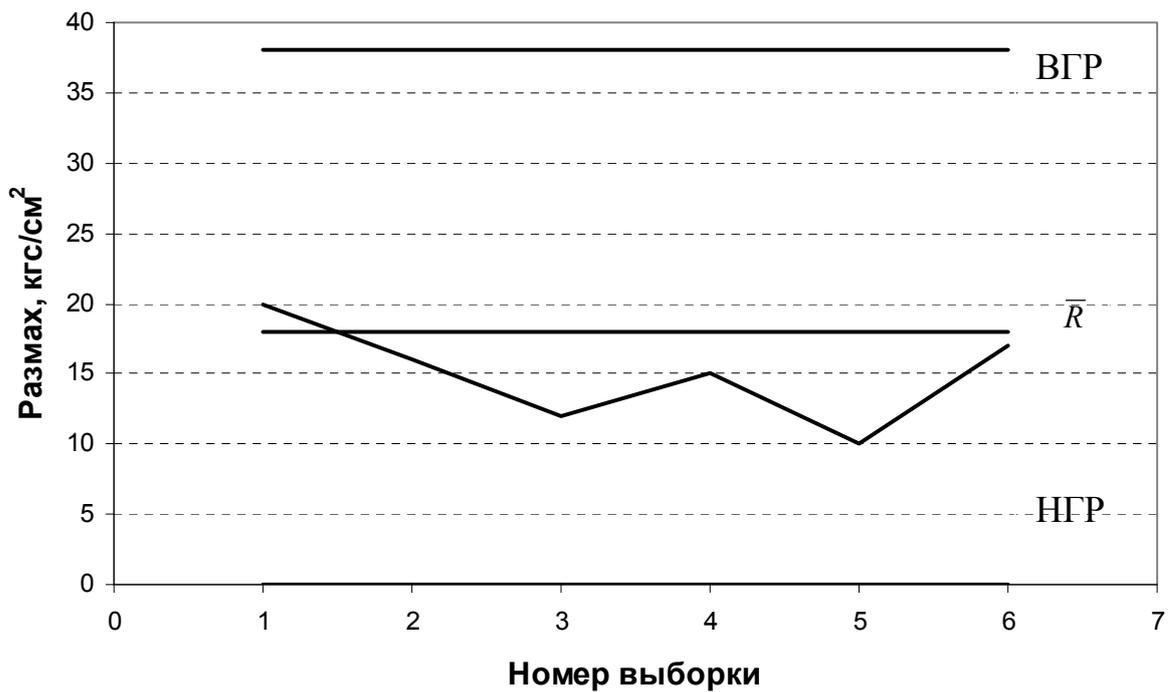
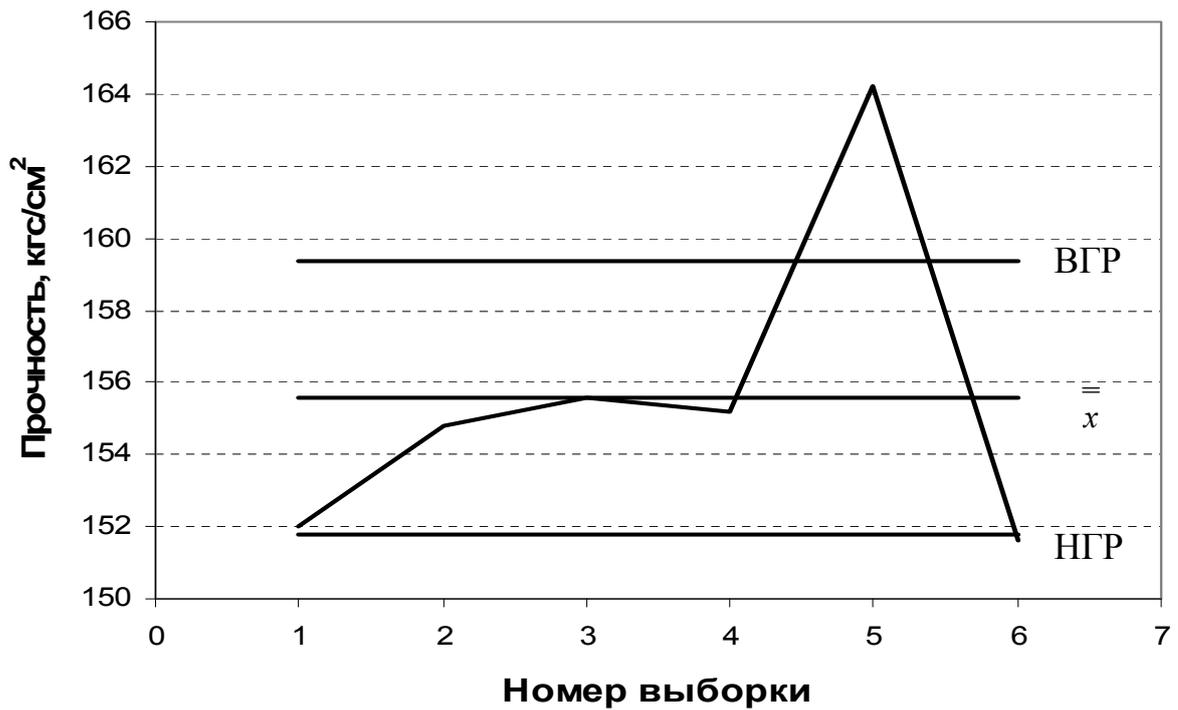


Рис.6. \bar{x} -R карта

Полная изменчивость процесса оценивалась по выборочным стандартным отклонениям:

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} = 6,946 \text{ кгс/см}^2,$$

где N – суммарный объем данных во всех выборках объема каждая (в объединенной выборке);

i – результат измерений показателей качества отдельных единиц продукции, $1, \dots, N$;

\bar{x} – среднее арифметическое всех значений в объединенной выборке.

Показатели процесса равны:

$$C_p = \frac{ВГД - НГД}{6\sigma_I} = \frac{\Delta}{6\sigma_I} = \frac{175 - 140}{6 \cdot 6,44} = 0,905,$$

$$P_p = \frac{ВГД - НГД}{6\sigma_T} = \frac{175 - 140}{6 \cdot 6,946} = 0,8398,$$

$$P_{pk} = \min\left(\frac{ВГД - \bar{x}}{3\sigma_T}; \frac{\bar{x} - НГД}{3\sigma_T}\right) = \min\left(\frac{175 - 155,56}{3 \cdot 6,946}; \frac{155,56 - 140}{3 \cdot 6,946}\right) = 0,7467.$$

Как видно, процесс стабилен по разбросу и $C_p = 0,905$. Однако процесс не стабилен по настройке и среднее значение показателя качества смещено относительно центра поля допуска. Значения P_p и P_{pk} малы: процесс следует считать процесс неприемлемым. Требуется корректирующие меры для настройки процесса на середину поля допуска, устраняя влияние особых причин вариации. Если процесс оставить без улучшений, то уровень несоответствий такого процесса прогнозируется ориентировочно не более 2,63%, но не менее 0,64%. При стабильной настройке процесса на середину поля допуска уровень несоответствии составит 0,64 %.

Применение индексов воспроизводимости и пригодности процесса в системе контроля качества продукции позволяет наглядно оценить возможность снижения процента несоответствующей продукции за счет снижения и устранения влияния неслучайных (особых) причин изменчивости (обеспечение стабильности процессов), а также снижения влияния случайных (обычных) причин изменчивости (повышение возможностей процессов удовлетворять установленные требования).

Таким образом, применение более совершенной системы контроля качества позволяет своевременно принять предупреждающие и корректирующие действия, что позволит выявить резервы повышения качества продукции, снизить финансовые затраты на исправление брака, повысить конкурентоспособность предприятия.

Задание

По данным, приведенным в табл. 4, оценить стабильность процесса производства кирпича керамического марки 100.

Т а б л и ц а 4

№ п/п	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	125	103	115	122	114
2	113	106	122	117	126
3	108	129	111	119	101
4	112	112	124	111	117
5	104	118	128	108	103

Вопросы для контроля знаний студентов

1. Какой процесс считается стабильным?
2. Как оценить воспроизводимость процесса?
3. Назовите причины вариаций.
4. От чего зависит полная изменчивость процесса?
5. Как можно регулировать процесс производства, чтобы он стал стабильным и воспроизводимым?

Библиографический список

1. ГОСТ Р 50779.70-1999 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 0. Введение в систему выборочного контроля по альтернативному признаку на основе приемлемого уровня качества AQL (IDT).
2. ГОСТ Р 50779.71-1999 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL (IDT).
3. ГОСТ Р 50779.72-1999 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 2. Планы выборочного контроля отдельных партий на основе предельного уровня качества LQ (IDT).
4. ГОСТ Р 50779.73-1999 Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 3. Планы выборочного контроля с пропуском партий (IDT).
5. ГОСТ Р 50779.22-2005 (ИСО 2602:1980) Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего.
6. ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
7. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534-2:1993) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения (IDT).

Практическое занятие № 2 МЕТОДОЛОГИЯ «ШЕСТЬ СИГМ»

Цель работы – научить студентов владеть методологией «шесть сигм» с целью повышения качества продукции.

Общие сведения

Научной базой концепции «шесть сигм» служит теория вариаций; основоположником ее является В. Шухарт, который рассматривал наличие вариаций как проявление естественных свойств любого процесса, в том числе процессов производства продукции, ее измерений или испытаний.

Основополагающие принципы и понятия впервые были сформулированы в компании Motorola в конце 80-х годов XX-го века, борющейся за выживание в условиях жесткой конкуренции с японскими фирмами. Крайне был необходим скачек в качестве продукции и производительности, и компания поставила амбициозную цель десятикратного увеличения производительности при одновременном снижении уровня брака в сотни раз. Девиз инициативы первоначально был следующим: «Шесть сигм к 1992 году» (в течение четырех лет). Впоследствии, когда в гонку за достижением предельных показателей качества включились другие компании, эта концепция приобрела современное наименование.

На основе результатов статистических исследований инженеры компании Motorola установили существенную связь между надежностью изделий и объемом доводочных работ. Безошибочная сборка повышала степень безотказности продукции и наоборот, изделия, собранные из вполне пригодных, но подвергавшихся исправлениям узлов, не имели достаточной надежности.

Руководствуясь этими выводами, компания уделила особое внимание снижению изменчивости процессов до уровня, при котором возникающие отклонения в процессах были бы настолько незначительными, что отпадает необходимость исправлений. Этому требованию удовлетворяет уровень 3,4 дефекта на миллион возможных, что соответствует уровню стабильности процессов 6σ .

Если для процесса установлены некоторые контрольные пределы, выход значений за которые считается нежелательным событием, то чем больше среднеквадратических отклонений σ процесса уместается в данных контрольных пределах, тем меньше дефектов будет получаться при производстве. В табл.1 приведены значения вероятности выхода случайной величины на границы допуска при различном значении среднеквадратических отклонений, находящихся в зоне допуска.

Т а б л и ц а 1

Вероятность выхода случайной величины за границы допуска ($m \pm k\sigma$)

ε / P	Произвольный закон распределения	Нормальный закон распределения	
		Два хвостовых участка	Один хвостовой участок
2σ	$25000 \cdot 10^{-6}$	$45500 \cdot 10^{-6}$	$22750 \cdot 10^{-6}$
3σ	$111100 \cdot 10^{-6}$	$2699 \cdot 10^{-6}$	$1395 \cdot 10^{-6}$
4σ	$62500 \cdot 10^{-6}$	$63,372 \cdot 10^{-6}$	$31,686 \cdot 10^{-6}$
5σ	$40000 \cdot 10^{-6}$	$0,5742 \cdot 10^{-6}$	$0,28715 \cdot 10^{-6}$
6σ	$27700 \cdot 10^{-6}$	$0,00198 \cdot 10^{-6}$	$0,001 \cdot 10^{-6}$

Отличным показателем является попадание (3-4) σ в интервал между средним значением и контрольным пределом. Это означает присутствие 6200 дефектов на миллион деталей. Термин «Шесть сигм» возникает при попытке достигнуть такой изменчивости процесса, чтобы $\pm 6\sigma$ (оценка стандартного отклонения) находилось между верхней и нижней границами допуска для процесса.

На рис.1 изображены «идеальный» процесс (кривая 1), когда среднее значение и среднее квадратическое отклонение (СКО) показателей качества обеспечивают идеальное качество, и «критический» процесс (кривая 2), при котором даже самое незначительное ухудшение параметров (снижение среднего или увеличение СКО) приведёт к превышению допустимой доли дефектности. Предположим, что процесс отклонился от среднего на $1,5\sigma$ (по данным корпорации Моторола со временем даже хорошо отрегулированный процесс может давать сдвиги в среднем до $1,5$ сигма). Предположим, что число продукции составляет 100000. Тогда число продукции, показатели качества которых окажутся за нижним контрольным пределом, будет составлять 66,807. Таким образом, необходимо стремиться к такой дисперсии для процесса, чтобы $\pm 6\sigma$ уложилось в интервале от нижнего контрольного предела до среднего. В этом случае даже смещение процесса не приведет к появлению большого числа дефектов. В этом случае, даже если среднее процесса сместится на $1,5\sigma$ (например, на $+1,5$ сигма ближе к верхней границе), число дефектов останется очень малым и составляет только 3,4 дефекта на миллион возможностей.

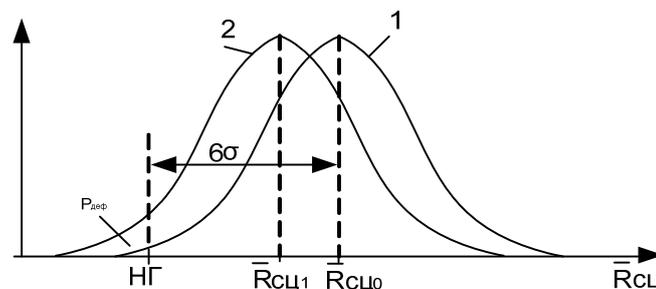


Рис.1. Законы распределения средних значений показателя качества продукции

Используя предусматриваемые в концепции статистические методы, компания «Motorola» достигла к 1988 г. впечатляющих успехов в области качества своей продукции (а также системы корпоративного управления качеством, отмеченной премией М. Болдриджа). С 1987 по 1996 гг. она сократила число дефектов продукции почти в 2 раза, что позволило получить экономию в 11 млрд. долларов.

Компания «General Electric», которая начала работы по внедрению статистических методов в конце 1995 г., уже в 1997 г. получила эффект в 200 млн. долл., а в 1998 г. – в 600 млн. долларов.

