А.М. Гениатулин

СИСТЕМЫ, МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

ISBN 978-5-4217-0300-6

Курганский государственный университет

редакционно-издательский центр

41-71-07

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

А.М. ГЕНИАТУЛИН

СИСТЕМЫ, МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Учебное пособие

Курган 2015

УДК 658.5 (075)
ББК 65.9(2)
Г 34

Рецензенты

В.П. Кузнецов – генеральный директор ООО «Предприятие «Сенсор», доктор технических наук (г. Курган)

В.А. Филонов – директор по качеству ООО «Предприятие «Сенсор», (г. Курган)

Печатается по решению методического совета Курганского государственного университета.

Гениатулин А. М. Системы, методы и инструменты управления качеством: учебное пособие. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. – 108 с.

Описаны новейшие инструменты управления качеством – методы анализа: функционально-стоимостной анализ (ФСА), анализ форм и последствий отказов (FMEA); методы проектирования качества: метод Тагути, развертывание функции качества (СФК). Рассмотрены современные системы и методы повышения эффективности организаций на основе улучшения качества: методология «Шесть сигм», система «Ноль дефектов», система «Точно вовремя», система производительного обслуживания оборудования с участием всего персонала (TPM), система экономного производства (Lean Production), система «Упорядочение», или «5S», бенчмаркинг.

Пособие предназначено для студентов машиностроительных направлений и специальностей, может также использоваться инженерно-техническими работниками машиностроительных предприятий.

УДК 658.5 (075)
ББК 65.9(2)

ISBN 978-5-4217-0300-6

© Курганский государственный университет, 2015
© Гениатулин А.М., 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

1 ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ 6
1.1 Подготовительный этап 7
1.2 Информационный этап 7
1.3 Аналитический этап 11
1.4 Творческий этап 20
1.5 Исследовательский этап 22
1.6 Рекомендательный этап 23
1.7 Этап внедрения 24

2 АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ОТКАЗОВ (FMEA) 24
2.1 Цели и задачи FMEA 24
2.2 Виды и области применения FMEA 25
2.3 Методы выполнения FMEA 26
2.4 Последовательность проведения FMEA 30
2.5 Пример проведения анализа форм и последствий отказов 38
2.6 Дополнительные сведения об использовании FMEA-анализа при проектировании продукции 42

3 МЕТОД ТАГУТИ 44
3.1 Основные элементы философии качества Тагути 44
3.2 Модели процессов по Тагути 45
3.3 Этапы и методы проектирования изделий и процессов по Тагути 49

4 СТРУКТУРИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА (СФК) 55
4.1 Цели, области применения, эффективность и средства СФК 55
4.2 Методика СФК 57

5 МЕТОДОЛОГИЯ «ШЕСТЬ СИГМ» 64
5.1 Методология «Шесть сигм» 64
5.2 Технология «Шесть сигм» 68
5.3 Внедрение «Шесть сигм» 71

6 СИСТЕМА «НОЛЬ ДЕФЕКТОВ» 72

7 СИСТЕМЫ «ТОЧНО ВОВРЕМЯ» (J I T) И KANBAN («КАНБАН») 75

8 СИСТЕМА «УПОРЯДОЧЕНИЕ», ИЛИ «5S» 81
8.1 Цели, создание и развитие системы 81
8.2 Рекомендации по реализации системы в производственных условиях .. 83

9 ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) В МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРАКТИКЕ..... 89

10 СИСТЕМА «ЭКОНОМНОЕ ПРОИЗВОДСТВО» (LEAN PRODUCTION) ... 92
10.1 Возникновение системы, ее цели, принципы..... 92
10.2 Инструменты и методики реализации «Экономного производства» (ЭП) .95
10.3 Последовательность развертывания ЭП 97

11 БЕНЧМАРКИНГ 99
11.1 Цели и задачи применения методологии реперных точек (бенчмаркинга) 100
11.2 Порядок применения бенчмаркинга 101

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 107

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим условием успешного развития экономики сегодня является производство конкурентоспособной продукции. Эффективное управление выпуском конкурентоспособной продукции предполагает планирование, управление, обеспечение и улучшение качества.

В последние годы произошло бурное развитие систем, методов и инструментов менеджмента качества. Их использование позволяет систематизировать работы в области повышения качества, поставить их на научную основу и повысить их эффективность. Они дают возможность объективно оценить пожелания потребителей, преобразовать их в требования к продукции, установить возможности производства, найти слабые места, препятствующие достижению требуемого качества, правильно выбрать корректирующие и предупреждающие действия, оценить удовлетворенность потребителей и других участников данного производства и наметить пути его развития.

Это многообразие принято делить на следующие три больших класса: простые методы, новые инструменты и новейшие инструменты.

К простым методам относятся следующие: контрольный листок, гистограмма, метод стратификации (группировки, расслаивания), причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы), диаграмма Парето, диаграмма разброса (рассеивания) и контрольные карты процессов.

Простые методы получили наибольшее распространение ввиду их сравнительной несложности, убедительности и доступности. В своей совокупности эти методы образуют эффективную систему методов контроля и анализа качества. С их помощью может решаться до 95% всех проблем, находящихся в поле зрения производственников.

Новые инструменты управления качеством содержат следующие методы: мозговую атаку, диаграмму сродства, диаграмму связей, древовидную диаграмму, матричную диаграмму (таблицу качества), стрелочную диаграмму, поточную диаграмму, матрицу приоритетов.

Эти инструменты позволяют решать проблемы управления качеством при анализе фактов, представленных не в численной, а в какой-либо другой форме, например в виде словесных описаний.

К новейшим инструментам управления качеством относят следующие методы анализа качества: функционально-стоимостной анализ, анализ форм и последствий отказов (FMEA-анализ); методы проектирования качества: методы Тагути, развертывание функции качества (QFD-анализ), «Шесть сигм»; организационно-распорядительные и экономические методы: система «Ноль де-

фектов», система «Точно вовремя», упорядочение, ТРМ, бережливое производство, бенчмаркинг (методология реперных точек).

Первые два класса методов и инструментов управления качеством подробно описаны в учебной литературе [1]. Последний класс инструментов качества в меньшей степени описан, поэтому в учебном пособии дана информация в необходимом объеме по новейшим инструментам управления качеством.

1 ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОЙ АНАЛИЗ

Функционально-стоимостной анализ (ФСА) – инструмент системного контроля качества функций объекта (изделия, процесса, структуры), направленный на минимизацию затрат в сферах проектирования, производства и эксплуатации объекта при сохранении (и повышении) его качества и полезности [6].

В зарубежной практике используются следующие аналоги ФСА: анализ стоимости (при анализе существующих изделий), «инженерно-стоимостной анализ (при проектировании новых изделий)», «руководство ценностью» и «управление ценностью».

В ФСА под функцией понимают внешнее проявление свойств какого-либо объекта в данной системе отношений в функционально-пространственно-временных координатах. Функции, выполняемые объектом, подразделяют на:

1) основные, которые определяют назначение изделия;

2) вспомогательные, способствующие выполнению основных функций или дополняющие их;

3) ненужные, которые изучают технические параметры или экономические показатели объекта.

Цель ФСА на вербальном уровне описания состоит в развитии полезных функций объекта при оптимальном соотношении между их значимостью для потребителя и затратами на их осуществление и может быть описана математической моделью вида:

$$\frac{З}{ПС} \rightarrow \min,$$

где З – затраты на достижение необходимых свойств; ПС – совокупность потребительских свойств объекта.

Итогом проведения ФСА, как важного инструмента контроля и управления качеством продукции, должно быть снижение затрат на единицу полезного эффекта, которое достигается:

– сокращением затрат при одновременном повышении потребительских свойств изделий;

– повышением качества продукции при сохранении уровня затрат;

– уменьшением затрат при сохранении уровня качества;
– сокращением затрат при обоснованном снижении технических параметров до их функционально необходимого уровня.

ФСА проводится в несколько этапов.