Интуитивно кажется, что обеспечение уровня дефектности, соответствующего 6σ , будет стоить непомерно дорого. Однако практика показывает, что сокращать вариации можно не увеличивая, а резко сокращая затраты за счет исключения из процессов элементов, не создающих добавочной ценности для клиентов. Отсюда вытекает необходимость в процессном описании бизнеса и создании системы как непрерывного, так и радикального совершенствования - процедур, составляющих бизнес-процессы, т.е. в рассмотрении концепции «Шесть сигм» как системы менеджмента бизнеса.

С точки зрения статистики методика применения «методологии шесть сигм» основана на определении средних и среднеквадратических отклонений количественных оценок различных показателей качества и, принимая во внимание нормальность распределения этих оценок, вычислении реального уровня дефектности (процента некачественной продукции).

Осуществив случайным образом выборку объемом n вычисляют средние оценки и СКО по формулам:

$$\bar{S}_i = \frac{\sum_{j=1}^n S_i^j}{n} \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (S_i^j - \bar{S}_i)^2}{n-1}} \quad (2)$$

где S_i^j – количественная оценка i -го свойства на j -м участке;

n – количество участков.

Затем используя «шести-сигмовые» допуски, определяют, чему должно быть равно значение σ .

Практические задания, выдаваемые студентам

1. Каково должно быть среднеквадратическое отклонение σ , чтобы вероятность выхода случайной величины за границы допуска при произвольном законе распределения составляла $27700 \cdot 10^{-6}$? Результаты оценки качества приведены ниже

254; 263; 271; 258; 265; 281; 251; 261; 274.

2. Каково должно быть среднеквадратическое отклонение σ , чтобы вероятность выхода случайной величины за границы допуска при нормальном законе распределения составляла $0,00198 \cdot 10^{-6}$? Результаты оценки качества приведены ниже

204; 203; 201; 208; 205; 201; 210; 201; 204.

3. Какова вероятность выхода случайной величины за границы допуска при нормальном законе распределения, если применяются:

- а) трех-сигмовые допуски ;
- б) четырех-сигмовые допуски;
- в) пяти-сигмовые допуски.

Результаты оценки качества приведены ниже

214; 223; 211; 228; 215; 221; 210; 211; 214.

Вопросы для контроля знаний студентов

1. В чем заключается методология «шесть сигм»?
2. Как можно добиться снижения уровня дефектности?
3. Какова вероятность получения брака, если в поле допуска укладывается 7 сигм?

Библиографический список

1. ГОСТ Р 50779.22-2005 (ИСО 2602:1980) Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего.
2. ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
3. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534-2:1993) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения (IDT).

Практическое занятие № 3 МЕТОДЫ ТАГУТИ

Цель работы – ознакомиться с методологией Тагути.

Общие сведения

Японский специалист по статистике Тагути разработал идеи математической статистики применительно к задачам планирования эксперимента и контроля качества. Он предложил измерять качество теми потерями, которые вынуждено нести общество после того, как некоторый товар произведен и отправлен потребителю. Тагути доказал, что стоимость отклонения от целевого значения (номинала) возрастает по квадратичному закону по мере удаления от цели и предусматривает наличие потерь за пределами допуска (рис. 1).

Тагути предложил *характеризовать производимые изделия устойчивостью технических характеристик и объединил стоимостные и качественные показатели в так называемую функцию потерь, которая одновременно учитывает потери, как со стороны потребителя, так и со стороны производителя.*

Функция потерь имеет следующий вид:

$$L = k(y - m)^2, \quad (1)$$

где L – потери для общества (величина, учитывающая потери потребителя и производителя от бракованной продукции);

k – постоянная потеря, определяемая с учетом расходов производителя изделий;

y – значение измеряемой функциональной характеристики;

m – номинальное значение соответствующей функциональной характеристики;

$(y - m)$ – отклонение от номинала.

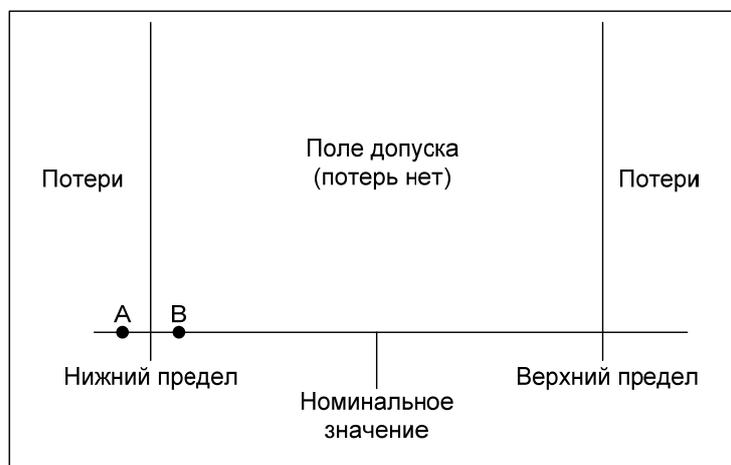


Рис. 1. Допусковое мышление

Практическое применение функции потерь заключается в том, что она позволяет определить эффективность любого мероприятия, направленного на увеличение качества (рис. 2).

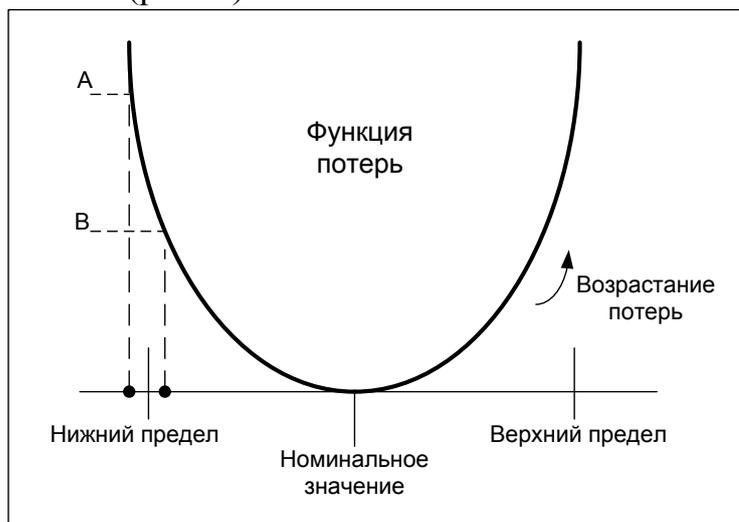


Рис. 2. Мышление через функцию потерь

Рассмотрим применение методологии Тагути на примере автомобилестроения. Известно, что качество отечественных автомобилей нуждается в существенном повышении и постоянном улучшении. Допустим, что отклонение диаметра вала коробки передач превышает 1,5 %, возникает брак, т.е. потребитель, конечно, его обнаружит и обратится в гарантийную мастерскую.

Устранение дефекта оценивается в 80 руб. (условно). Отклонение менее 1,5 % дает приемлемое качество. С учетом формулы (1) определим постоянную потерь

$$k = \frac{L}{(y - m)^2} = \frac{80}{1,5^2} = 35,56 \text{ руб.}$$

Тогда любое отклонение от номинального размера (в нашем примере диаметр вала 10 мм) служит причиной возрастания стоимости пропорционально квадрату отклонения. Графически эта зависимость позволяет оценить потери (рис. 3). Из графика видно, что максимальное отклонение в пределах допуска дает потери 2,12 руб. на деталь.

Таким образом, если вал или, соответственно, шестерня изготовлены сточными (целевыми) параметрами, они будут отлично сопрягаться, не создавая шума при работе, не будут изнашиваться раньше времени из-за слишком тугой или свободной посадки, а также не вызовут неудобств для потребителя; потери при этом будут минимальными. Кроме того, не потребуются дополнительные затраты на приемочные испытания.

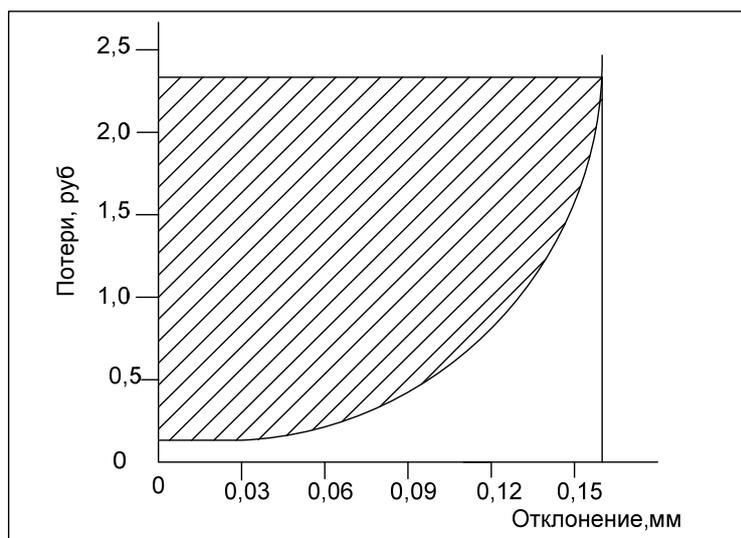


Рис. 3. Зависимость потерь вследствие отклонения размера вала от номинального значения

Таким образом, логика, стоящая за функцией потерь доктора Тагути, становится вполне понятной. *Если производится продукция, соответствующая целевым значениям, это приводит к снижению затрат на качество, уменьшению возможных затрат, связанных с приемочными испытаниями, а также к снижению вероятности того, что в будущем компания утратит свою репутацию.*

Функция потерь также позволяет инженеру установить экономически обоснованные границы поля допуска, а также ответить на вопрос о том, сколько денег он может потратить на уменьшение разброса в процессе изготовления или в свойствах продукта.

Из сказанного ранее становится ясно, **что задачей любого производства является производство продукции с номинальными (целевыми) значениями.** Но у любого здравомыслящего человека, не слышавшего о методах Тагути, возникает вопрос: как же этого можно добиться? Для того чтобы это сделать, Тагути предлагает вернуться к стадии проектирования.

Преимущество планирования параметров, предложенного Тагути, заключается в том, что планирование помогает выяснить, какие факторы важны для снижения разброса (**управляемые факторы**), какие важны для удержания выхода на целевом значении (**сигнальные факторы**), а какие фактически не имеют значения (**второстепенные факторы**) при достижении этих целей. Второстепенные факторы стоит установить на самых дешевых уровнях с целью снижения затрат, не создавая никаких компромиссов с качеством.

Важный аспект методологии Тагути состоит в том, что он не предполагает управлять каждым фактором, учитываемым в технологическом

процессе или при изготовлении продукта. Идея состоит в том, чтобы влиять только на те факторы, которые способны привести к снижению затрат, причем делать это организованным, тщательно продуманным способом; те же факторы, управление которыми не способно привести к снижению затрат, следует просто игнорировать.

Тагути вводит понятие идеальной функции. *Идеальная функция* определяется идеальным соотношением между сигналами на входе и выходе, выражаемым специальной формулой. Но реальные процессы показывают результаты, отличные от предсказанных идеальной функцией.

Тагути вводит понятие отклоняющего фактора (или "шума"), являющегося причиной разброса характеристик на рабочем месте, а также вносит поправку в понятие случайного отклонения. Специалисты по математической статистике считают, что на результат статистического прогнозирования влияют случайные факторы. Тагути придерживается мнения, что все отклонения и ошибки имеют свои причины и что существуют не случайности, а факторы, которые иногда трудно учесть.

Специалист, использующий методы Тагути, должен владеть методами предсказания "шума" в любой области, будь то технологический процесс или маркетинг.

Внешние "шумы" – это вариации окружающей среды: влажность; пыль; индивидуальные особенности человека и т.д. "Шумы" при хранении и эксплуатации – это старение, износ и т.п.

Внутренние "шумы" – это производственные неполадки, приводящие к различиям между изделиями даже внутри одной партии продукции.

Тагути создал надежный и изящный метод расчета, используя идею отношения "сигнал/шум", принятую в электросвязи. Отношение "сигнал/шум" используется Тагути не только применительно к измерениям, но и в более широком смысле - для проектирования и оптимизации процессов. Отношение "сигнал/шум" стало основным инструментом инжиниринга качества. Это основное понятие, имеющее смысл отношения составляющей "сигнала" на выходе к составляющей "шума".

Если обозначить значение параметра на входе (множество входных данных, начиная от качества станка, материала и квалификации работника вплоть до чистоты помещения) через M , составляющие "шума" (дефекты материала, ошибки рабочего) через $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, значение параметра на выходе (в нашем случае рассматривается диаметр вала коробки передач автомобиля) через y , то y будет функцией M и "шума"

$$y = f(M, x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (2)$$

Отношение "сигнал/шум" в общем виде записывается так:

$$C / Ш = \frac{(df / dM)^2}{(df / dx_1)^2 \cdot \sigma x_1^2 + \dots + (df / dx_n)^2 \cdot \sigma x_n^2}. \quad (3)$$

Тагути предложил 72 формулы для расчета отношения "сигнал/шум", большинство которых связаны со спецификой соответствующих отраслей техники (электроники, автомобилестроения, химии и т.д.). Однако существуют три стандартные общеупотребительные формулы:

- Тип *N*: оптимальные номинальные характеристики (размеры, выходное напряжение и т.д.)

$$C / Ш = 101g \frac{(Sm - Ve) / n}{Ve}, \quad (4)$$

где $Sm = \frac{(\sum y_i)^2}{n}$;

$Ve = \frac{\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2 / n}{n-1}$;

y_i – параметр i -го наблюдения;

n – количество наблюдений.

- Тип *S*: оптимальные минимальные характеристики (шум, загрязнение и т.д.)

$$C / Ш = 101g (\sum y_i)^2 / n \quad (5)$$

- Тип *B*: оптимальные максимальные характеристики (прочность, мощность и т.д.)

$$C / Ш = 101g \left[\sum (1 / y_i)^2 \right] / n. \quad (6)$$

Отношение "сигнал/шум" интерпретируется всегда одинаково: чем больше отношение, тем это лучше. По существу, эта величина связана с коэффициентом вариации относительно y при зафиксированных условиях эксперимента для управляемых факторов. Стандартными методами находится модель

$$C / Ш = \phi(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (7)$$

Рассмотрение такой модели, наряду с моделью для средних значений, позволяет найти компромиссный режим, который при достаточно высоких средних значениях обладает наилучшей робастностью, т.е. меньше всего варьирует под воздействием неуправляемых факторов. При этом можно использовать как дисперсионный, так и регрессионный анализ. Впрочем, Тагути рекомендует чаще пользоваться графическими методами, не прибегая к формальным вычислениям.

В отличие от принятого в статистике толкования отношения "сигнал/шум" как отношения разности между начальным значением и измененным значением к начальному значению, в методах Тагути принято рассматривать отношение разности этих значений к среднему значению. Это позволяет повысить точность расчета, а значит, и надежность изделия.

При перенесении методов Тагути из лабораторных в реальные условия предложено ввести для отношения "сигнал/шум" расчет устойчивости. В данном случае устойчивость означает высокую повторяемость реагирования. Сама *устойчивость* выражает, в некотором роде, взаимодействие между "сигналом" и "шумом". При изменении "шума" величина реагирования изменяется. В результате изменится и среднее значение. Расчет устойчивости параметров проводится в соответствии с методом Тагути не сложными трудоемкими и дорогостоящими способами, а новым методом экспериментального проектирования с использованием дисперсионного анализа. В процессе экспериментального проектирования значения параметров подбираются таким образом, чтобы "сигнал" был как можно больше, а "шум" как можно меньше.

Если перейти к обсуждению уровня качества совокупности, состоящей из N единиц продукции, то, прежде всего, потери необходимо по ним просуммировать и формула (1) будет иметь вид

$$\sum_{i=1}^{i=N} L(y_i) = k \sum_{i=1}^{i=N} (y_i - y_o)^2 = k \left[\sum_{i=1}^{i=N} y_i^2 - 2y_o N \mu + N y_o^2 \right] \quad (8)$$

μ – среднее арифметическое совокупности, равное

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} y_i \quad (9)$$

После преобразования выражения (8) получим

$$\sum_{i=1}^{i=N} L(y_i) = kN \left[\sigma^2 + (\mu - y_o)^2 \right] \quad (10)$$

Величина δ^2 , равная

$$\delta^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{i=N} (y_i - y_o)^2 = \sigma^2 + (\mu - y_o)^2 \quad (11)$$

может рассматриваться как средний квадрат отклонения характеристики у от цели, определяющий уровень качества рассматриваемой совокупности единиц продукции. В связи с этим представляет интерес вопрос об относительном вкладе величин σ^2 и $(\mu - y_o)^2$ в величину δ^2 , а значит дополнительные затраты потребителя или изготовителя.

В соответствии с (1) потери определяются положением среднего μ относительно целевого значения y_o и разбросом значений характеристики вокруг своего среднего. При наладке технологических процессов требуется настроить процесс таким образом, чтобы среднее μ совпадало или было близко к целевому значению y_o , либо уменьшить разброс значений характеристики y_i вокруг своего среднего μ . Две рассмотренные ситуации требуют различных по масштабу финансовых вложений. Вклад каждого составляющего в уровень качества и финансовые затраты различен. Разделить полную вариацию на две составляющие и получить соответствующие коэффициенты вклада важно потому, что они позволяют направить усилия организации-производителя в нужном направлении.

Полная вариация S характеристики y в выборке из N единиц может быть определена по формуле

$$S_T = \sum_{i=1}^{i=N} (y_i - y_o)^2 \quad (12)$$

Полная вариация S_T состоит из двух компонент

$$S_T = S_m + S_e \quad (13)$$

Компонента S_e (фактор ошибки) определяется выборочной дисперсией

$$S_e = (N - 1)S \quad (14)$$

и представляет собой вклад в полную вариацию того фактора, который приводит к разбросу значений характеристики вокруг их среднего значения.

Вторая компонента полной вариации вычисляется в соответствии с выражением

$$S_m = N(m - y_o)^2 \quad (15)$$

и определяется значением выборочного среднего m относительно целевого значения функциональной характеристики y_o .

При переходе от выборке к генеральной совокупности компоненты вариации могут быть определены по формулам

$$S_m^i = N(m - y_o)^2 - S^2 \quad (16)$$

$$S_e^i = NS^2 \quad (17)$$

Коэффициенты, учитывающие вклад каждого из факторов определяются по формулам

$$\rho_m = \frac{S_m^i}{S_T} 100\% \quad (18)$$

$$\rho_e = \frac{S_e'}{S_T} 100\% \frac{n!}{r!(n-r)!} \quad (19)$$

Дополнительные затраты, которые несет потребитель или изготовитель, могут быть определены по формуле

$$L = kd^2 \quad (20)$$

где d^2 – выборочное значение среднего квадрата отклонения характеристики y от цели.

$$d^2 = \frac{N-1}{N} S^2 + (m - y_o)^2 \quad (21)$$

Задания для студентов

1. Пользуясь статистическими данными, приведенными ниже, вычислить затраты, которые несет предприятия. Исходные данные: бетон марки 300. Отпускная прочность панелей должна составлять 85% от проектной марки бетона. Значения прочности бетона на сжатие составляют (кг/см²): 252, 276, 295, 253, 285, 258, 260, 258, 276, 250, 282, 276, 268, 264, 293, 266, 253, 252, 258, 282, 285, 255, 252, 262, 257, 282, 275, 268, 267, 272, 264, 270, 274, 271, 266, 285, 285.

Вопросы для контроля знаний

1. Что такое целевое значение функциональной характеристики качества?
2. Как определяется полная вариация характеристики в выборке?
3. Как оценить вклад каждой компоненты вариации в уровень качества?
4. Как определить потери покупателя (изготовителя) при отклонении показателей качества от целевого значения?
5. Какой вид имеет функция потерь?
6. В чем заключается практическое применение функции потерь?
7. Как изменяется стоимость продукции, вызванная отклонением от целевого значения (номинала)?
8. Как связана функция Тагути с разбросом показателей качества

Библиографический список

1. ГОСТ Р 50779.22-2005 (ИСО 2602:1980) Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего.
2. ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
3. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534-2:1993) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения (IDT).

Практическое занятие № 4

МЕТОДОЛОГИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы – ознакомиться с методологией статистического мышления.

Статистическое управление – это методология, основанная на понимании variability, присущей любым процессам, диагностика их стабильности и воспроизводимости и использующая простые и эффективные методы для анализа и решения проблем. Между тем, общая задача и методология статистического подхода остается для сотрудников лаборатории предприятий стройиндустрии не совсем ясной и четкой. Очевидно, такое положение дел объясняется еще и тем, что существует определенный разрыв между рутинной практикой лаборатории и практикой статистического мышления.

Для того, чтобы качество продукции соответствовало современным требованиям, необходимо выполнение следующих моментов:

- процесс производства должен находиться в статистически управляемом состоянии;
- процесс производства должен быть воспроизводимым.

Новые подходы к проблеме качества требуют сдвига от административных рычагов контроля качества к преимущественно организационно-экономическим мерам управления качеством, позволяющим производителям оперативнее реагировать на организацию работы по производству и обеспечению высокого качества продукции.

В зависимости от показателей стабильности и воспроизводимости процесса необходимо вмешательство или его отсутствие со стороны высшего руководства или линейного персонала. При принятии решения о невмешательстве или вмешательстве следует руководствоваться статистическим мышлением. Под "статистическим мышлением" понимается подход к принятию управленческих решений на всех уровнях организации, причем как оперативных или тактических, так и стратегических. Статистическое мышление – это основанный на теории variability способ принятия решений о том, надо или не надо вмешиваться в процесс, и если надо, то на каком уровне (т.е. кому и когда). Очевидна важность этой позиции, ибо если мы вмешиваемся в процесс, когда этого делать не надо, или не вмешиваемся, когда это крайне важно, то процесс только ухудшается. Аналогичный результат возникает, если в процесс вмешиваются не те люди, кому следует это делать.

Вариации по своему происхождению вызываются двумя принципиально различными причинами, которые условно называют «общими» и

«специальными». «Общими» причинами вариаций называют те причины, которые являются неотъемлемой частью данного процесса и связаны с неабсолютной точностью поддержания параметров и условий на его входах и выходах. Если изменчивость вызвана только такими, случайными причинами, то считается, что процесс находится в статистически управляемом состоянии.

«Специальными» причинами вариаций называют те причины, которые возникают из-за внешних (по отношению к процессу) воздействий на него и которые не являются неотъемлемой частью процесса. Они связаны с приложением к процессу незапланированных воздействий и не могут быть предусмотрены нормальным ходом процесса.

Разделение причин вариаций на общие и специальные принципиально для принятия правильных управленческих решений, поскольку уменьшение вариаций в этих двух случаях требует различного подхода. Специальные причины вариаций требуют локального вмешательства в процесс, тогда как общие причины вариаций требуют вмешательства в систему и принятия решений высшим менеджментом, в том числе и по вопросам выделения ресурсов на улучшение процесса. В связи с этим весьма актуальным является организация на производстве процесса мониторинга, направленного на постоянную диагностику ситуации. Он призван представить текущую информацию в такой форме, чтобы было ясно, какие решения следует принимать на ее основе.

Локальное вмешательство обычно осуществляется людьми, занятыми в процессе и близкими к нему (т.е. это линейный персонал, линейные руководители и т.д.). Вмешательство в систему почти всегда требует действий со стороны высшего менеджмента.

С другой стороны, излишнее вмешательство в стабильный процесс будет ошибочным решением (излишней регулировкой), которое чаще всего приводит к ухудшению характеристик процесса.

Модель анализа процесса приведена на рис. 1, принципиальное отличие которой – блок статистического мышления в цепи обратной связи.

С практической точки зрения ситуация сводится к диагностике стабильности и воспроизводимости процессов. Возможна следующая ситуация, когда процесс:

- 1) стабилен и воспроизводим;
- 2) стабилен, но невоспроизводим;
- 3) нестабилен, но воспроизводим;
- 4) нестабилен и невоспроизводим.

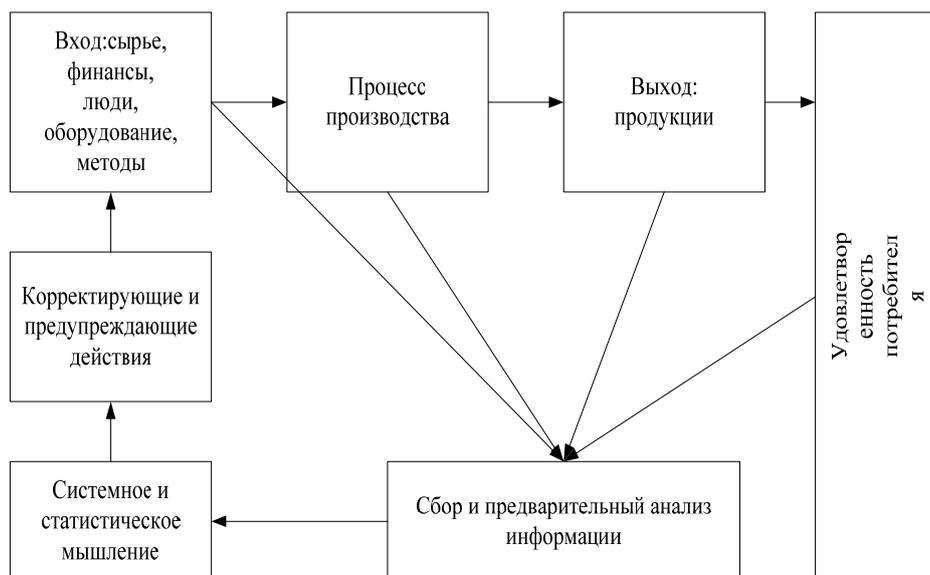


Рис. 1. Модель анализа процесса

В первом случае вмешательство со стороны руководства и линейного персонала не требуется, во втором случае требуется вмешательство высшего руководства. В третьем случае требуется безотлагательное вмешательство в процесс со стороны линейного персонала с целью обнаружения этой специальной причины вариабельности и её скорейшего устранения. В четвертом случае так как процесс не стабилен, и не воспроизводим, то требуется вмешательство линейного персонала для обнаружения причин специальных вариаций и приведение процесса в статистически управляемые условия. Затем можно проводить мероприятия, направленные на изменение системы со стороны высшего руководства

Задания для студентов

Дать заключение о необходимости вмешательства в процесс.

При выборке получены следующие данные

№ п/п	Серия									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	309	335	314	339	354	243	323	309	295	267
2	305	301	357	343	335	259	331	320	290	251
3	309	311	330	335	284	299	299	241	318	252
4	315	311	230	326	352	339	312	273	277	302
5	285	278	308	366	315	352	246	310	259	261
6	323	332	350	339	329	277	308	282	263	299

Дать заключение о необходимости вмешательства в процесс

Вопросы для контроля знаний студентов

1. В каких случаях следует вмешиваться в процесс производства продукции?
2. Кому следует вмешиваться в процесс производства продукции, если процесс является статистически неуправляемым?
3. Кому следует вмешиваться в процесс производства продукции, если процесс не воспроизводим?

Библиографический список

1. ГОСТ Р 50779.22-2005 (ИСО 2602:1980) Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего
2. ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение
3. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534-2:1993) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения (IDT)

Практическое занятие №5 ФУНКЦИЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ КАЧЕСТВА (QFD-МЕТОДОЛОГИЯ)

Цель работы – ознакомиться с принципами оценки эффективности мероприятий, направленных на повышение качества продукции.

Общие сведения

Развертывание функции качества (Quality Function Deployment – QFD) – это методология систематического и структурированного преобразования пожеланий потребителей уже на ранних (первых) этапах петли качества в требования к качеству продукции, услуги и/или процесса (рис.1). QFD-методология используется для обеспечения лучшего понимания ожиданий потребителей при проектировании, разработке и совершенствовании продукции, услуг и процессов с применением все большей и большей ориентации на установленные и предполагаемые потребности потребителей.

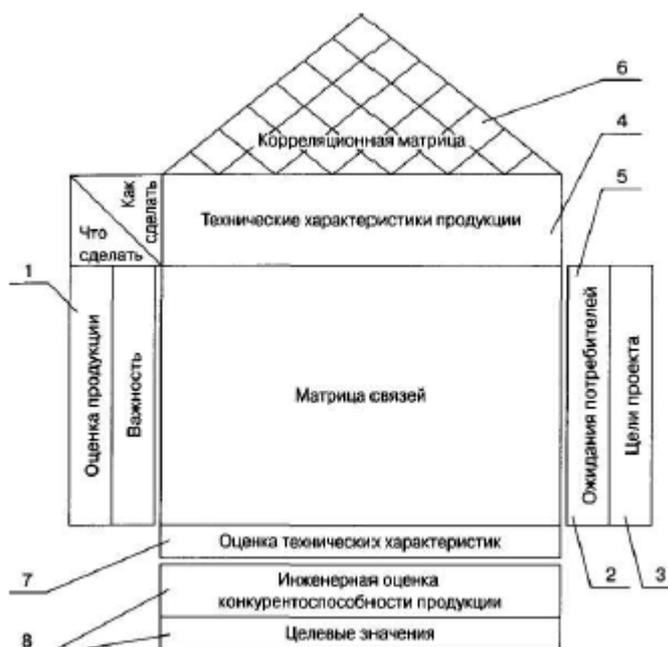


Рис. 1. Базовая структура QFD-диаграммы («дома качества») и цели ее проектирования

Представленную на рис.1 структуру, состоящую из нескольких таблиц-матриц), используемую в рамках QFD-методологии, из-за ее формы называют «домом качества» quality house).