1.1 Подготовительный этап

На первом (подготовительном) этапе необходимо уточнить объект анализа – носитель затрат, что особенно важно при ограниченности ресурсов производителя. Например, выбор и разработка или усовершенствование продукции, выпускаемой в массовом порядке, может принести предприятию значительно больше выгод, чем выпуск более дорогого изделия, производимого мелкосерийно. Данный этап завершается, если найден вариант с низкой по сравнению с другими себестоимостью и высоким качеством.

На данном этапе выполняются следующие работы.

• Выбор объекта анализа. Рекомендуется его осуществлять исходя из следующих критериев (или показателей):

- удельный вес отдельного изделия (группы изделий) в общей номенклатуре производства по годовой себестоимости. Сначала рекомендуется проводить ФСА изделий, имеющих наибольший удельный вес;

- перспектива выпуска данного изделия (группы изделий) на ближайшие годы. Приоритет отдается изделию с наибольшей продолжительностью выпуска в перспективе;

- наличие «узких мест» на разных участках производства, в материально-техническом снабжении, в конструкции изделия или в сфере его эксплуатации;

• подбор членов исследовательской рабочей группы (ИРГ) для решения поставленной задачи;

• определение сроков, конкретных результатов, которых должна достигнуть группа, порядок взаимодействия с соответствующими службами.

1.2 Информационный этап

На втором (информационном) этапе необходимо классифицировать данные об исследуемом объекте (назначение, технико-экономические характеристики) и составляющих его компонентах, деталях (функции, материалы, себестоимость). Эти данные поступают несколькими потоками по принципу открытой информационной сети из конструкторских, экономических подразделений предприятия и от потребителей, к руководителям соответствующих служб.

Оценки и пожелания потребителей должны аккумулироваться в маркетинговом отделе. В процессе работы исходные данные должны обрабатываться

и преобразовываться в соответствующие показатели качества и затрат, проходя все заинтересованные подразделения, и поступать к руководителю проекта.

Информационное обеспечение ФСА предусматривает:

• подготовку, сбор, систематизацию информации об объекте ФСА и его аналогах;

• изучение конструкции объекта и его аналогов;

• изучение условий его эксплуатации;

• изучение технологии создания объекта;

• построение структурно-элементной модели – «схемы» изделия;

• анализ стоимостной информации, определение затрат на изготовление и функционирование объекта и его составных частей, на его ремонт и обслуживание за весь жизненный цикл изделия; по проектируемым объектам анализ потребностей потребителей и своих возможностей;

• дополнение структурно-элементной модели – «схемы» объекта и его составных частей – стоимостной информацией;

• выявление зон наибольшего сосредоточения затрат в исследуемом объекте;

• анализ патентной информации и рационализаторских предложений, в том числе ранее отклоненных.

Для изучения конструкции и структуры изделия разрабатывается структурно-элементная модель (далее по тексту структурная модель, схема) путем расчленения изделия на сборочные единицы, детали, конструктивные элементы. Исходной информацией для построения структурной модели являются рабочие чертежи и спецификации на изделие и его сборочные единицы.

Для каждой составной части объекта определяются производственные затраты, включающие прямые затраты (материальные – стоимость основных материалов; трудовые – трудоемкость изготовления изделия в форме заработной платы), и затраты, связанные с использованием технологического оборудования, оснастки, инструмента.

При отсутствии каких-либо данных по затратам их необходимо спрогнозировать или рассчитать следующим образом:

• стоимость материалов – на основе специфицированных норм расхода материалов и расценок на эти материалы по действующим прейскурантам;

• стоимость изготовления – на основе пооперационных технологических карт и норм времени и расценок на заготовительные, механические и сборочно-сварочные работы;

• расходы, связанные с использованием оборудования и инструментов, – с помощью метода нормативной себестоимости, машино-часа и машино-коэффициентов.

Результаты расчета производственных затрат по составным частям изделия вносятся в таблицу 1.1, после чего устанавливаются ранги по материальным, трудовым и эксплуатационным затратам. Наибольшим по величине затратам присваивается ранг 1, следующим по величине затратам – ранг 2 и т.д.

Данные таблицы 1.1 используются на заключительной ступени аналитического этапа при уточнении целей ФСА, определении затрат по функциям и выборе вариантов изделия.

На основе совмещения структурной модели и данных производственных затрат строится структурно-стоимостная модель (рисунок 1.1) по принципу многоуровневой модели, в которой изделию присваивается уровень 0, его сборочным единицам – уровень I, составным частям уровня I – уровень II, сборочным единицам уровня II – уровень III, деталям – уровень IV, элементам детали – уровень V.

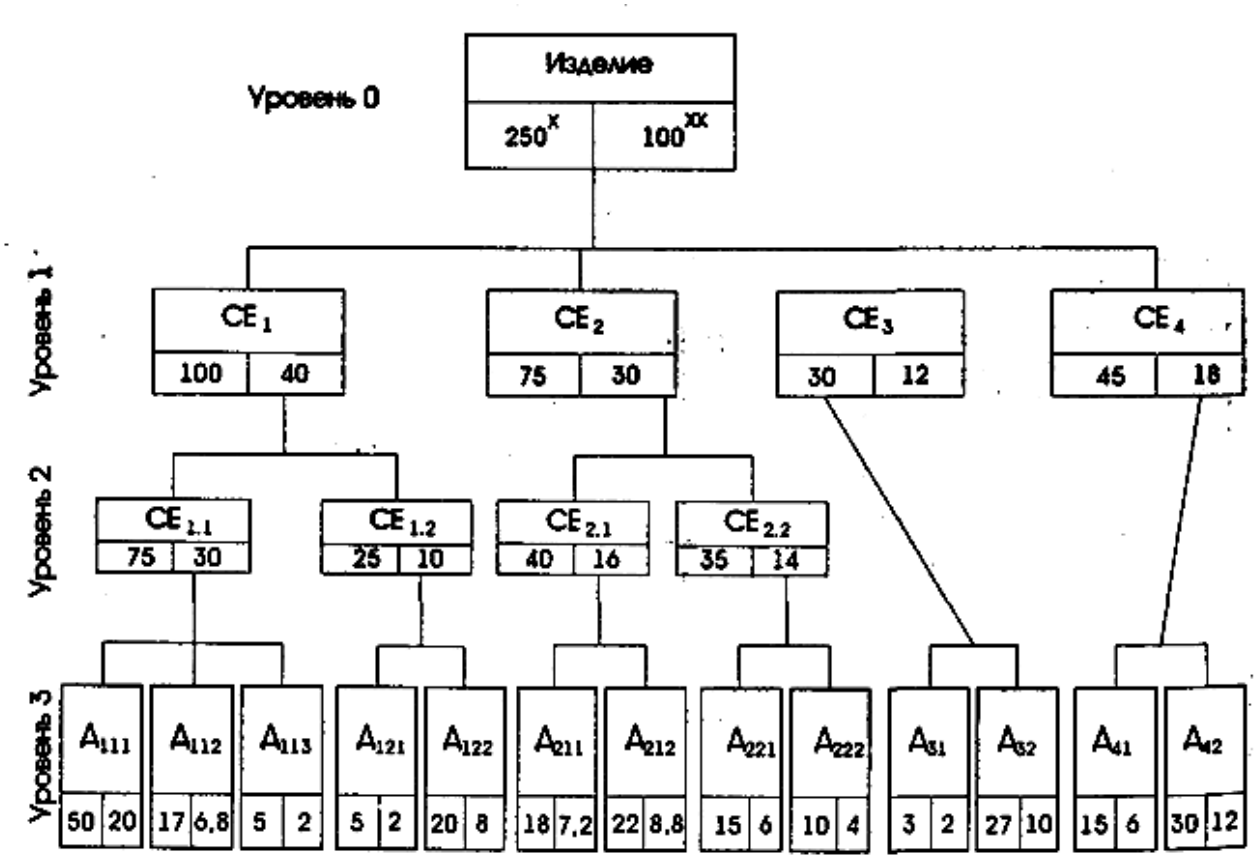
Кроме того, в структурно-стоимостной модели должны быть отражены элементы вспомогательного значения (крепежные, уплотнительные детали) и другие конструктивные элементы, стандартные изделия, укрупненный перечень сборочно-монтажных, отделочных и других видов работ, обеспечивающих работоспособность изделия или его составных частей.