Сначала важные (необходимые, критические) пожелания потребителей с помощью первого «дома качества» преобразовываются в детальные технические характеристики продукции, а затем (посредством трех последующих «домов качества», представленных на рис. 2) – в детальные технические требования сначала к характеристикам компонентов продукции, потом – к характеристикам процессов и, в конце концов, как к способам контроля и управления производством, так и к оборудованию для осуществления этого производства. Эти технические требования к производству (к способу контроля и управления, а также и к оборудованию) должны обеспечить достижение высокого качества продукции.

Первый «дом качества» (рис. 2) устанавливает связь между пожеланиями потребителей и техническими условиями, содержащими требования к характеристикам продукции. Для второго «дома качества» центром внимания является взаимосвязь между характеристиками продукции и характеристиками компонентов (частей) этой продукции.

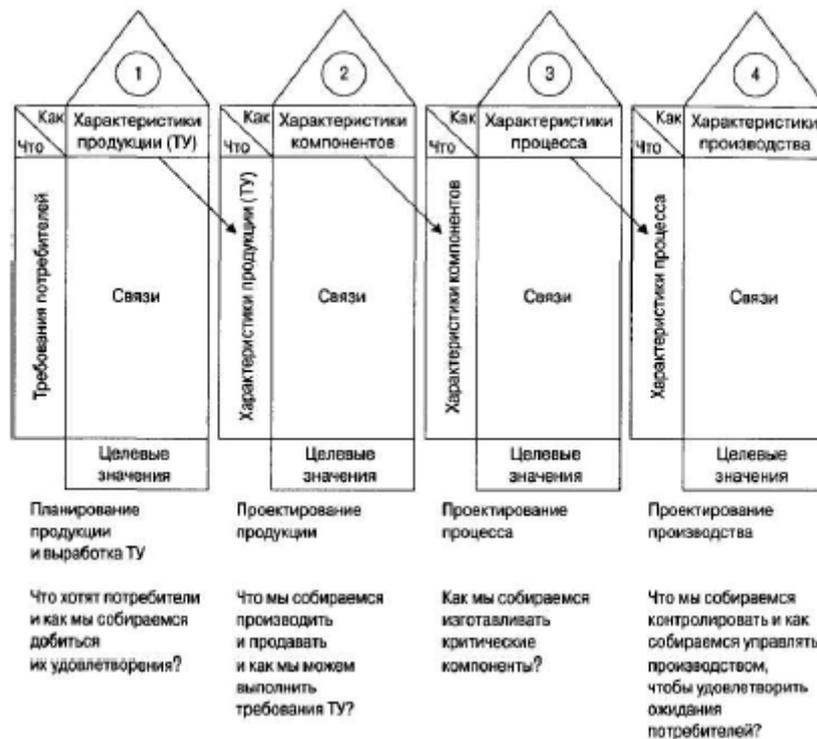


Рис. 2. Основные шаги последовательного применения QFD-методологии

Третий «дом качества» устанавливает связь между требованиями к компонентам продукции и требованиями к характеристикам процесса. В результате устанавливаются индикаторы (критерии) выполнения важнейших (критических) процессов.

Наконец, с применением четвертого «дома качества» характеристики процесса преобразуются в характеристики оборудования и способы

контроля технологических операций производства, которые следует применить для выпуска качественной продукции по приемлемой цене, что должно обеспечить высокий уровень удовлетворенности потребителей.

Примерный порядок применения QFD-методологии

1. Создать межфункциональную команду специалистов, обучаемую и тренируемую лидером команды и поддерживаемую экспертом по QFD-методологии. Предпочтительно, чтобы руководителем (лидером) команды был производственный менеджер или инженер-технолог по продукции. Эксперт по QFD-методологии снабжает необходимой информацией и дает советы, касающиеся эффективного использования этой методологии, а на подготовительной стадии работы помогает сформулировать цели, задачи и область применения QFD-проекта.

Главными вопросами при практическом применении QFD-методологии являются следующие:

- 1) взяло ли высшее руководство на себя обязательства по качеству?
- 2) какую важную продукцию мы собираемся совершенствовать?
- 3) для каких сегментов рынка?
- 4) каковы наши потребители?
- 5) какую конкурирующую продукцию мы собираемся сравнивать с нашей?
- 6) как много времени потребуется для выполнения проекта?
- 7) какой должна быть структура и состав отчетов о работе?

При построении первого «дома качества» рекомендуется действовать следующим образом:

1. Определите конкретную группу потребителей, составьте реестр (список) установленных и предполагаемых потребностей (ожиданий) потребителей и определите (оцените) приоритетность этих ожиданий с использованием, например, весовых коэффициентов. Реестр ожиданий потребителей, касающийся свойств и характеристик продукции, может быть составлен на основании анализа письменных запросов, направленных к имеющимся и потенциальным потребителям, путем проведения устных опросов и интервью, а также с применением «мозговой атаки», проведенной с участием специалистов по маркетингу, проектированию, производству и продажам рассматриваемой продукции. Важными источниками информации для оценки и отображения ожиданий потребителей могут быть также:

- посещение торговых демонстраций, ярмарок и выставок;
- мнения опытного в вопросах продаж персонала;
- регистрация запросов потребителей (заказчиков, покупателей, клиентов);

– прямые контакты с потребителями, а также с представителями конкурирующих фирм;

– результаты работ, выполненных в рамках бенчмаркинга.

2. Сравните характеристики (эксплуатационные качества) вашей продукции с показателями конкурирующей продукции. Оцените и выразите в виде чисел качество вашей продукции, а затем в письменном виде представьте ее сильные и слабые стороны (с точки зрения покупателей, заказчиков и клиентов).

3. Идентифицируйте и количественно определите цели и задачи планируемых улучшений. В письменном виде представьте, какие свойства продукции, входящие в реестр ожиданий потребителей, должны быть улучшены по сравнению с конкурирующей продукцией, и отобразите эти цели и задачи в виде документа.

4. Переведите ожидания потребителей на язык поддающихся количественному определению технических параметров и характеристик (технических условий) продукции. Установите, точно определите и ясно сформулируйте, как ожидания потребителей могут быть использованы для достижения вами преимуществ в конкурентной борьбе. Примерами таких технических параметров и характеристик могут служить:

– геометрический размер;

– вес (масса) изделия;

– потребление энергии;

– количество частей (деталей, узлов);

– вместимость, емкость, объем технологического аппарата;

– пределы измерения (прибора);

– допустимая погрешность изготовления детали (допуск) и т.п.

5. Исследуйте взаимозависимость между ожиданиями потребителей и параметрами (характеристиками) технических условий на продукцию. Отметьте в матрице связей, насколько сильно технические параметры и характеристики (технические условия) продукции влияют на уровень удовлетворения потребностей и ожиданий потребителей.

6. Идентифицируйте силу взаимодействия между техническими параметрами и ясно отобразите это в треугольной матрице связей (матрице корреляций), образующей крышу «дома качества».

7. Оформите в письменном виде полученные значения всех технических параметров и характеристик продукции с указанием единиц их измерения. Выразите эти параметры и характеристики в виде измеримых данных.

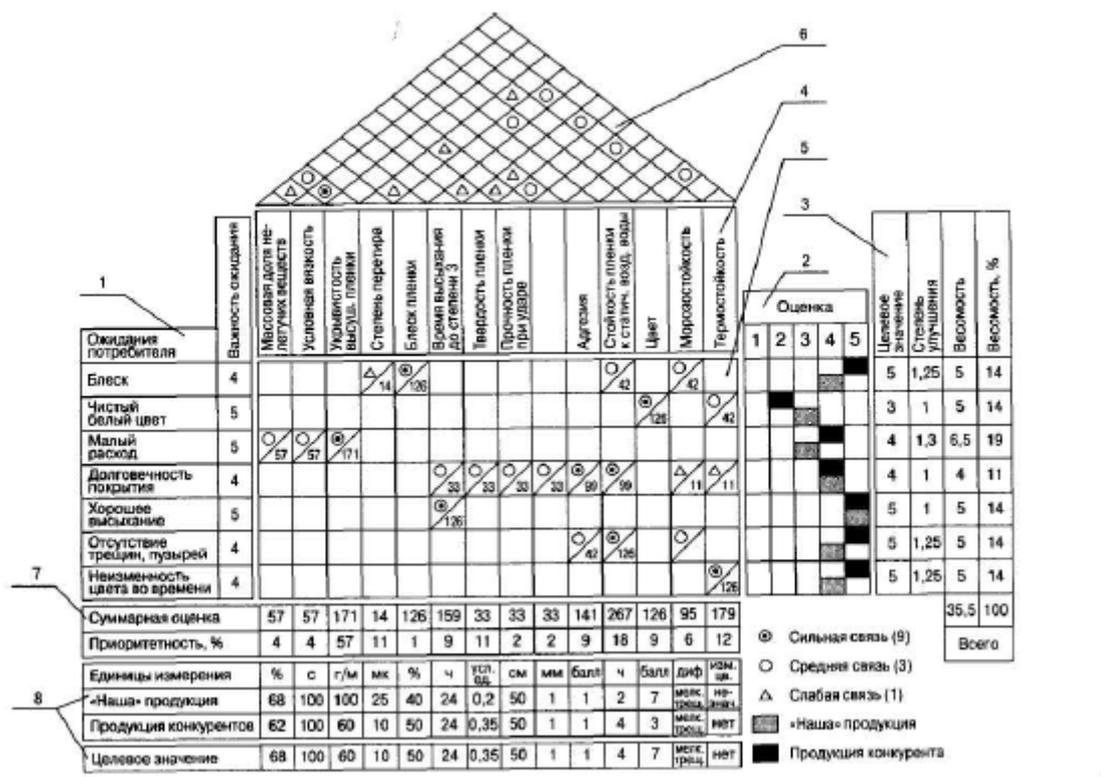
8. Определите целевые (плановые) показатели проектирования новой продукции.

Определите в письменном виде отличительные признаки (характеристики) предполагаемых улучшений технических параметров проектируемой продукции.

Аналогично следует действовать и при построении каждого из последующих «домов качества».

Пример применения QFD-методологии для улучшения качества эмали ПФ-115 белого цвета

В этом примере рассматривается планирование улучшения качества эмали ПФ-115 белого цвета (алкидная эмаль, используемая для защиты металла от коррозии, а также в строительных, ремонтных и отделочных работах). На рис. 3 представлены заполненные таблицы первого «дома качества», использованные для перехода от выявленных ожиданий потребителей к характеристикам качества (техническим условиям) эмали ПФ-115 белого цвета.



Этап определения ожиданий потребителей. Ожидания потребителей на этом этапе были установлены с применением «мозговой атаки» и приведены (рис. 3) в «комнате» (субтаблице 1) «дома качества». На этом этапе был рассмотрен вопрос о том, что является наиболее важным для потребителей. В частности, было установлено следующее описание потребностей:

- 1) блеск;
- 2) чистый белый цвет;
- 3) малый расход;
- 4) долговечность покрытия;
- 5) хорошее высыхание;
- 6) отсутствие трещин, пузырей и т. п.;
- 7) неизменность цвета во времени.

Поскольку все эти ожидания имеют одинаковую важность для потребителей, то на рис. 3 приведены их весовые коэффициенты (множители) по пятибалльной шкале, а именно:

- 5 – очень ценно;
- 4 – ценно;
- 3 – менее ценно, но хорошо бы иметь;
- 2 – не очень ценно;
- 1 – не представляет ценности.

Например (рис.3), ожидание «блеск» получило оценку в виде весового коэффициента 4, так как оно является ценным, а ожидание «малый расход» – оценку 5, так как оно имеет большую ценность.

Этап определения сравнительной ценности продукции. На этом этапе выпускаемая фирмой продукция (эмаль ПФ-115 белого цвета) сравнивается с одним или несколькими лучшими видами конкурирующей продукции. В результате достигается понимание того, насколько производимая нами продукция является совершенной при сравнении с лучшими аналогами конкурирующих фирм. В этом случае также используется пятибалльная шкала от «отлично» до «плохо», а именно:

- 5 – отлично;
- 4 – хорошо;
- 3 – удовлетворительно (в основном соответствует);
- 2 – не очень удовлетворительно (соответствует отчасти);
- 1 – плохо (не соответствует ожиданиям).

Результаты такого сравнения представлены в субтаблице 2 (очередной «комнате» матрицы «дома качества» на рис.3). Видно, что наша эмаль ПФ-115 белого цвета может рассматриваться как обладающая удовлетворительным «чистым белым цветом» и по этому ожиданию потребителей опережает эмаль конкурирующего завода. С другой стороны, эмаль ПФ-115 белого цвета конкурента имеет меньший расход, покрытие лучше блестит, на нем меньше трещин, пузырей, а цвет более стабилен во времени. Изложенное выше сразу указывает на потенциальные возможности усовершенствования нашей продукции.

Этап установления целей проекта. На этом этапе мы желаем улучшить (исправить) имеющийся уровень показателей удовлетворения ожиданий потребителей по отношению к установленным показателям для

конкурента. Другими словами, в субтаблице 3 (рис.3) следует установить целевые значения (в цифровом виде) для каждого ожидания потребителей (характеристики, свойства) продукции. При этом еще раз используется пятибалльная шкала. Для тех ожиданий (характеристик) продукции, которые не требуют улучшения, целевые значения устанавливаются на одном уровне с имеющимися на данный момент оценочными значениями для этих ожиданий. В рассматриваемом случае команда, созданная для осуществления проекта, в результате проведения «мозговой атаки» приняла решение, что не требуют улучшения следующие ожидания потребителей: «чистый белый цвет», «долговечность покрытия», «хорошее высыхание».

Этим ожиданиям потребителей были присвоены целевые значения соответственно 3, 4 и 5, которые будут оставаться постоянными на тех же уровнях, которые показаны в субтаблице 3.

Ожидания потребителей «блеск», «малый расход», «отсутствие трещин, пузырей и т. п.» и «неизменность цвета во времени», которые до начала работы имели оценочные значения соответственно 4, 3, 4, 4 (ниже, чем у конкурирующей продукции), должны быть улучшены до целевых значений 5, 4, 5 и 5.