Таблица 1.1 – Расчет прямых производственных затрат на изготовление изделия, узлов, деталей

Наименование сборочной единицы детали	Количество на изделие, шт.	**Затраты на материал**							
		Наименование материала, ед. измерения	Чистая масса детали, кг	Норма расхода, кг/шт.	Цена материала на ед. измерения, руб.	Затраты на 1 деталь, руб.	Затраты на общее количество деталей данного вида, руб.	Ранг	% затрат составной части в сумме затрат данного вида
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Продолжение таблицы 1.1

Трудовые затраты				**Затраты на оборудование**						
Трудоемкость ед., нормо-час	Сумма основной заработной платы на ед., руб.	Сумма основной заработной платы на общее кол-во деталей данного вида, руб.	**Ранг**	Доля затрат составной части в сумме затрат данного вида на изделие, %	Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования и оснастку, руб.	**Ранг**	Доля затрат составной части в сумме затрат данного вида на изделие, %	Итого затрат, руб.	**Ранг**	Доля затрат составной части в сумме затрат на изделие, %
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21



под наименованием СЕ, Д приводится укрупненный перечень сборочно-монтажных, отделочных и др. видов работ: х – прямые затраты в руб., хх – уд. вес затрат на данный узел детали в общей сумме затрат на изделие, СЕ – сборочная единица, Д – детали

Рисунок 1.1 – Структурно-стоимостная модель изделия

На рисунке 1.1 приведен пример построения четырехуровневой структурно-стоимостной модели, в которой на третьем уровне расположены детали всех сборочных единиц, в том числе относящиеся к чертежу общего вида: уплотнительные, крепежные, стандартные и др. Затраты на сборочные и другие работы всех сборочных единиц указаны под наименованием сборочных единиц и деталей.

1.3 Аналитический этап

На третьем (аналитическом) этапе необходимо подробно изучить функции изделия (их состав, степень полезности), его себестоимость и возможности ее уменьшения путем отсечения второстепенных и бесполезных функций. Это могут быть не только технические, но и органолептические, эстетические и другие функции изделия или его деталей, узлов:

– второстепенные, вспомогательные и полезные (В);

– второстепенные, вспомогательные и бесполезные (С).

На аналитическом этапе:

• формулируются все возможные функции объекта и его элементов;
• классифицируются функции;
• строится функциональная модель объекта;
• оцениваются значимости функций экспертным методом;
• определяются материальные носители соответствующих функций;
• оцениваются связанные с осуществлением функций затраты в увязке с соответствующими материальными носителями;
• строятся функционально-стоимостная диаграмма, модель объекта;
• определяются противоречия между значимостью функций и их стоимостной оценкой;
• формулируются задачи совершенствования объекта для последующих этапов ФСА.

Целью формулирования всех возможных функций объекта и его составных частей является поиск излишних функций, в которых заложен излишний ресурс.

Идентификация и определение функций сопровождается уяснением состава всех функций, выделением отдельных функций, их классификацией по следующим признакам: области проявления, роли в удовлетворении потребностей, роли в обеспечении работоспособности объекта, степени полезности.

При формулировании функций необходимо придерживаться ряда правил: точности, абстрактности, лаконизма, количественной характеристики, полноты выявления функций [2].

Правило первое – точность.

Формулировка должна отражать действительное содержание процессов (действий), для выполнения которых предназначено данное изделие.

Правило второе – абстрактность.

Формулировка не должна быть жестко зависимой от принятого (принимаемого) варианта решения вида объекта. Невыполнение этого правила сужает поле поиска, резко ограничивает возможности выбора оптимальных или даже рациональных вариантов решения. Степень абстракции зависит от стадии создания объекта (на более ранней стадии формулировка может быть более абстрактной). Степень абстракции зависит и от характера исполнителя. Возможны следующие степени абстракции: в виде общего решения проблемы, в виде одного из принципиальных способов решения проблемы, в виде принципиальной характеристики того или иного способа, в форме характеристики общего устройства объекта, в форме более или менее конкретного устройства объекта. По мере перехода от большей к меньшей степени абстракции быстро возрастает число ограничений, сокращается число возможных альтернативных решений.

Правило третье – лаконизм.

Формулировка функций должна быть одновременно краткой и исчерпывающей, состоять по возможности из двух слов – глагола и существительного. Если функцию не могут описать лаконично, значит, либо не располагают достаточной информацией о проблеме, либо пытаются ее рассмотреть в неоправданно широком виде. Однако лаконизм не может игнорировать первое правило. Точность характеристики действия требует применения более сложных грамматических сочетаний.

Правило четвертое – количественная характеристика.

В формулировках функций желательно использовать существительные, обозначающие величины в соответствующих единицах (например, масса – в килограммах, работа – в джоулях...).

Правило пятое – полнота выявления функций.

Определяя функции, фактически выполняемые объектом, надо указывать все реализуемые им функции, даже те, для выполнения которых объект не предназначался. Это имеет принципиальное значение. В дальнейшем это помогает выявить ненужные функции и свойства, найти пути их устранения, причем следуя системному подходу, необходимо сначала сформулировать функции объекта в целом, а затем уже его составляющих.

Также следует определить, какие одинаковые функции выполняются однотипными объектами; выявить функции, в которых есть или будет потребность. Четкое представление о функциях уже само по себе открывает новые,

неизвестные ранее возможности в конструировании, технологии, организации производства и управления, в системах проектирования.

Группировка функций заключается в четком отнесении каждой функции к определенному виду и выделении среди них главной (Г) и второстепенной (Вт), основных (О) и вспомогательных (В).

Первоначально формируются внешние функции, относящиеся к изделию в целом, исходя из технологических заданий и совокупности требований потребителей, предъявляемых к изделию. Среди внешних по содержанию выделяются такие функции, как потребительско-эксплуатационные (главные), эстетические, эргонометрические и др. (второстепенные).

Среди внутренних по содержанию функций выделяются конструктивные и технологические, основные и вспомогательные. К основным относятся функции приема материала, энергии, информации; передачи, преобразования, хранения, регулирования, выдачи результатов. В состав вспомогательных включаются соединительные, изолирующие, направляющие, гарантирующие и др. функции.

Для определения полного состава функций, выполняемых изделием и его структурными элементами (материальными носителями – далее МН), рекомендуется также выявлять и формулировать все функции по каждому МН. Результаты группировки функций заносятся в таблицу «Матрица функций», как показано в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Матрица функций

Индекс функции	Наименование функции	Ранг и оценка функций																	
		Изделие в целом	СЕ1	СЕ1.1	А1.1.1	А1.1.2	А1.1.3	СЕ1.2	А1.2.1	А1.2.2	СЕ2	СЕ2.1	А2.1.1	А2.1.2	СЕ2.2	А2.2.1	А2.2.2	СЕ3	А3.1	А3.2
		$1\frac{2}{3}$ аналогично																	
Итого																			

Обозначения: 1 – указывается ранг функции для данного материального носителя;

2 – указывается степень участия материального носителя в реализации функции, %;

3 – указывается степень участия материального носителя в реализации функции, р.

Проверка правильности группировки и распределения функций по видам может быть выполнена по методу FAST, базирующемуся на применении принципов детерминированной логики [2].

Целесообразно формулирование основных функций сопровождать постановкой вопроса: как (каким образом) осуществляется главная функция? Тогда последовательность переходов из исходного состояния в конечные образует логическую цепочку основных функций одного уровня (слева направо). При этом правильность расстановки основных функций проверяется переходом справа налево постановкой вопроса: «Почему и зачем осуществляется данная функция?»

Для четкого отделения основных функций от вспомогательных рекомендуются следующие правила:

- если главная функция не может осуществляться с помощью сформулированного набора основных функций, т.е. имеется разрыв в логической цепочке, то, значит, в данном наборе отсутствует одна или несколько основных функций;
- если главная функция может быть осуществлена без какой-либо функции, входящей в набор сформулированных основных, то эта функция должна быть вспомогательной, а не основной.

При проведении ФСА особо сложных систем допустимо ограничение процесса определения функций только теми сборочными единицами и деталями, на которые приходятся наибольшие удельные веса производственных затрат. Но при этом нельзя терять из виду целостность анализируемого изделия.

В целях упорядочения сформулированных функций строят функциональную модель (схему) (далее ФМ), которая на стадии совершенствования выпускаемых изделий должна быть увязана с реальной конструкцией.

Функциональная модель строится по нескольким уровням (рисунок 1.2). На первом располагаются внешнеобъектные функции: (главная и второстепенные), выполняемые изделием в целом; на всех последующих уровнях – внутриобъектные функции: на втором – основные, на третьем и последующих – вспомогательные.

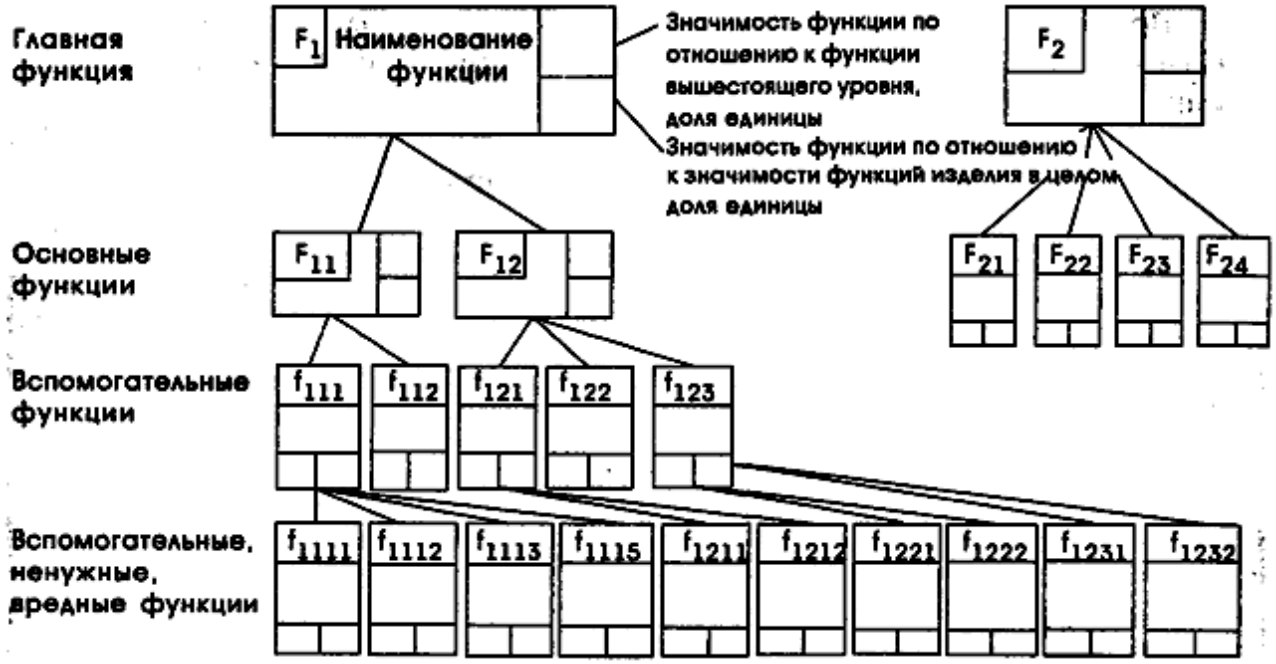


Рисунок 1.2 – Функциональная модель изделия

Нормирующим условием при оценке значимости функций, имеющих общую вершину на вышестоящем уровне ФМ, является равенство:

$$\sum_{i=1}^{n} a_i = 1 ,$$

где ai – значимость i-й функции; i = i... n – количество функций данного уровня, имеющих общую вершину вышестоящего уровня ФМ.

Значения ai проставляются на ФМ рядом с названием функций.

Учитывая многоступенчатую структуру функциональной модели, значимость функций любого уровня (rFij) для изделия в целом рекомендуется определять по формуле:

$$R_{Fij} = \prod_{i}^{G} a_{Fij} \qquad \text{при } 0 < a_{Fij} < 1,$$

где: aF_{ij} – значимость i-й функции j-го уровня,

G – число уровней функциональной модели.

Пример определения значимости функций показан в функциональной модели (рисунок 1.2). Цифрами в правом верхнем углу обозначена значимость

функций (в долях единицы) по отношению к значимости функции вышестоящего уровня; цифрами в правом нижнем углу – значимость функций (в долях) по отношению к значимости функций изделия в целом.

Сначала оцениваются значимости главной и второстепенной функций, исходя из их роли в обеспечении потребительских свойств изделия. Сумма значимостей главной (F_1) и второстепенной (F_2) функций равна 1.

Затем определяют значимости основных функций, исходя из их роли в реализации главной и второстепенной функций. Сумма значимостей основных функций (F_{11} и F_{12}), реализующих главную функцию, равна 1.

Сумма значимостей основных функций (F_{21} и F_{22}), способствующих реализации второстепенной функции, также равна 1.

Значимость вспомогательных функций определяется по степени реализации основных функций. Сумма значимостей вспомогательных функций, работающих на каждую основную функцию, равна 1, например:

$$\Sigma\ 3\ f_{111} \text{ и } f_{112} = 0{,}4 + 0{,}6 = 1{,}0;$$
$$\Sigma\ 3\ f_{121,\ 122} \text{ и } f_{123} = 0{,}2 + 0{,}45 + 0{,}35 = 1{,}0\ .$$

Значимость каждой функции по отношению к значимости функции изделия в целом определяется перемножением значимостей функций всех вышестоящих уровней. Например,

для функции $f_{111} = 0{,}4 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}8 = 0{,}096;$

для функции $f_{112} = 0{,}6 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}8 = 0{,}144;$

для функции $f_{121} = 0{,}2 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}8 = 0{,}112$ и т.д.

Определение фактических затрат на функции осуществляется в целях:

• стоимостной диагностики объекта, т.е. сопоставления затрат на функцию с ее значимостью при построении функционально-стоимостной диаграммы;

• сравнения фактических затрат на функцию с допустимыми затратами.

Процедура определения фактических затрат включает:

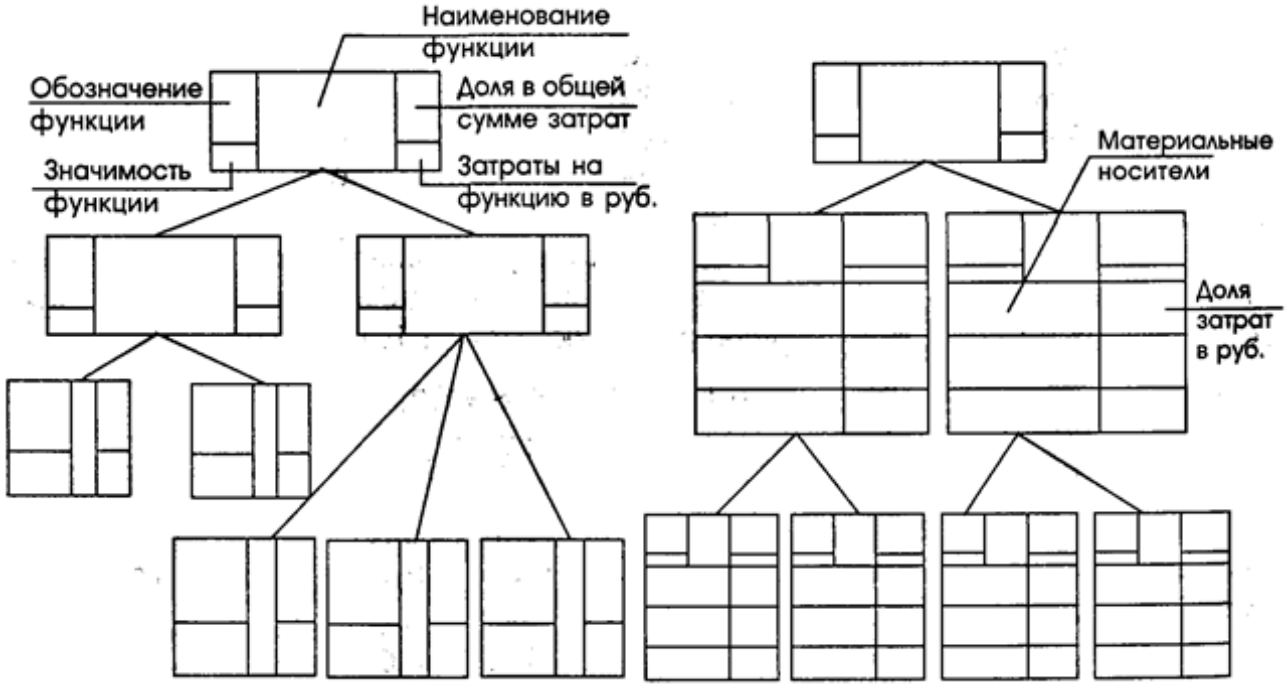
• оценку степени участия МН в реализации функции;