На базе определенных целевых значений могут быть вычислены относительные величины «степени улучшения» качества (по каждой из характеристик продукции) по формуле

$$\text{Степень улучшения} = \frac{\text{Целевое значение}}{\text{Оценка продукции}} \quad (1)$$

Результаты вычислений по формуле (1) проставлены во втором столбце субтаблицы 3. Из рассмотрения этой «комнаты» (субтаблицы 3) общей матрицы «дома качества» можно сделать вывод, что QFD-команда решила улучшить характеристики «блеск», «малый расход», «отсутствие трещин, пузырей и т. п.», «неизменность цвета во времени» до «степени улучшения», соответственно равной 1,25; 1,3; 1,25 и 1,25. После этого в рамках определения целей проекта должна быть установлена весомость каждого ожидания потребителя или характеристики продукции.

При этом весомость вычисляют по формуле

$$\text{Весомость потребителя} = \text{Весомость ожидания потребителя} \times \text{Степень улучшения}$$

При выполнении этой работы важность ожидания потребителя берется из второго столбца субтаблицы 1, а степень улучшения – из второго столбца субтаблицы 3.

При вычислениях по формуле (2) получены значения:

- весомоть ожидания «блеск»= $4 \times 1,25 = 5$;
- весомоть ожидания «чистый белый цвет»= $5 \times 1 = 5$;
- весомоть ожидания «малый расход»= $5 \times 1,3 = 6,5$ и т. д.

После завершения вычислений результаты оценки весомотей различных ожиданий потребителя поместили в третий столбец субтаблицы 3, а в дополнительной нижней строке этого же столбца поместили сумму 35,5 всех значений весомотей. Приняв сумму 35,5 за 100 %, в четвертый столбец субтаблицы 3 поместим (выраженные в процентах) значения весомотей каждого ожидания потребителей. Например, выраженная в процентах весомоть ожидания «блеск» была посчитана на основании пропорции:

- 35,5 соответствует 100 %;
- 5 соответствует x %.

В результате получили значение $5 \times 100 / 35,5 = 14,08 = 14$.

Для весомоти ожидания «долговечность покрытия» получаем значение $4 \times 100 / 35,5 = 11$ и т. д.

После завершения вычислений следует проверить, чтобы сумма всех (выраженных в процентах) весомотей, помещенных в четвертый столбец субтаблицы 3, была равна 100 %.

Этап подробного описания технических характеристик продукции.

После окончания этапа работы, связанного с визуализацией и оценкой весомоти ожиданий потребителей, необходимо решить, **как** обеспечить выполнение этих ожиданий на практике. В рассматриваемом случае QFD-команда с применением «мозговой атаки» выработала решение о том, за счет изменения каких параметров (характеристик) продукции могут быть выполнены различные ожидания потребителей. Точнее говоря, было установлено, как технические характеристики продукции (**как** надо сделать?) соотносятся с тем, что ожидают и хотят получить потребители (**что** надо сделать?). В рассматриваемом примере были определены 14 технических характеристик эмали ПФ-115 белого цвета (см. рис. 5.7, субтаблица 4), связанные с пожеланиями и ожиданиями потребителей, а именно:

- массовая доля нелетучих веществ;
- условная вязкость;
- укрывистость высушенной пленки;
- степень перетира;
- блеск пленки;
- время высыхания до степени 3;
- твердость пленки;
- прочность покрытия при ударе;
- эластичность пленки при изгибе;

- адгезия;
- стойкость покрытия к статическому воздействию воды;
- цвет;
- морозостойкость;
- термостойкость.

Успех проектирования качественной эмали ПФ-115 белого цвета определяется правильным выбором значений этих технических характеристик.

Этап заполнения матрицы связей. На данном этапе изучается сила влияния технических характеристик продукции на выполнение ожиданий потребителя. Эта работа проводится с применением матрицы связей (см. рис. 5.7, субтаблицу 5), являющейся центральной частью общей матрицы «дома качества». Посредством матрицы связей исследуется взаимосвязь между ожиданиями потребителей и техническими характеристиками (параметрами) продукции. Эта работа включает в себя взаимную стыковку того, «ЧТО НАДО СДЕЛАТЬ?» с тем, «КАК ЭТО НАДО СДЕЛАТЬ?»

Пустая (незаполненная) строка в матрице связей означает отсутствие какой-либо связи между техническими характеристиками продукции и соответствующим ожиданием потребителя, записанным в этой строке (ни одна из технических характеристик продукции не может удовлетворить данное ожидание потребителей). Аналогично пустая колонка указывает на ненужность этой технической характеристики, включенной в список характеристик продукции и удорожающей ее. Каждый элемент (ячейка, клеточка) матрицы связей, стоящий на пересечении ее строк и столбцов, определяет имеющуюся силу взаимосвязи между ожиданиями потребителей (записанными в каждой строке матрицы связей) и техническими характеристиками продукции (записанными в каждом столбце этой же матрицы связей). Символ, который находится в каждом из этих элементов, если такая взаимосвязь имеется, определяет, насколько сильна эта взаимосвязь.

При заполнении элементов (ячеек) матрицы связей для описания силы взаимосвязей на рис. 3 использованы символы, приведенные в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Символы и коэффициенты, используемые
для описания силы взаимосвязи

Символ	Сила взаимосвязи	Весовой коэффициент
⊔	Сильная	9
○	Средняя	3
∇	Слабая	1

Отсутствие какого-либо символа на пересечении строк и столбцов матрицы связей означает, что нет взаимосвязи между соответствующими ожиданиями потребителей и техническими характеристиками продукции.

На рис. 3 видно, что ожидание потребителей «долговечность покрытия» очень сильно взаимосвязано с технической характеристикой «адгезия». Однако это же ожидание потребителей слабее взаимосвязано с характеристикой «время высыхания до степени 3» и совсем слабо связано с характеристикой «морозостойкость».

Цифровые оценки значимости взаимосвязи каждой технической характеристики проектируемой эмали ПФ-115 белого цвета должны быть представлены в ячейках (клеточках) матрицы связей на рис. 3. Эти цифровые оценки значимости легко подсчитываются по формуле

$$\text{Значимость взаимосвязи} = \text{Сила взаимосвязи} \cdot \text{Весомость, \%}. \quad (3)$$

При вычислениях по формуле (3) используются числовые значения весовых коэффициентов «сила взаимосвязи» (см. табл.1), а значения показателей «весомость, %» берутся по данным четвертого столбца субтаблицы 3 (см. рис. 3).

Примечание. Значения показателей «сила взаимосвязи», внесенные в виде символов «>», «<», «=» в левые верхние части элементов (ячеек) матрицы связей (субтаблица 5), были определены членами QFD-команды в результате применения «мозговой атаки».

В нижние правые части элементов (ячеек) матрицы связей (см. рис.3, субтаблицу 5) занесены числовые значения показателей «значимость взаимосвязи», например, для элемента (ячейки) на пересечении строки «долговечность покрытия» со столбцом «адгезия» по формуле (3) получим:

$$\text{Значимость взаимосвязи} = 9(-) \times 11 = 99.$$

Аналогично на пересечении ожидания потребителя «блеск» с технической характеристикой «стойкость пленки к статическому воздействию воды» получаем:

$$\text{Значимость взаимосвязи} = 3(0) \times 14 = 42 \text{ и т. д.}$$

Суммы числовых значений показателей «значимость взаимосвязи» по каждому столбцу (колонке), представленные в верхней строке «суммарная оценка» субтаблицы 7, показывают приоритетность каждой технической характеристики проектируемой эмали ПФ-115 белого цвета. Из рис. 3 видно, что техническая характеристика «время высыхания до степени 3» имеет суммарную оценку 159, «адгезия» – 141, а «стойкость пленки к статическому воздействию воды» – 267.

Все значения, стоящие в верхней строке субтаблицы 7, были просуммированы. В результате получили итоговую величину 1491, отображенную в дополнительной ячейке субтаблицы 7. В нижней строке субтаблицы 7 помещены числовые значения приоритетности (выраженные в процентах от итоговой величины 1491) каждой технической характеристики проектируемой эмали ПФ-115 белого цвета. В частности, технические характеристики «стойкость пленки к статическому воздействию воды», «термостойкость», «укривистость высушенной пленки» имеют наиболее высокие приоритеты: 18, 12 и 11 соответственно. На стадии проектирования эмали ПФ-115 белого цвета на эти технические характеристики было обращено особое внимание.

Этап определения взаимодействия между техническими характеристиками продукции. Сила взаимосвязи между техническими параметрами отображается в элементах (ячейках) треугольной матрицы связей (субтаблица 6), образующей «крышу» матрицы «дома качества», с использованием символов, приведенных в табл. 1. Видно, что характеристика «твердость пленки» имеет слабую взаимосвязь с характеристикой «эластичность пленки при изгибе» и среднюю взаимосвязь с характеристикой «морозостойкость». Характеристика «условная вязкость» имеет сильную взаимосвязь с характеристикой «укривистость высушенной пленки». Обозначенные символами «>», «<», «><» взаимосвязи имеют очень важное значение при детализации (подробном описании) путей усовершенствования этой продукции.

Этап технического анализа. На этом этапе в очередной «комнате» «дома качества» в верхней строке субтаблицы 8 были проставлены единицы измерения для каждой технической характеристики продукции. Например, за единицу измерения характеристики «массовая доля нелетучих веществ» принят процент (%), характеристики «твердость пленки» – условная единица (усл. ед.), а характеристики «стойкость пленки к статическому воздействию воды» – час (ч).

С использованием этих единиц измерения во второй и третьей строках субтаблицы 8 приведены значения технических характеристик «нашей» и конкурирующей продукции. В частности, после испытаний на морозостойкость на покрытии из «нашей» эмали ПФ-115 белого цвета появились мелкие трещины, а у конкурирующей эмали лишь уменьшился глянец. При статическом воздействии воды на покрытии из «нашей» эмали ПФ-115 белого цвета дефекты появляются через два часа, а в случае эмали конкурента – через четыре.

Этап определения целевых значений технических характеристик продукции

Целевые значения технических характеристик продукции определяют на основе имеющихся данных с учетом их приоритетности. Целевые

значения имеют непосредственное отношение к улучшению технических характеристик продукции, к которому стремятся менеджеры, поэтому команды проектировщиков в дальнейшем должны осуществлять эти улучшения. В рассматриваемом нами примере главный упор сделан в основном на улучшение следующих характеристик:

- устойчивость покрытия к статическому воздействию воды (18 %);
- термостойкость (12 %);
- укрывистость высушенной пленки (11 %).

Рекомендации по улучшению эмали ПФ-115 белого цвета. QFD-команда, занимавшаяся выполнением проекта усовершенствования процесса производства эмали ПФ-115 белого цвета, помимо первого «дома качества», представленного на рис. 3, построила второй, третий и четвертый «дома качества» и с их помощью выработала рекомендации, приведенные ниже.

В связи с тем что эмаль ПФ-115 белого цвета используется для окраски металлических и деревянных изделий, эксплуатирующихся в атмосферных условиях, в первую очередь необходимо улучшить стойкость покрытия к статическому воздействию воды и его термостойкость. При построении последующих «домов качества» QFD-команда пришла к решению, что эти улучшения могут быть достигнуты путем замены мела, ранее применявшегося в качестве наполнителя, на микрорамор.

Для того чтобы улучшить укрывистость высушенной пленки, было рекомендовано использовать пигмент с более высокой белизной и со специальной формой частиц (игольчатой или чешуйчатой).

Для улучшения ожидания потребителя «блеск пленки» и технической характеристики «степень перетира» необходимо изменить режим введения пленкообразователей в пасту в ходе процесса замеса. Первоначально следует вводить не свыше 60 % пленкообразователя, что обеспечивает более эффективное смачивание пигмента и наполнителя. Кроме того, необходимо ввести в технологию стадию «вызревание пигментной пасты» (после предварительного смешивания в течение 5—6 часов при температуре 20–35 °С), что ускоряет процесс диспергирования и позволяет снизить энергозатраты. Для вызревания пасты рекомендуется контролировать температуру воды-теплоносителя, которая должна быть близка к 40 °С.

Для снижения вероятности возникновения несоответствий было рекомендовано производить пересчет рецептуры на компьютере, что повысит точность и надежность расчетов, позволит уменьшить вероятность брака.

Задания для самостоятельной работы студентов

1. Разработать рекомендации по повышению качества кирпича марки 75 на основе QFD-методологии.

2. Разработать рекомендации по повышению качества цемента марки 400 на основе QFD-методологии.

3. Разработать рекомендации по повышению качества песка с модулем крупности 1,4 на основе QFD-методологии.

Вопросы для контроля знаний студентов

1. Для чего применяют методологию QFD?

2. Как трансформируются пожелания потребителей в технические характеристики продукции?

3. Как определить степень улучшения продукции?

4. Как определить целевое значение?

5. Как определить весомость ожидания потребителя?

Библиографический список

1.ГОСТ Р 50779.22-2005 (ИСО 2602:1980) Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего.

2.ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.

3. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534-2:1993) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения (IDT).

Практическое занятие №6 АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ (FMEA)

Цель работы – ознакомиться с методологией анализа видов и последствий отказов (FMEA).

Общие сведения

Метод FMEA первоначально применялся обычно только при анализе конструкций или процессов (классические методы FMEA конструкции и FMEA процесса). Между тем, метод FMEA развивался далее. Сегодня речь идет уже о FMEA комплексной системы. Теперь как продукция, так и относящийся к ней производственный процесс, рассматриваются как системы, которые находятся во взаимосвязи. Одну часть называют FMEA системы продукции, а другую – FMEA системы процесса (рис. 1).