• определение доли затрат на создание каждого материального носителя, приходящейся на данную функцию;

• суммирование затрат на функцию по всем материальным носителям.

Для определения участия каждого материального носителя в реализации выявленных функций строится функционально-структурная модель (ФСМ) путем совмещения функциональной и структурной моделей.

ФСМ может быть представлена в матричной и (или) графической формах. При достаточно сложной конструкции изделия рекомендуется ФСМ составлять сначала в матричной форме, а затем в графической. При сравнительно несложном конструктивном исполнении изделия допускается ФСМ представлять сразу в графической форме. Примеры построения функционально-структурной модели показаны в таблице 1.2 и на рисунке 1.3.



а б

а – для относительно сложных конструкций построению ФСМ-графика предшествует составление ФСМ-матрицы; б – для относительно несложных конструкций ФСМ-график строится без промежуточного составления ФСМ-матрицы

Рисунок 1.3 – Функционально-структурная модель (графическая форма)

Степень участия материальных носителей в реализации функций рекомендуется определять экспертным методом.

Нормирующим условием оценки участия МН в выполнении разных функций является равенство:

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha f_i = 1,$$

где αf_i — степень участия МН в выполнении функций;

fi – функция, в осуществлении которой участвует данный МН;

i = 1... n – количество функций, в осуществлении которых участвует МН.

Значения αf_i проставляются в левом нижнем углу каждой клетки функционально-структурной модели.

Исходным материалом для определения доли затрат материального носителя на функции являются данные формы (таблица 1.1), перенесенные в правый нижний угол каждой расчетной клетки формы таблицы 1.2.

Затраты на функции (Sf_i) определяются на основе функционально-структурной модели (таблица 1.2) изделия, начиная с нижнего уровня (Sf_{111}, Sf_{112} и т.д.) по формуле

$$S_{fi} = \sum_{j=1}^{n} S_{MHj} \cdot \alpha_{fij},$$

где j = 1... n – количество МН, участвующих в реализации функции;

αf_{ij} – степень участия j-го МН в реализации f_i.

Результаты расчетов проставляются в нижнем правом углу каждой клетки функционально-структурной модели.

Определение затрат на функции вышестоящего уровня ФМ осуществляется суммированием затрат на функции нижнего уровня, входящих в одну вершину, т.е.

$$S_{F1} = S_{F11} + S_{F12},$$

$$S_{F11} = S_{f111} + S_{f112}.$$

Результаты расчета заносятся в соответствующие графы функционально-структурной модели.

Следующим шагом является анализ функций изделия и затрат на их осуществление.

Анализ функций проводится для выявления их целесообразности (необходимости, степени полезности) и обеспечения необходимого ресурса.

Процесс последовательной проверки необходимости каждой функции – составная часть функционального подхода.

По степени полезности функции делятся на полезные, бесполезные, вредные.

Если выявлены ненужные функции, ставится задача по устранению этих функций и их материальных носителей. Если функция отнесена к разряду требуемых, то на творческом этапе ставится задача ее реализации.

При сравнении количественных значений ресурса (возможности фактически выполняемых функций с параметрами требуемых функций) возможны три варианта сопоставления:

• соответствие реальных и требуемых функций по ресурсу;

• недостаточный ресурс по отдельным параметрам;

• избыточный ресурс.

Каждый из вариантов требует специфического подхода к формированию задач на последующих этапах ФСА: в первом случае внимание уделяется поиску экономических альтернативных решений, во втором – устранению «узких мест» в конструкции, в третьем – путям реализации резервов.

Результаты анализа заносятся в функционально-структурную модель с пометками ИР (излишний ресурс), НР (недостающий ресурс). Выявленные необходимые, но отсутствующие функции вносятся в ФМ с пометкой недостаточного ресурса. Фактические затраты на функции сравниваются с существующим уровнем затрат аналогичных отечественных и зарубежных изделий и с допустимыми лимитными, если установлены лимиты по затратам в требованиях к изделию. При поиске идей и технических решений реализации функций необходимо стремиться к уменьшению затрат, превышающих допустимые.

С целью выявления зон несоответствия затрат на функции их значимости строится функционально-стоимостная диаграмма (ФСД), состоящая из двух квадрантов и представляющая графическое распределение функций по значимости (квадрант над осью абсцисс) и по затратам на функции (квадрант ниже оси абсцисс). Значимость функций и затраты на их реализацию даются в долях (процентах) от значимости функции изделия в целом и затрат на его изготовление.

Пример построения ФСД приведен на рисунке 1.4.

На основе анализа ФСД определяют те функции, которые при малой значимости имеют большие затраты. Такие функции подвергаются дальнейшему анализу с целью совершенствования способа их реализации. Если отсутствуют зоны несоответствия затрат и значимости функций, то дальнейшему анализу подвергаются наиболее дорогие функции, определяющие те качества объекта, изменение которых сформулировано в целях проведения ФСА, независимо от их значимости.

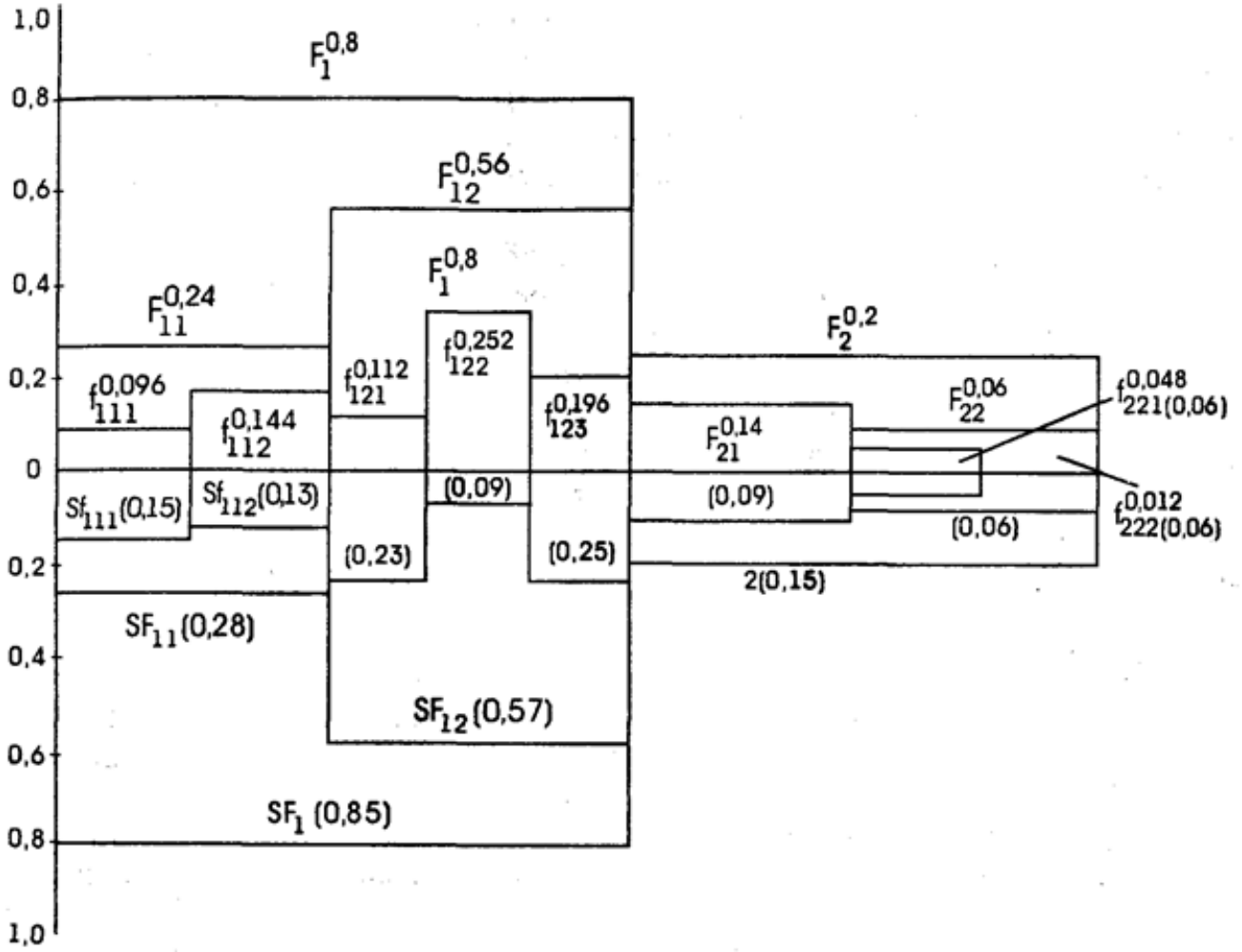


Рисунок 1.4 – Функционально-стоимостная диаграмма изделия

1.4 Творческий этап

На творческом этапе осуществляется:

- выработка предложений по совершенствованию объекта;
- анализ и предварительный отбор предложений для реализации;
- систематизация предложений по функциям;
- формирование вариантов выполнения функций.

Целью творческого этапа является нахождение как можно большего количества вариантов технических решений, обеспечивающих ликвидацию бесполезных и вредных функций, совмещение и изменение функций, совершенствование реализации полезных функций объекта.

Новые варианты технических решений разрабатываются с использованием индивидуальных и коллективных методов инженерного поиска, например: метода поэлементной отработки конструкторских решений, мозгового штурма, метода творческих совещаний, контрольных вопросов, морфологического анализа, синектики, метода конструирования Коллера, алгоритма решения изобретательских задач [2].

Выбор метода инженерного поиска обусловливается характером поставленных задач по совершенствованию объекта, а также наличием специалистов, владеющих указанными методами технического творчества.

Метод мозгового штурма ФСА

Порядок проведения метода мозгового штурма следующий. Члены исследовательской рабочей группы (ИРГ) собираются в заранее определенное время в отдельном помещении. Обязательно должен быть магнитофон. Штурм проводится в два этапа.

Первый этап – генерация идей.

Чтобы этот этап прошел более производительно, желательно раздать членам ИРГ за несколько дней функционально-стоимостные и структурно-элементные схемы объекта, а также задачи, сформулированные на предыдущем этапе, с тем, чтобы во время штурма каждый участник имел какие-либо предложения по решаемым вопросам.

Во время индивидуальной подготовки каждый из участников должен ответить на следующие вопросы:

1 Кто придумал это первым? История вопроса.

2 Чья это проблема, какого участка, какой службы? Почему?

3 В чем суть данной задачи?

4 Идеальным решением данной задачи было бы ...

5 Что будет, если исключить данную функцию или деталь?

6 Без данной функции или детали можно обойтись, если ...

После того как участники штурма собрались, необходимо ознакомить их с правилами работы:

• разрешается говорить не более двух минут;

• разрешается высказывать любые идеи, в том числе явно ошибочные, фантастические, доказательства при этом не приводятся;

• запрещается всякая критика, в том числе неявная в виде скептических улыбок и т.д.;

• поощряются юмор и шутки;

• необходимо развивать идею, выдвинутую кем-либо из партнеров, до логического конца.

После окончания штурма все идеи по решению представленных задач записываются и классифицируются. Через несколько дней они снова представляются на обсуждение группы. На этот раз каждая идея рассматривается с критической точки зрения, все отклоненные идеи должны иметь четкий ответ на вопрос, почему невозможна их реализация.

Выдвинутые варианты технических решений должны быть описаны на карточках, где указывается автор(ы), дается предварительная прорисовка, эскиз предложенного варианта.

Все предложения систематизируются на следующие группы:

• предложения, которые могут быть реализованы полностью и сразу;

• предложения, которые могут быть реализованы без серьезных технических и организационных усилий;

• предложения, требующие для реализации перестройки производства или помощь (согласие) вышестоящих органов управления;

• явно невыполнимые и заведомо нецелесообразные предложения, подлежащие исключению.

Отклоненные предложения необходимо поместить в специальную картотеку (банк идей) для возможного использования при разработке последующих проектов.

Если по исследуемой функции не найдено ни одного варианта решения или все варианты отвергнуты в результате предварительного отбора, то следует расчленить данную функцию на более мелкие и продолжить поиск в аналогичном порядке.

Экспертиза оставшихся вариантов должна проводиться с участием компетентных специалистов-экспертов в разных областях конструирования, технологии производства, организации, экономики, маркетинга и т.д.

Предварительный отбор наиболее приемлемых вариантов исполнения осуществляется в зависимости от поставленных целей:

• если цель ФСА – снижение себестоимости при сохранении качества, то варианты отбираются в первую очередь по критерию минимума затрат;

• если цель ФСА – улучшение качества, то оценивается ориентировочно, в первую очередь, качество разных вариантов исполнения изделия, их способность обеспечить выполнение технических требований к изделию.

После предварительной экспертизы предложенных решений ИРГ должна определить ограниченное количество предпочтительных вариантов исполнения изделия и рекомендовать их для дальнейшей проработки на исследовательском этапе.

Работа на данном этапе считается законченной после окончательной проработки и отбора карточек.

1.5 Исследовательский этап

Основная задача исследовательского этапа – определение возможности реализации предложенных решений.

Перечень основных работ:

• разработка эскизов по отобранным вариантам;

• экспертиза подготовленных решений;

• отбор наиболее рациональных вариантов решений;

• создание при необходимости макетов или опытных образцов для проведения испытаний;

• проведение испытаний;

• окончательный выбор реализуемых решений;

• технико-экономическое обоснование решений.

По ранее отобранным вариантам осуществляется конструкторская проработка, целью которой является дать полное представление о предполагаемой конструкции и оценку ее соответствия требованиям технических условий, технологичности, металлоемкости и т.д.

Отбор наиболее рациональных вариантов решений следует проводить с позиции реализации исследуемых функций и обеспечения требований, предъявляемых к производительности объекта, уровню его надежности, межпроектной унификации, эргономичности, эстетичности, экологичности, экономичности и др. Технико-экономическое обоснование вариантов решений должно проводиться согласно действующим в отрасли документам по экономической эффективности.

1.6 Рекомендательный этап

Основная задача рекомендательного этапа – определение порядка реализации рекомендаций ФСА.

На рекомендательном этапе осуществляется:

• рассмотрение представленных технических решений на научно-техническом совете предприятия;

• принятие решения о возможности их реализации;

• согласование мероприятий по реализации принятых решений.

Но рассмотрение представляются все варианты решений, отобранные на исследовательском этапе, в виде эскизов с пояснительными записками, в которых указываются их достоинства и недостатки, к каждому решению прилагается расчет экономического эффекта.

Все представленные варианты делятся на три группы:

1 Решения, не требующие серьезных конструкторской и технологической доработок.

2 Решения, для реализации которых требуется проведение каких-либо испытаний и доработки объекта.

3 Решения, коренным образом изменяющие конструкцию и технологический процесс изготовления изделия, требующие проведения ОКР, а также дополнительных капитальных вложений для своего осуществления.