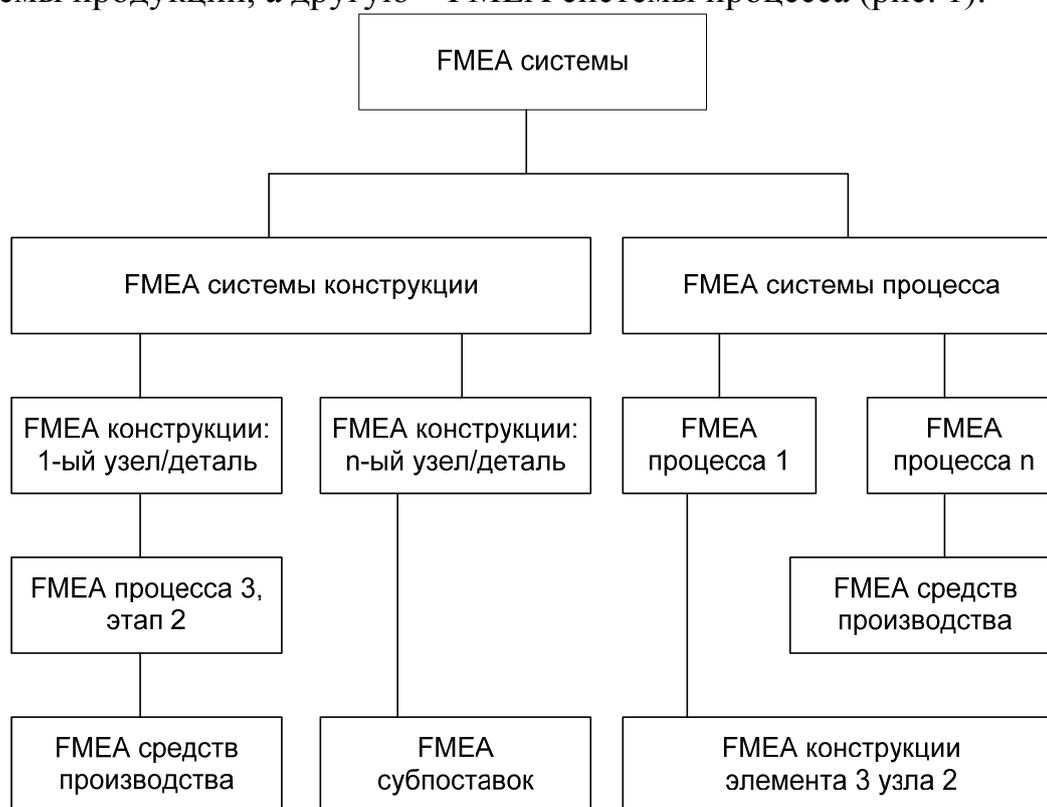


Рис 1. Взаимосвязь некоторых видов

FMEA комплексной системы (далее просто системы) учитывает функции взаимодействия между отдельными компонентами, не исследуя при этом сами компоненты. С помощью FMEA системы осуществляют исследование с учетом требований технического задания на раннем этапе с использованием функциональных схем и блоков диаграмм. Анализируется взаимодействие компонентов системы, проверяются возможности производства, безопасности, надежности и выполнения требований

соответствующих законов. Определяются не только слабые места и потенциальные ошибки, но и решаются вопросы выбора основного варианта при многовариантных предложениях структуры и компонентов системы.

FMEA системы продукции обычно включает классический метод FMEA конструкции. При FMEA системы продукции исследуются отказы, которые выступают как последствия отказов подчиненных компонентов или этапов процесса. Например, система зубчатый редуктор (основная функция – передача движения с преобразованием крутящего момента и скорости). Как следствие этого, один из видов отказа – выход из строя редуктора из-за неблагоприятного сочетания жесткости валов и подшипников, вызвавших при заданной частоте вращения резонансные колебания. Учитывая сказанное, при проведении FMEA системы продукции (также как и комплексной системы) сначала исследуют взаимодействия, а затем, по аналогии с анализом графа, рассматривают и зависимые отказы.

В классическом методе FMEA конструкции рассматриваются отказы конструкции, касающиеся функций продукции. Искомые причины (первопричины) – это слабые места конструкции. FMEA конструкции анализирует только сами компоненты (узлы и, или детали) относительно выполнения описанных функций. Подфункции (и выполняющие их элементы) упорядочиваются с помощью анализа исходной функции и дополняются известными и потенциальными видами отказов. Если вернуться снова к зубчатому редуктору и его основной функции, то следует отметить, что само преобразование крутящего момента и скорости осуществляет зубчатая передача. К отказам зубчатой передачи могут быть отнесены преждевременные (до достижения требуемой наработки) поломки зубьев зубчатых колес или разрушение поверхностных слоев их материалов. Оценка риска по этим отказам должна стать целью анализа FMEA зубчатой передачи. Но в осуществлении передачи движения принимают участие и другие детали редуктора – валы, подшипники. FMEA конструкции содержит все мысли проектировщика (или конструктора) относительно функций (подфункций) узлов и деталей, осуществляющих основную функцию. FMEA конструкции включает весь комплекс ноу-хау проектирования при критическом рассмотрении проекта для достижения лучшего результата. FMEA конструкции проводят с учетом технического задания для избежания ошибок как в конструкции самого продукта и его элементов, так и соответствующих ошибок в процессах, обусловленных особенностями конструкции.

FMEA конструкции часто составляет основу для FMEA процесса, так как при анализе конструкции в качестве причины отказа могут быть отклонения в производственном процессе. Например, большие разбросы механических характеристик материала зубчатого колеса обусловлены

ошибками в технологическом процессе химико-термической или термической обработки. Эта стадия производства при проведении FMEA процесса рассматривается как источник возможного отказа и подвергается дальнейшему анализу для того, чтобы установить, почему этот этап производства может дать "сбой".

FMEA системы процесса исследует прежде всего отказы и их первопричины, которые выступают как последствия отказов подчиненных этапов процесса и их взаимосвязей, а также отказов конструкции.

Классический метод FMEA процесса является частью метода FMEA системы процесса. Он может быть также взаимосвязан с методом FMEA конструкции и вытекать из него. В рамках классического метода FMEA процесса рассматриваются отказы, касающиеся отдельных этапов процесса, а также зависимые отказы на основании предшествующих этапов процесса и отказов элементов изделия. К оцениваемым последствиям могут относиться как последующие этапы процесса, так и характеристики продукции. Анализируют все особенности конструкции относительно спланированного технологического процесса (изготовления и контроля) и определяют соответствие изготовления требованиям чертежей и перечню обязанностей исполнителей.

Метод FMEA системы процессов начинают применять даже с предварительного планирования производственных процессов, а затем продолжают при планировании производства и его отладке. Все планируемые мероприятия и капиталовложения должны оцениваться на основе применения этого метода, чтобы исключить ошибки в производстве. FMEA процессов используется при планировании процесса и его организации с учетом требований проектировщиков и конструкторов, заложенных в технической документации (чертежах, спецификациях и др.). Целью такого исследования является обеспечение качества продукции, воплощенного в технической документации.

На примере табл. 1 показана особенность взаимосвязи методов FMEA, из которой видно, что в цепи причина-следствие, начиная с анализа системы и далее конструкции и процесса, наблюдается иерархический сдвиг «причины» и «вида отказа» предыдущего анализа, например, FMEA системы, соответственно в «вид» и «следствие отказа» FMEA конструкции.

Прогнозирование возможных дефектов и анализ их последствий может производиться по требованию заказчика. При конструировании метод FMEA применяют в начале проектирования продукции и заканчивают перед апробированием конструкции и официальным окончанием разработки. При помощи метода необходимо дать оценку последующего состояния серийного выпуска продукции.

Оценка риска производится в отношении слабых мест объекта, которые определяются по совокупности трех показателей, учитывающим:

вероятность появления потенциальных отказов, значения потенциальных отказов для заказчика и вероятность нераскрытия потенциальных отказов перед поставкой

Анализ характера и последствий отказов производится с использованием приоритетного коэффициента риска

$$K_p = K_{\pi} K_{\text{н}} K_o, \quad (1)$$

который показывает, какие возможные отказы (и их причины) являются наиболее существенными (относительный приоритет отдельных отказов/причин), а, следовательно, по каким из них следует принимать предупреждающие меры в первую очередь. Анализ производится с использованием коэффициентов, принимающих во внимание все три указанные важнейшие факторы влияния на качество продукции. К этим коэффициентам относятся:

K_{π} – коэффициент, учитывающий значение последствий отказов (тяжесть последствий проявления причин отказов) для потребителя (табл. 2) Потребителем конструкции всегда является конечный потребитель (покупатель). При анализе процесса потребителем, считают того, кто принимает результаты предыдущего этапа (и, в конце концов, конечного потребителя).

Таблица 1

Взаимосвязь видов FMEA

FMEA	Компоненты или процесс	Функция, цель	Следствие отказа	Вид отказа	Причина появления отказа
Системы	Зубчатый редуктор	Передача крутящего момента	Отсутствие передачи крутящего момента	Потеря работоспособности зубчатого колеса	Поломка зубьев
Конструкции	Зубчатое колесо	Передача крутящего момента	Потеря работоспособности зубчатого колеса	Поломка зубьев	Занижены мех. характеристики материала, закалочные трещины
Процесса	Зубчатое колесо, закалка ТВ4	Получение необходимых свойств материалов	Поломка зубьев	Занижены мех. характеристики материала, закалочные трещины	Нарушение режимов термической обработки

Т а б л и ц а 2

Коэффициент K_n , учитывающий значение последствий отказов для заказчика (внутреннего / внешнего)

Значение последствий отказа	Показатель Кп
Вероятность, близкая к нулю , что дефект может иметь какие - либо ощутимые последствия. Видимое воздействие на функцию или на дальнейшее выполнение операций процесса невозможно	1
Незначительное влияние на функции системы или дальнейшее выполнение операций процесса (второстепенное несоответствие). Потребитель, вероятно, заметит лишь незначительную неисправность системы.	2-3
Умеренное влияние. Вызывает недовольство потребителя. Функции системы или дальнейшему выполнению операций процесса нанесен ущерб (значительное несоответствие).	4-6
Существенное влияние. Существенные функции системы полностью выпадают, или промежуточный продукт не поддается дальнейшей обработке (значительное несоответствие). Несоответствие вызывает досаду потребителю, но безопасность или соответствие законам здесь не затрагиваются.	7-8
Очень существенное влияние. Тяжелые последствия отказа, ведущие к остановке производства.	9
Критическое. Отказ угрожает безопасности (опасность для жизни и здоровья людей) и противоречит законодательным предписаниям.	10

K_n – коэффициент, учитывающий вероятность P_n с которой отказ или его причина не могут быть обнаружены до возникновения последствий непосредственно у потребителя (табл.3). Нужно отметить, что вероятность пропуска (необнаружения) причины численно равна среднему выходному уровню дефектности

K_o – коэффициент, учитывающий вероятность P_o отказа. Обычно $P_o = 1 - P_b$, где P_b – вероятность отсутствия отказа (см. табл.4 или рис.2, если вероятность отказа выражена в ppm). При определении P_o исходят из того, что отказ не обнаружится до тех пор, пока потребитель не начнет пользоваться изделием.

Каждый из этих трех коэффициентов может иметь числовые значения в пределах от 1 до 10, поэтому коэффициент риска K_p колеблется от 1 до 1000. Следует обращать внимание на устранение тех причин, которые характеризуются наибольшими значениями коэффициента риска. Обычно

считают опасными причины при $K_p > K_{pn} = 100$ (150), (где K_{pn} – принятое на предприятии предельное значение K_p). Однако нужно также иметь в виду, что часто оценка бывает субъективна, и вывод о необходимости только, чтобы было $K_p > K_{pn}$, дезориентирует. Некоторые фирмы (например, немецкая фирма BOSCH) считают, что если хотя бы один из коэффициентов K_o , K_n или K_m имеет значение равное 10, то при любом значении обобщенного коэффициента риска K_p следует проводить анализ FMEA. Правильным может быть только подход, при котором все приведенные причины дефектов проверяются на возможность проведения мероприятий по их устранению. При этом в связи с затратами ориентируются на убывающую величину K_p , т.е. K_p устанавливает приоритет последовательности необходимых мероприятий.

Т а б л и ц а 3

Коэффициент K_n , учитывающий вероятность P_n невыявления отказа или его причины

Характеристика вероятности пропуска отказа или причины отказа	Вероятность невыявления P_n , %	Коэффициент К
1	2	3
Близкая к нулю Возникающие отказы или причины отказов явно распознаются (например, отсутствие отверстия для сборки)	не более 0,01	1
Очень маленькая Выявление возникающих отказов или причин отказов очень вероятно, например, с помощью большого количества независимых друг от друга испытаний/ технологических проверок (автоматический сортировочный контроль одного признака)	не более 0,1	2-3
Небольшая Выявление возникающих отказов или причин отказов вероятно; проводимые испытания/ технологические проверки относительно достоверны	не более 0,3	4-5
Умеренная Выявление возникающих отказов или причин отказов менее вероятно; проводимые испытания/ технологические проверки недостаточно достоверны (традиционный контроль – выборочный контроль, эксперименты, тесты)	не более 2	6-7

1	2	3
<p>Высокая Выявление возникающих отказов или причин отказов весьма затруднительно; проводимые испытания / технологические проверки очень неэффективны (например, контроль ручным способом, т.е. зависимость от персонала; признак распознается с трудом - неправильно выбран материал)</p>	не более 10	8-9
<p>Очень высокая Возникающие отказы или причины отказов выявить нельзя: технологические проверки не проводятся (например: нет доступа, нет возможности для контроля, срок службы)</p>	более 10	10

Важнейшим этапом анализа характера и последствий отказа является проведение целенаправленных мероприятий по предупреждению дефектов. Эти мероприятия должны вести к одному из следующих результатов:

- избежанию причин отказов;
- снижению вероятности появления отказа (что возможно вследствие изменения конструкции или процесса, например, включение в конструкцию запасных параллельных элементов, выбор другого материала или термообработки);
- снижению влияния первопричины на появление отказа и тяжесть его последствий (что возможно благодаря изменению конструкции, например, снижение вибраций по отношению к предельному уровню возможно при включении упругого элемента в трансмиссию машины, что позволяет в несколько раз уменьшить динамические нагрузки);
- повышению вероятности обнаружения отказа на предприятии до момента поставки продукции потребителю (обычно это достигается изменением конструкции и процесса, а также в результате совершенствования мероприятий по обнаружению дефектов).

В связи с необходимостью ограничения затрат на устранение ошибок и их последствий следует отдавать предпочтение мероприятиям, предупреждающим отказы, а не мероприятиям по их выявлению.

Анализ исходит из отказов отдельных компонентов, а не из комбинации отказов, Анализ дает картину всех возможных отказов системы на основе отказов отдельных компонентов, причем комбинации отказов не рассматриваются (детально комбинации отказов исследуются путем анализа графа дефектов). Метод не дает количественного значения надежности рассматриваемой системы. То есть, цель FMEA – оценка

системы или проекта системы в отношении отказа отдельных компонентов и их взаимосвязей.