Основные критерии для отбора тех или иных решений – максимум полезного эффекта на единицу совокупных затрат на изготовление и эксплуатацию изделия, повышение конкурентоспособности изделия, увеличение прибыли предприятия. При окончательном отборе должны также учитываться технические возможности предприятий-изготовителей и потребителей (организационно-технический уровень производства).

1.7 Этап внедрения

Основная задача этапа внедрения – обеспечить безусловное внедрение принятых решений.

На этапе внедрения осуществляются:

• включение мероприятий по обеспечению внедрения принятых предложений ФСА из плана-графика в стратегию организации, планы задействованных служб и ответственных исполнителей;

• контроль за выполнением плана-графика;

• оценка фактической экономической эффективности внедрения результатов ФСА;

• поощрение членов исследовательской рабочей группы и всех участников.

Ответственность за своевременное внедрение мероприятий ФСА несет главный менеджер или другое должностное лицо,

Служба ФСА осуществляет контроль за внедрением рекомендаций, проверяет правильность расчета экономического эффекта внедренных мероприятий.

Работа на этапе считается законченной после внедрения всех рекомендаций ФСА.

2 АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ОТКАЗОВ (FMEA)

2.1 Цели и задачи FMEA

Как видно из названия метода «FMEA – Potential Failure Mode and Effects Analysis», его основной целью является предупреждение и/или ослабление вредных последствий от возможных дефектов продукции и процессов ее про-

изводства. Наиболее целесообразно применение FMEA при разработке или модернизации продукции и процессов ее изготовления. В настоящее время, как будет показано ниже, область применения FMEA весьма широка [1].

Основными задачами FMEA являются определение:

• возможных отказов (дефектов) продукции и/или процесса ее изготовления, их причин и последствий;

• степени критичности (тяжести) последствий для потребителей (S), вероятностей возникновения причин (дефектов) (O) и выявления их (D) до поступления к потребителю;

• обобщенной оценки качества (надежности, безопасности) объекта анализа – «приоритетного числа риска» (ПЧР) – и сравнение его с предельно допустимым значением (ПЧРкр);

• мероприятий по улучшению объекта анализа, обеспечивающих соблюдение условия

$$ПЧР < ПЧРкр$$

для объекта в целом и его компонентов.

Для проведения FMEA создается специальная команда. Значения S, O, D, ПЧР, ПЧРкр определяются экспертным или расчетным методами.

2.2 Виды и области применения FMEA

Объектами FMEA-анализа могут быть:

• конструкция изделия (FMEA-анализ конструкции);

• процесс производства продукции (FMEA-анализ процесса производства);

• бизнес-процессы (документооборот, финансовые процессы и т.д.) (FMEA-анализ бизнес-процессов);

• процесс эксплуатации изделия (FMEA-анализ процесса эксплуатации).

FMEA-анализ конструкции может проводиться как для разрабатываемой конструкции, так и для существующей. В рабочую группу по проведению анализа обычно входят представители отделов разработки, планирования производства, сбыта, обеспечения качества, представители опытного производства.

Целью анализа является выявление потенциальных дефектов изделия, вызывающих наибольший риск потребителя, и внесение изменений в конструкцию изделия, которые бы позволили снизить такой риск.

FMEA-анализ процесса производства осуществляется ответственными службами планирования производства, обеспечения качества или производства с участием соответствующих специализированных отделов изготовителя и при необходимости – потребителя. FMEA-анализ процесса производства начинает-

ся на стадии технической подготовки производства и заканчивается до начала основных монтажно-сборочных работ и т.п.

Целью FMEA-анализа процесса производства является обеспечение выполнения всех требований по качеству процесса производства и сборки путем внесения изменений в план процесса для технологических процессов с повышенным риском.

FMEA-анализ бизнес-процессов обычно производится в подразделениях, выполняющих данный бизнес-процесс. В проведении анализа, кроме представителей этих подразделений, участвуют представители службы обеспечения качества, представители подразделений, являющихся внутренними потребителями результатов бизнес-процесса и подразделений, участвующих в выполнении этапов бизнес-процесса.

Цель этого вида анализа – обеспечение качества выполнения запланированного бизнес-процесса. Выявленные в ходе анализа потенциальные причины дефектов и несоответствий позволят определить причину неустойчивости системы. Выработанные корректирующие мероприятия должны обеспечить эффективность и результативность бизнес-процесса.

FMEA-анализ процесса эксплуатации проводится в том же составе, что и FMEA-анализ конструкции.

Цель его проведения – формирование требований к конструкции изделия и условиям эксплуатации, обеспечивающим безопасность и удовлетворенность потребителя, то есть подготовка исходных данных как для процесса разработки конструкции, так и для последующего FMEA-анализа конструкции и процессов ее изготовления.

2.3 Методы выполнения FMEA

Анализ возможных отказов (дефектов) изучаемой системы (объекта) и их последствий для потребителей (внутренних и/или внешних) производится, как отмечалось выше, экспертным (наиболее распространенным) или расчетным методами.

Ограниченность распространения расчетного метода вызвана необходимостью для его реализации информации о модели изучаемого объекта, взаимосвязях между его элементами, понимания природы происходящих в нем процессов.

Если рассматривать структуру объекта как иерархическую систему взаимосвязанных элементов (рисунок 2.1), возможны 3 стратегии (последовательности) изучения объекта:

1) «снизу вверх», то есть от отдельных элементов к объекту в целом;

2) «сверху вниз», то есть от объекта в целом к его элементам;
3) комбинированный.

Эти методы называют также соответственно структурным, функциональным и комбинированным [2].

Структурные методы FMEA относят к классу индуктивных методов (анализ «снизу вверх»), применяемых для относительно простых объектов, отказы которых могут быть четко локализованы, а последствия каждого отказа элементов выбранного начального уровня разукрупнения могут быть прослежены на всех вышестоящих уровнях структуры объекта.

Уровень разукрупнения объекта, начиная с которого (до которого) проводят FMEA на определенном этапе его разработки, устанавливают, исходя из требуемых результатов анализа; степени отработанности конструкторской, технологической и эксплуатационной документации; наличия необходимых исходных данных; степени новизны конструкции объекта и его составных частей, технологий их изготовления, условий эксплуатации.

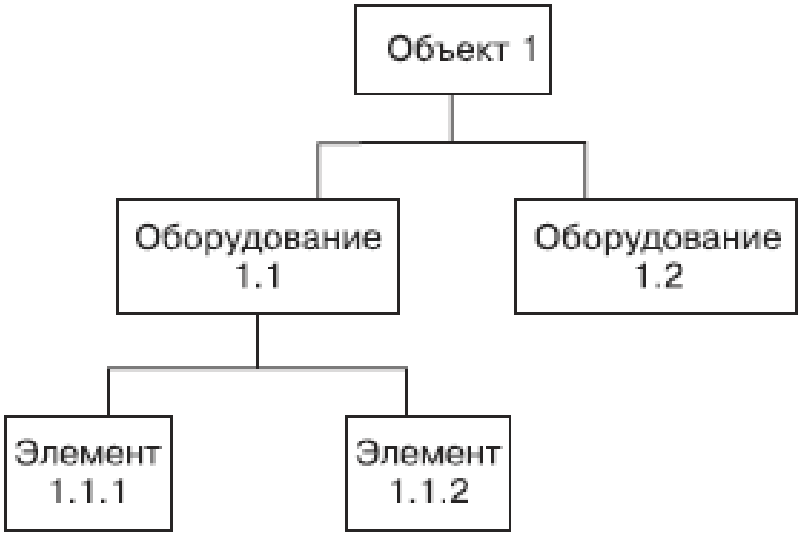


Рисунок 2.1 – Структура изучаемого объекта

При прочих равных условиях, чем выше уровень отработанности конструкции и технологии изготовления объекта и его составных частей, тем меньший уровень детализации допускается при анализе, и, наоборот, объекты, содержащие принципиально новые конструктивно-технологические решения, построенные на новой элементной базе, требуют углубленного, более детализированного анализа.

Основная цель анализа «снизу вверх» – оценка степени влияния отказов составных частей системы на выполнение ею своих функций.