Т а б л и ц а 4

Коэффициент K_o , учитывающий вероятность возникновения
причины отказа

Характеристика появления отказа	Доля отказов/дефектов P_o , %	Показатель K_o
Вероятность близка к нулю	менее 0,00001	1
Очень незначительная вероятность Конструкция в общем соответствует прежним проектам, при применении которых наблюдалось сравнительно незначительное количество отказов. Процесс статистически стабилен при C_p (и C_{pk}) = 1-1,3. Доля дефектов при контроле качества составляет	$0,00001 < P_o < 0,0005$	2-3
Незначительная вероятность Конструкция в общем соответствует проектам, применение которых привело к появлению небольшого числа отказов. Технология сопоставима с прежней, при которой в незначительном объеме появляются дефекты. При коэффициенте C_p более, чем 0,85 доля дефектов в пределах	$0,0005 < P_o < 0,5$	4-6
Средняя вероятность Конструкция в общем соответствует проектам, применение которых в прошлом всегда вызывало трудности. Процесс сопоставим с прежним, который часто приводил к дефектам	$0,5 < P_o < 5$	7-8
Высокая вероятность Конструкция – ненадежна. Требования к проекту учтены незначительно (менее 50%). Процесс – нестабилен. Можно почти с уверенностью сказать, что дефекты появятся в значительном количестве	$P_o > 5$	9-10

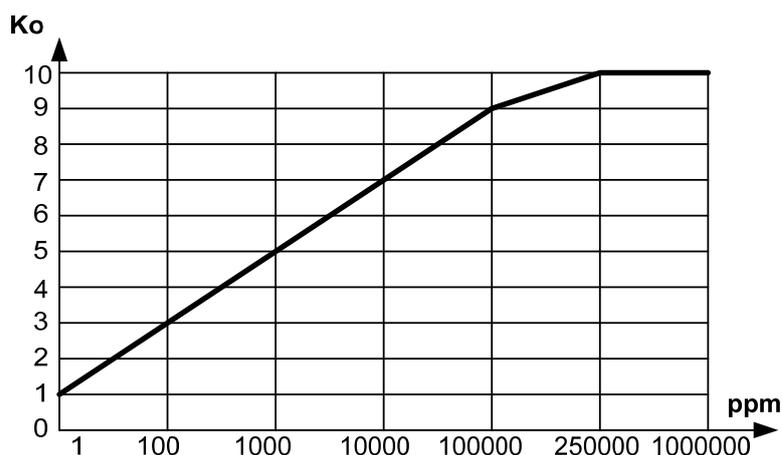


Рис.2. Зависимость K_o от вероятности отказа, выраженной числом ppm (числом отказов на один миллион изделий)

Анализ производится при заполнении формуляра в виде табл. 5. Следует отметить, что применяется несколько видов формуляров. В некоторых формулярах объединяют расчет коэффициента риска для первоначального варианта конструкции или процесса и затем после его улучшения. Здесь рекомендуется использовать формуляр, который применяется отдельно для первоначальных и последующих измененных вариантов. Такой формуляр находит все большее применение и отвечает требованиям системного подхода.

Т а б л и ц а 5

Бланк FMEA

Фирма		FMEA – системы (Идентификация продукта или процесса)								Регистрационный номер.
Ответственный		Элемент системы:								Страница_
Отдел		Функция								Всего страниц_
Но- мер отка- за	Воз- можный отказ	Воз- мож- ное послед- ствие отказа	K_n	Меры по обна- руже- нию	K_n	Воз- мож- ная при- чина отказа	Меры по предуп- режде- нию	K_o	K_p	Дата
										Исполнитель. Срок исполнения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

В головной части формуляра последовательно в графах трех строк указывают следующее:

- предприятие (фирма) и название анализируемого продукта или процесса;
- регистрационный номер формуляра;
- ответственный исполнитель;
- элемент исследуемой системы;
- номер страницы и полное число страниц документа;
- отдел или подразделение, в котором производится анализ FMEA;
- функция (цель, назначение) анализируемого объекта;
- дата заполнения формуляра.

В столбцах по порядку записывают следующие сведения:

1. Номер отказа (в столбце 1) в соответствии с приведенным перечнем при функциональном анализе, или каталогом отказов.

2. Описание потенциального отказа. Исходя из установленных ранее функций и свойств, во 2-ом столбце устанавливаются и перечисляются все возможные виды отказов. Возможно несколько видов проявления отказов (в зубчатой передаче – поломка зубьев, разрушение поверхностных слоев материала), и все их следует записать один под другим.

3. Возможные последствия отказа, например, потеря функции или отрицательное воздействие на здоровье человека (столбец 3). Вообще, в зависимости от цели анализа и от рассматриваемой системы для оценки последствий могут быть использованы различные показатели, такие как поломка, расходы, затраты, задержка сроков, хранение на складе, наличие, личный ущерб, нарушение законодательных требований и др.

4. Величина коэффициента K_n , учитывающего значение последствий отказов (тяжесть последствий проявления причин отказов) для потребителя, находится по табл. 2. Здесь необходимо принимать во внимание также требования обязательных документов (это может быть, например, отечественный или международный стандарт), регламентирующих границы проявления этого дефекта по каким-либо характеристикам, например, по предельному уровню шума или вибраций. Учитываются и принятые меры ограничения последствий отказов. Величина K_n записывается в столбце 4. Иногда, при определении K_n приходится предварительно учитывать и причины возникновения отказов, которые будут записаны в столбце 7.

5. Меры, принятые для обнаружения отказа до поставки объекта потребителю (столбец 5).

6. Величина коэффициента K_n , учитывающего вероятность необнаружения отказа или его причины до возникновения последствий отказа непосредственно у потребителя. Значение указывается в столбце 6.

7. Причина (все причины) возникновения каждого из видов отказов (столбец 7).

8. Меры, принятые для предупреждения появления причины (или отказа) – столбец 8.

9. Величина коэффициента K_o , учитывающего вероятность появления причины отказа с учетом записей в столбце 8.

10. Величина коэффициента (приоритетное число) риска K_p для каждой из установленных причин. Записывается в столбец 10.

11. Результаты оценки фактически внедренных мероприятий в рассматриваемом элементе (контроль достигнутого успеха) путем сравнения коэффициента риска с предельным значением. Если K_p не более K_{pn} – в столбце 11 делается прочерк. Если же достигнутое значение K_p превышает K_{pn} , то назначается исполнитель, который должен разработать меры по улучшению качества и снижению коэффициента риска до допустимого уровня. Пути поиска идей по улучшению качества и снижению риска были описаны в начале этого раздела. Подразделение, отвечающее за исполнение, а также фамилия исполнителя и срок исполнения, указываются в последнем 11-ом столбце.

Формуляр в таблице 5 используется и при повторном анализе объекта после разработки мероприятий по улучшению качества. Исполнитель заносит в столбцы 5 и 8 нового формуляра все возможные мероприятия по улучшению качества и анализирует их посредством сравнения коэффициентов риска между собой и каждого из них с предельным значением. Естественно, что нужно отбирать такие мероприятия, которые бы не только снижали риск до требуемого уровня, но и были бы легко реализованы с наименьшими затратами времени и средств. Отобранные мероприятия используются для совершенствования анализируемого объекта. После повторного анализа назначаются ответственные за реализацию рекомендуемых мероприятий, а также сроки выполнения, которые указываются также в столбце 11 нового формуляра.

Структурирование и функциональный анализ. Для проведения анализа необходимо рассматривать состояние объекта как исходную ситуацию. При этом предполагается, что все его компоненты исправны. Если важно несколько состояний объекта (вследствие различных функций при определенной эксплуатации), то соответственно проводится отдельный анализ.

Сначала структурировать объект анализа, определить функции элементов и возможные виды их отказов, а затем установить причины отказов и оценить риск по каждой причине.

Метод FMEA предусматривает обязательную структуризацию объекта с определением и анализом выполняемых им функций. Без четкого определения функций (назначения и целей) не могут быть получены надежные результаты анализа. Исходная информация о структуре и функциях системы может быть получена при рассмотрении таких материалов,

как: спецификация системы, чертежи, описание условий эксплуатации (профиль эксплуатации, условия окружающей среды), сведения о взаимодействии с другими системами.

Детализация объекта (иерархическое деление объекта по функциональным признакам на системы, подсистемы и т.д.) позволяет наиболее точно учесть функциональные признаки работы объектов и грамотно использовать накопленный опыт работы. Нужно иметь четкую ясность в отношении технических функций каждой системы и подфункций её элементов. При анализе конструкции выделяют узлы, подузлы и детали, а процессов - отдельные этапы работы.

Разбив объект по иерархическим уровням, его затем рассматривают как многоуровневую структуру. В соответствии с принципом приоритета необходимо оценить качество объекта на каждом из уровней, начиная с верхнего и кончая нижним. При этом может выясниться, что некоторые из подсистем или компонентов уже анализировались методом FMEA, поэтому повторение анализа для них становится ненужным.

Следует также иметь в виду, что начиная анализ с элементов высшего уровня, бывает не всегда возможно оценить вероятность отказа и вероятность обнаружения отказа или его причины объекта до анализа элементов более низкого уровня. Поэтому соответствующие графы табл.5 могут быть в начале анализа незаполненными. Вероятность отказа объекта определяется по аналогии, например, с анализом графа с учетом показателей P_o для элементов объекта более низкого уровня. Тяжесть последствий отказа объекта и причину его появления устанавливают обычно для объекта на высшем уровне в виде более общего заключения об отказе подсистем следующих уровней, а затем начинают анализ подсистем. Процесс анализа идет далее с большей конкретизацией данных об элементах более низкого уровня.

После заполнения таблицы 5 и определения коэффициента риска K_p анализируемого варианта объекта, производят сравнение $K_p = K_o K_n K_n$ с установленным на предприятии предельным значением K_{pn} , при превышении которого принятые меры предосторожности считаются недостаточными, и могут привести к неблагоприятным для предприятия последствиям. Поэтому делается вывод о необходимости поиска путей улучшения качества и снижения K_p . Для этого назначается ответственный исполнитель поиска улучшения качества и определяются сроки выполнения.

Улучшение качества. Для элементов, у которых коэффициент риска выше предельно допустимого, должен быть проведен поиск способов (идей) по снижению риска. При анализе систем нужно учитывать, что ошибки обычно возникают при обеспечении взаимодействия отдельных компонентов. Поэтому мероприятия по улучшению должны быть

направлены на необходимые изменения взаимодействия компонентов и определение целесообразных показателей характеристик самих компонентов. При анализе продукции учитывают, что ошибки бывают в самой конструкции, и поэтому мероприятия должны быть направлены на ее улучшение. Но не всегда можно достигнуть желаемых результатов изменением конструкции. Поэтому мероприятия могут касаться технологии изготовления и соответствующих средств производства. При совершенствовании технологии также не всегда ограничиваются только ее изменением: если отсутствуют надежные способы изготовления или испытаний, приходится изучать возможности изменения конструктивного оформления продукции.

Каждый из вновь предлагаемых способов улучшения должен быть оценен подсчетом коэффициентов риска и сравнением его с предельным значением. При этом нужно обратить внимание на то, что не все возможные способы устранения потенциальных отказов из числа рассмотренных могут быть реализованы на практике. Если несколько способов обеспечивают необходимый уровень качества, то целесообразно выбрать из них только такие (или один из них), которые могли бы быть реализованы в короткие сроки с минимальными финансовыми затратами. При анализе на этом этапе вновь заполняется формуляр (табл.5). При этом рассматриваются все возможные способы и записываются соответствующие критерии оценки по отдельным показателям и коэффициенты риска.

Практическая реализация намеченных мероприятий.

Отобранные для осуществления способы повышения качества и снижения риска предприятия должны быть реализованы в виде соответствующих мероприятий. Поэтому в последнем столбце формуляра табл.5 записываются ответственные исполнители и сроки реализации.

Но на этом процесс FMEA еще не заканчивается. Со стороны руководства, определившего необходимость проведения анализа FMEA и обеспечившего его проведение, должен быть выполнен контроль результатов анализа. Для успешной реализации мероприятий, выработанных рабочей группой, необходимо также создание соответствующих условий и последующее проведение оценки эффективности этих мероприятий.

Рекомендуется сделать выводы не только по результатам улучшения качества анализируемого объекта, но и совершенствованию самой методики использования FMEA. Полученный опыт практического применения FMEA должен найти отражение в соответствующих инструкциях и программных комплексах для ПЭВМ. Накопление и передача последующим поколениям прогрессивных технологий состоит прежде всего в сборе информации по проблемам ошибок, статистическом обобщении и установлении характеристик рассеяния отказов и причин их появления.

Пример.

Продукт включает кислоту и бутылку, состоящую из стеклянной колбы, устройства для безопасного разлива кислоты (которое крепится к стеклянной колбе), навинчивающейся крышки и этикетки на колбе.

Рассматриваемый продукт своими компонентами должен выполнять функции:

1. Кислота:

1.1. Пригодность для (запланированного заказчиком) применения.

2. Бутыль.

2.1. Стеклянная колба:

2.1.1. Возможность частичного или полного опорожнения (в соответствии с требованиями пользователя).

2.1.2. Защита кислоты от вредных воздействий окружающей среды.

2.1.3. Защита пользователя от опасного воздействия кислоты.

2.1.4. Поддержание устройства для разлива кислоты

2.2. Устройство для разлива кислоты:

2.2.1. Возможность частичного или полного опорожнения.

2.3. Навинчивающаяся крышка:

2.3.1. Возможность частичного или полного опорожнения.

2.3.2. Защита кислоты от вредных воздействий окружающей среды.

2.3.3. Защита пользователя от опасного воздействия кислоты.

2.4. Этикетка:

2.4.1. Идентификация продукта.

2.4.2. Указания на опасные свойства кислоты.

2.4.3. Рекомендации по безопасному обращению с кислотой. Схема проведенного анализа риска и последствий отказов системы продукции показана на рис.3.

Система	FMEA системы продукции «Расфасованная в бутылки кислота»		
	Этап 1	Этап 2	Этап 3
	T.1 ($K_n=10$)		
«Расфасованная в бутылки кислота»	O.1 ($K_n=10$)	T.2 ($K_n=10$)	
Бутыль	П.1 ($K_o=8$)	O.2 ($K_n=10$)	T.3 ($K_n=10$)
Стеклянная колба		П.2.1 ($K_o=8$)	O.3 ($K_n=10$)
Устройство для разлива		П.2.2 ($K_o=2$)	
Характеристика конструкции			П.3 ($K_o=8$)
Процесс изготовления/ сборки		П.2.3 ($K_o=1$)	

Рис.3. Схема анализа риска и последствий отказов системы «Расфасованная в бутылки кислота»:

O.(K_n) – отказ (коэффициент, характеризующий вероятность невыявления отказа или его причины), T.(K_n) – последствия отказа (коэффициент, характеризующий тяжесть последствия), П.(K_o) – причина отказа (коэффициент, характеризующий вероятность появления причины отказа)

Определение отказов и их последствий для общей системы

(1 этап анализа – таблица 6)

1.1. Возможный отказ системы может произойти при нарушении любой из перечисленных функций. В данном примере ограничимся рассмотрением отказа при нарушении только одной функции «возможность частичного или полного опорожнения». Отказ состоит в том, что при выливании кислоты часть ее, отдельные капли стекают по внешней стороне бутылки.

1.2. Оценка возможных последствий отказа. При попадании кислоты на кожу человека появляется ожог. Здоровье пользователя подвергается опасности. Такое воздействие необходимо оценить значением коэффициента $K_n=10$.

1.3. Меры по обнаружению отказа и оценка вероятности невыявления (пропуска) его. Сам отказ не может быть выявлен до момента использования. Контрольные мероприятия не предусмотрены, поэтому в рассматриваемом случае $K_n=10$. Однако, возможно положительное влияние на выявление причин отказов путем проведения мероприятий, которые будут планироваться на более поздних этапах анализа подсистем и их элементов. Тогда вероятность распознавания причины может быть определена после соответствующих исследований.

1.4. Возможные причины отказа и меры по их предупреждению. Оценка вероятности отказа. Для сокращения объема книги рассматривается только одна причина отказа – отказ функций компонентов подсистемы "Бутыль". Чтобы избежать появления этой причины на данном этапе не проводится каких - либо дополнительных мероприятий. Но это не исключает, при необходимости, принятие их на более поздних этапах.

Вероятность возникновения этой причины пока неизвестна, но может быть оценена после проведения других этапов FMEA. С учетом данных последующих этапов в табл. ___ записано $K_o=8$.

1.5. Оценка риска. Числовое значение K_p (полученное с учетом последующих этапов анализа) превышает допустимое, подтверждая значительный риск предприятия при выпуске продукции в первоначальном конструктивном оформлении элементов бутылки и необходимость проведения последующих этапов анализа.

К примеру: FMEA - системы "Расфасованная в бутылки кислота"

Фирма: УКС		FMEA системы "Расфасованная в бутылки кислота"								Регистрационный номер 1.1
Ответственный Кузнецов Н.В.		Элемент системы "Расфасованная в бутылки кислота"								Страница 1 Всего страниц 3
Отдел Управление качеством		Функция: Частичное или полное опорожнение бутылки								Дата 19.04..96
Номер отказа	Возможный отказ	Возможное последствие отказа	K_p	Меры по обнаружению	K_n	Возможная причина отказа	Меры по предупреждению	K_o	K_p	Исполнитель / срок
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Капли кислоты стекают по внешней стороне бутылки	Опасность ожога	10	-	10	Отказ функции бутылки	-	8	800	-

1.6. **Вывод:** На следующем этапе анализа необходимо исследовать компоненты «Бутылки» с отказом функции «Возможность частичного или полного опорожнения бутылки».

Оценка риска конструкции «Бутыль» (2 этап анализа, табл.7)

2.1. **Возможный отказ подсистемы "Бутыль".** Из первого этапа можно сделать вывод, что отказ элементов "Бутылки" происходит аналогично описанному выше отказу функции "Возможность частичного или полного опорожнения бутылки".

2.2. **Оценка возможных последствий отказа.** Последствия отказа отражаются прямо на общей системе, приводя ее к отказу, поэтому значение K_n берется непосредственно по результатам анализа 1-го этапа, $K_n=10$.

2.3. **Меры по обнаружению отказа и оценка вероятности невыявления (пропуска незамеченным) его.** Сама подсистема "Бутыль" не подвергается для этой цели проверке, поэтому сам отказ нельзя обнаружить до начала процесса закрытия бутылки. Так как появление этой причины своевременно не может быть выявлено, то $K_n=10$.

2.4. **Возможные причины отказа и меры по их предупреждению. Оценка вероятности отказа.** Причины отказа и соответствующие характеристики вероятности их появления:

1. Отказ подфункции стеклянной колбы удерживать прибор для разлива кислоты. Эксперименты во время проектирования стеклянной колбы

показали, что устройство для разлива в двух случаях из 1000 закрепляется с отклонениями от технических требований. Вероятность $(2/1000)100=0,2\%$ возникновения этой причины в соответствии с рекомендациями табл. ___ оценивается значением $K_o=8$.

2. Отказ функций компонентов "Устройство для разлива". Устройство для разлива по прошлому опыту его использования на другой продукции является пригодным для использования. Его функция, обусловленная особенностями конструкции, отказывает с вероятностью менее чем $50/1000000$. При такой вероятности возникновения этой причины, согласно рис.67, имеем $K_o=2$.

3. Отказ при сборке. Устройство для разлива непосредственно перед наполнением стеклянной колбы крепится к ней ручным способом. Так как плохое крепление при этом легко распознаваемо, то вероятность возникновения этой причины оценивается значением $K_o=1$.

Т а б л и ц а 7

К примеру: FMEA – системы "Расфасованная в бутылки кислота"
Элемент системы " Бутыль "

Фирма: УКС		FMEA системы "Расфасованная в бутылки кислота"							Регистрационный номер 1.2	
Ответственный: Иванов В.И.		Система - элемент Бутыль							Страница 2 Всего страниц 3	
Отдел: Управление качеством		Функция: Частичное или полное опорожнение бутылки							Дата 19.04.96	
Номер отказа	Возможный отказ	Возможное последствие отказа	K_n	Меры по обнаружению	K_n	Возможная причина отказа	Меры по предупреждению	K_o	K_p	Исполнитель / срок
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Капли кислоты стекают по внешней стороне бутылки	Опасность ожога	10	-	10	Отказ функции "крепление устройства для разлива" на стеклянной колбе	-	8	800	-
						Отказ функции устройства для разлива	-	2	200	-
						Неправильная сборка. (Отказ при сборке)	Ручная сборка прямо перед заполнением	1	100	-

2.5. Оценка риска. Расчет коэффициента K_p производится отдельно по каждой причине отказа функции элементов "Бутыль".

Первая причина возникновения отказа оценивается коэффициентом риска $K_p=10 \times 10 \times 8=800$. Риск возникновения отказа по этой причине велик, поэтому необходимы мероприятия по улучшению качества и последующая оценка путем подсчета нового значения K_p . Следует назначить ответственного по разработке мероприятий для уменьшения риска предприятия.

Вторая причина возникновения отказа оценивается значением $K_p=10 \times 10 \times 2=200$. Как уже было сказано ранее, такую величину риска предприятие может рассматривать как недопустимо большой, и поэтому попытается соответствующими мероприятиями уменьшить ее. Предприятие может принять также решение, что в данном случае мероприятия по улучшению в обязательном порядке не требуются, имея при этом в виду, что в другой ситуации анализ может быть продолжен.

Третья причина возникновения отказа оценивается $K_p=10 \times 10 \times 1=100$. Мероприятия по улучшению сборки не требуются.

2.6. Вывод. Из второго этапа анализа следует необходимость проведения 3-го этапа анализа отказов функции подсистемы "Стеклянная колба", которая дает наибольший риск потери работоспособности системы.

Оценка риска конструкции "Стеклянная колба"

(3-ий этап анализа, табл. 8).

3.1. Возможный отказ подсистемы "Стеклянная колба". Из 2-го этапа следует, что в качестве отказа подсистемы "Стеклянная колба" наиболее часто встречается ненадежное крепление устройства для разлива.

3.2. Оценка возможных последствий отказа. Последствия отказа через компоненты "Бутыли" переносятся на общую систему, делая ее неработоспособной. Поэтому в соответствии с решением, принятым на первом этапе, сохраняем $K_n=10$.

3.3. Меры по обнаружению отказа и оценка вероятности невыявления (пропуска) его. Сама подсистема "Стеклянная колба" не подвергается проверке по выявлению этого отказа. Поэтому отказ не может быть распознан и возникновение причины отказа, обусловленное конструкцией, не обнаруживается своевременно. Вероятность несвоевременного выявления отказа или его причины должна быть оценена значением $K_n=10$.

3.4. Возможные причины отказа и меры по их предупреждению. Оценка вероятности отказа. На этом этапе рассматривается одна причина - отказ обусловлен отклонением геометрии отверстия стеклянной колбы от заданной. Как уже было установлено на втором этапе, вероятность возникновения отказов по этой причине составляет 0,2%. Поэтому, значение $K_o=8$.

К примеру: FMEA - системы "Расфасованная в бутылки кислота"
Элемент системы "Стеклянная колба"

Фирма: УКС		FMEA системы "Расфасованная в бутылки кислота"							Регистрационный номер 1.3	
Ответственный Иванов В.И.		Элемент системы "Стеклянная колба"							Страница 3 Всего страниц 3	
Отдел Управление качеством		Функция "Крепление устройства для разлива"							Дата 14.04.96	
Номер отказа	Возможный отказ	Возможное последствие отказа	K_p	Меры по обнаружению	K_n	Возможная причина отказа	Меры по предупреждению	K_o	K_p	Исполнитель / срок
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Устройство для разлива смещается при выливании кислоты	Опасность химического ожога	10	-	10	Дефект отверстия	Задана геометрия и предельные отклонения	8	800	Ковалев М.П. 31.12.1996

3.5. **Оценка риска.** Для рассматриваемого отказа функции подсистемы "Стеклянная колба" коэффициент $K_p=10 \times 10 \times 8=800$. При таком большом K_p должны быть приняты меры, прежде всего, по предупреждению появления причины отказов и последующей повторной оценке риска.

3.6. **Вывод.** Необходим поиск вариантов улучшения качества подсистемы "Стеклянная колба" как при помощи изменения конструкции крепления устройства для разлива кислоты, так и стеклянной колбы с последующим анализом улучшенных состояний и составлением планов по практической реализации рекомендованных в результате анализа FMEA мероприятий.

Задания для студентов

1. Провести анализ характера и последствия отказов для продукции (вид продукции указывается преподавателем).

Контрольные вопросы

1. Как рассчитывается приоритетный коэффициент риска?
2. Какие числовые значения имеет приоритетный коэффициент риска?
3. С чего начинают проведение анализа характера и последствия отказов для продукции ?
4. Какие действия предпринимают после завершения анализа характера и последствия отказов для продукции?

Библиографический список

- 1.ГОСТ Р 50779.22-2005 (ИСО 2602:1980) Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего.
- 2.ГОСТ Р 50779.21-2004 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
3. ГОСТ Р 50779.11-2000 (ИСО 3534-2:1993) Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения (IDT).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение инструментов управления качеством продукции на предприятиях промышленности должно сочетаться с внедрением и совершенствованием технологических процессов и считаться экономически нецелесообразным, если затраты на управление и убытки от брака после внедрения инструментов управления меньше, чем до их внедрения. Конечной целью внедрения методов управления качеством продукции является оптимизация производственных процессов и производства в целом для значительного повышения эффективности производства, качества продукции, культуры производства, квалификации специалистов и т.д. Внедрение инструментов управления качеством продукции должно начинаться с разработки общей программы по внедрению статистических методов на предприятии или раздела к целевой научно-технической программе по качеству, а также назначения служб и производственных подразделений, ответственных за их внедрение. Программа внедрения методов управления качеством должна включать:

- разработку перечня технологических операций и показателей качества, подлежащих переводу на статистические методы;
- выбор объектов и их очередность перевода;
- разработку планов статистического анализа, регулирования и контроля технологического процесса и качества продукции;
- проведение работ по оценке точности и стабильности технологических процессов и оборудования;
- оценку экономической эффективности и целесообразности внедрения статистических методов;
- разработку плана мероприятий по материально-техническому и организационному обеспечению внедрения статистических методов;
- организация подготовки специалистов по статистическим методам управления качеством продукции непосредственно на предприятии;
- разработку сетевого графика внедрения службами и производственными подразделениями статистических методов;
- разработку формы отчетности и стимулирования за внедрение статистических методов.

Внедрение методов управления качеством продукции на предприятии является сложной проблемой и зависит от многих как внутренних, так и внешних факторов. Поэтому процесс осуществляется по этапам. В зависимости от уровня подготовки специалистов предприятия рекомендуется следующие формы обучения:

- лекции;
- семинары;

– обмен опытом передовых предприятий в области внедрения статистических методов управления качеством продукции;

– занятия по специальной программе со сдачей зачетов или экзаменов.

При выборе объекта для внедрения инструментов управления исходят из того, что статистические методы должны использоваться для:

– технологических процессов, операций, которые в большей степени определяют качество конечной продукции;

– технологических процессов и операций, дающих наибольшие затраты от производства дефектной продукции, снижающих ее эксплуатационные характеристики или конкурентноспособность на мировом рынке;

– технологические процессы и операции с повышенной интенсивностью производства;

– операции с трудоемким контролем или испытаниями продукции, а также для контроля или испытаний, связанных с разрушением продукции в ходе ее контроля;

– операций контроля или испытаний, которыми невозможно охватить весь объем продукции, а также технологических процессов, связанных с механизацией и автоматизацией контроля.

Выбор контролируемых показателей качества и места проведения контроля осуществляется службами и производственными подразделениями, отвечающими за разработку нормативно-технической документации на технологические процессы совместно с ОТК, при этом выбор следует осуществлять на основании статистического анализа, поскольку показателем качества может быть один или совокупность показателей, например:

– показатели, связанные с точностными характеристиками результатов анализа продукции;

– показатели, связанные с использованием результатов анализа или испытаний продукции;

– показатели, связанные с ресурсными характеристиками продукции;

– обобщенные показатели;

– показатели, связанные с сертификацией продукции.

При выборе контролируемого показателя качества рекомендуется выбирать его так, чтобы он мог оказывать решающее влияние на качество продукции и обеспечивать нормальный ход технологического процесса изготовления продукции. Разработку технологии контроля целесообразно начинать с установления перечня контролируемых параметров, возможных дефектов и причин их возникновения. Последовательность распределения контроля в технологических процессах должна планироваться таким образом, чтобы неисправимые дефекты, по возможности, обнаруживались на более ранних этапах. При выборе контролируемых показателей дополнительно учитывается:

- место проведения контроля;
- порядок проведения контроля;
- необходимое оборудование, средства измерений или испытаний;
- объем контроля;
- правила принятия решений;
- требования безопасности;
- порядок предъявления продукции на контроль.

Если статистическим анализом будет установлено, что технологический процесс разлажен и уровень настройки не соответствует заданным допускам, технологи цеха совместно со службами, ответственными за разработку научно-технической документации, должны установить причины разладки, а соответствующие технические службы отрегулировать объект и привести в стабильное состояние.

Выбор методов статистического управления качеством продукции осуществляется технической службой, ответственной за внедрение статистических методов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Практическое занятие № 1 ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ И ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	5
Практическое занятие № 2 МЕТОДОЛОГИЯ «ШЕСТЬ СИГМ».....	24
Практическое занятие № 3 МЕТОДЫ ТАГУТИ	28
Практическое занятие № 4 МЕТОДОЛОГИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	36
Практическое занятие №5 ФУНКЦИЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ КАЧЕСТВА (QFD-МЕТОДОЛОГИЯ) ...	40
Практическое занятие №6 АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ (FMEA)	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73

Учебное издание

Логанина Валентина Ивановна

СТАТИСТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

Руководство к решению задач

Учебное пособие

В авторской редакции

Верстка Т.Ю. Симутина

Подписано в печать 2.04.15. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл.печ.л. 4,41. Уч.-изд.л. 4,75. Тираж 80 экз.

Заказ № 115.



Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28