Последствия отказов элементов по влиянию на единицы более высокого уровня деления классифицируются как:

• локальные, не вызывающие отказы элементов более высокого уровня;

• промежуточные, связанные с отказами элементов следующего уровня деления объекта;

• конечные, приводящие к отказу объекта.

По степени тяжести конечных последствий отказы подразделяют на 4 категории:

• категория I – катастрофический отказ;

• категория II – существенный отказ, приводящий к невыполнению объектом своих функций;

• категория III – промежуточный (маргинальный) отказ, приводящий к экономическим потерям;

• категория IV – несущественный (незначительный) отказ, который не относится к вышеперечисленным категориям.

Общая схема (алгоритм) FMEA структурным методом включает следующие основные операции:

• в соответствии с планом анализа устанавливают минимальный уровень разукрупнения, с которого начинают FMEA;

• на основе функциональной блок-схемы объекта идентифицируют все элементы выбранного уровня разукрупнения;

• для каждого идентифицированного элемента данного уровня на основе имеющихся классификаторов отказов, инженерного анализа, имеющихся априорных данных, опыта и знаний исследователя составляют перечень возможных видов отказов данного элемента;

• для каждого вида отказа выбранного элемента определяют его возможные последствия на рассматриваемом и следующих уровнях структуры объекта;

• для элементов, отказы которых определенного вида непосредственно приводят к отказу объекта или снижению качества его функционирования, оценивают категорию тяжести последствий отказов или рассчитывают показатели критичности;

• повторяют описанные выше операции последовательно для элементов всех вышестоящих уровней разукрупнения. Последствия отказов элементов нижестоящего уровня, которые не могут быть выражены в виде влияния на функционирование элементов рассматриваемого уровня, принимают за самостоятельные виды отказов на этом уровне;

• выделяют отказы, категория тяжести последствий или оценки показателей критичности которых превосходят пределы, установленные планом анали-

за, а элементы, соответствующие этим отказам, включают в перечень критичных элементов.

Для каждого критичного элемента:

• определяют наличие предусмотренных средств и методов обнаружения, локализации и индикации отказов и оценивают их достаточность;

• определяют возможные меры, обеспечивающие сохранение работоспособности объекта при возникновении данного отказа (введение резервирования, перестраиваемая структура, изменение алгоритма функционирования), и оценивают целесообразность их введения;

• определяют возможные меры по снижению вероятности отказов (применение в облегченном режиме, введение защиты от перегрузок, дополнительных проверок и испытаний в процессе изготовления и эксплуатации, введение дублирования элементов, профилактического обслуживания и плановых замен в эксплуатации и т.п.) и оценивают их эффективность;

• определяют возможные способы предупреждения наиболее опасных последствий отказов (аварийная защита и сигнализация, специальные правила поведения персонала при возникновении отказов и т.п.).

Функциональные методы FMEA относят к классу дедуктивных (анализ по схеме «сверху вниз») методов, применяемых для сложных многофункциональных объектов, отказы которых трудно априорно локализовать и для которых характерны сложные зависимые отказы.

Основная цель анализа «сверху вниз» – определить критические отказы элементов и критические элементы объектов. Такой подход целесообразен при проведении анализа закупаемого оборудования, при выборе поставщиков комплектующих элементов, анализе запасных частей.

Общая схема (алгоритм) FMEA функциональным методом включает следующие операции:

• идентифицируют все функции, выполняемые объектом;

• для каждой функции на основе априорных данных, опыта исследователя, инженерного анализа и другими доступными способами определяют перечень возможных нарушений (отклонений) данной функции;

• для каждого нарушения функции оценивают качественно тяжесть возможных последствий этого нарушения или количественно – ожидаемый ущерб;

• выделяют критические нарушения функции, тяжесть возможных последствий которых или ущерб от которых превосходит пределы, установленные планом анализа;

• для каждого выделенного критического нарушения, принимая его возникновение в качестве «вершинного события», строят дерево отказов, охваты-

вающее отказы элементов всех уровней разукрупнения, вплоть до нижнего уровня, установленного планом анализа;

• с помощью построенного дерева выделяют одиночные элементы, приводящие к критическому нарушению функции изделия, и сочетания элементов, совместные отказы которых ведут к указанному нарушению;

• оценивают вероятности отказов одиночных элементов и вероятности выделенных комбинаций отказов элементов, с использованием которых при проведении FMEA рассчитывают показатели критичности соответствующих отказов (сочетаний отказов);

• составляют перечни критичных элементов.

Для сложных объектов FMEA проводят, как правило, комбинированными методами, сочетающими элементы структурных и функциональных методов.

Учитывая формализм расчета критичности отказов и высокую наглядность подхода, начиная с 1970-х годов интенсивно развиваются компьютерные методы FMEA. Так как для сложных систем необходимо провести много предварительных расчетов и оформить большое число документов, то применение компьютеров оказывается весьма полезным.

Одно из новых направлений FMEA связано с применением теории нечетких множеств для расчета критичности отказов. Перспективность этого подхода обусловлена тем, что расчет критичности во многом основан на экспертных оценках (особенно на ранних стадиях проектирования), что не позволяет оперировать точно заданными величинами. Применение методологии нечетких множеств обеспечивает подключение мощного аппарата экспертных систем в FMEA, что повышает его эффективность.

2.4 Последовательность проведения FMEA

В ГОСТ Р 51814.2-2001 [5] обобщен современный опыт применения FMEA, и его рекомендации положены в основу данного раздела.

Для выполнения FMEA создается FMEA-команда, состав которой определяется видом FMEA. При FMEA конструкции (DFMEA) в команду обычно входят конструктор (разработчик изучаемой конструкции), технологи по механообработке и сборке, испытатель, представители служб маркетинга, сервиса, управления качеством (УК). При FMEA процесса (PFMEA) в команду обычно входят технолог (разработчик изучаемого процесса), конструктор, представители служб сервиса, организации производства, УК.

FMEA-команда (межфункциональная команда) представляет собой временный коллектив из разных специалистов, созданный специально для цели анализа и доработки конструкции и/или процесса изготовления данного техни-

ческого объекта. При необходимости в состав FMEA-команды могут приглашаться опытные специалисты из других организаций.

В своей работе FMEA-команды применяют метод «мозгового штурма»; рекомендуемое время работы – 3-6 часов в день. Для эффективной работы все члены FMEA-команды должны иметь практический опыт и высокий профессиональный уровень. Этот опыт предполагает для каждого члена команды значительную работу в прошлом с аналогичными техническими объектами.

Рекомендуемое число участников FMEA-команды – 4-8 человек.

Алгоритм работы FMEA-команды представлен на рисунке 2.2 [1].

Планирование FMEA осуществляют по п. 5.3 ГОСТ 27.310 [4].

План проведения FMEA должен устанавливать:

• стадии жизненного цикла объекта и соответствующие им этапы видов работ, на которых проводят анализ (в дальнейшем – этапы анализа, или этапы);

• виды и методы анализа на каждом этапе со ссылками на соответствующие нормативные документы и методики. При отсутствии необходимых документов план должен предусматривать разработку соответствующих методик FMEA рассматриваемого объекта;

• уровни разукрупнения объекта, начиная с которого (до которого) проводят анализ на каждом этапе;

• сроки проведения анализа на каждом этапе, распределение ответственности за его проведение и реализацию результатов, сроки, формы и правила отчетности по результатам анализа;

• порядок контроля над проведением и реализацией результатов анализа со стороны руководства организации-разработчика и заказчика (потребителя).

Анализ начинают с возможно более ранних этапов разработки объекта и систематически повторяют на последующих этапах по мере отработки конструкции и технологии изготовления объекта, накопления исходных данных для анализа.

При проведении FMEA на последующих этапах разработки должна быть предусмотрена проверка полноты реализации и эффективности мероприятий по доработкам, рекомендованных на предыдущих этапах.

На всех этапах анализ начинают с проведения FMEA объекта, по результатам которого принимают решения о необходимости углубленного количественного анализа и оценки критичности отдельных видов отказов.

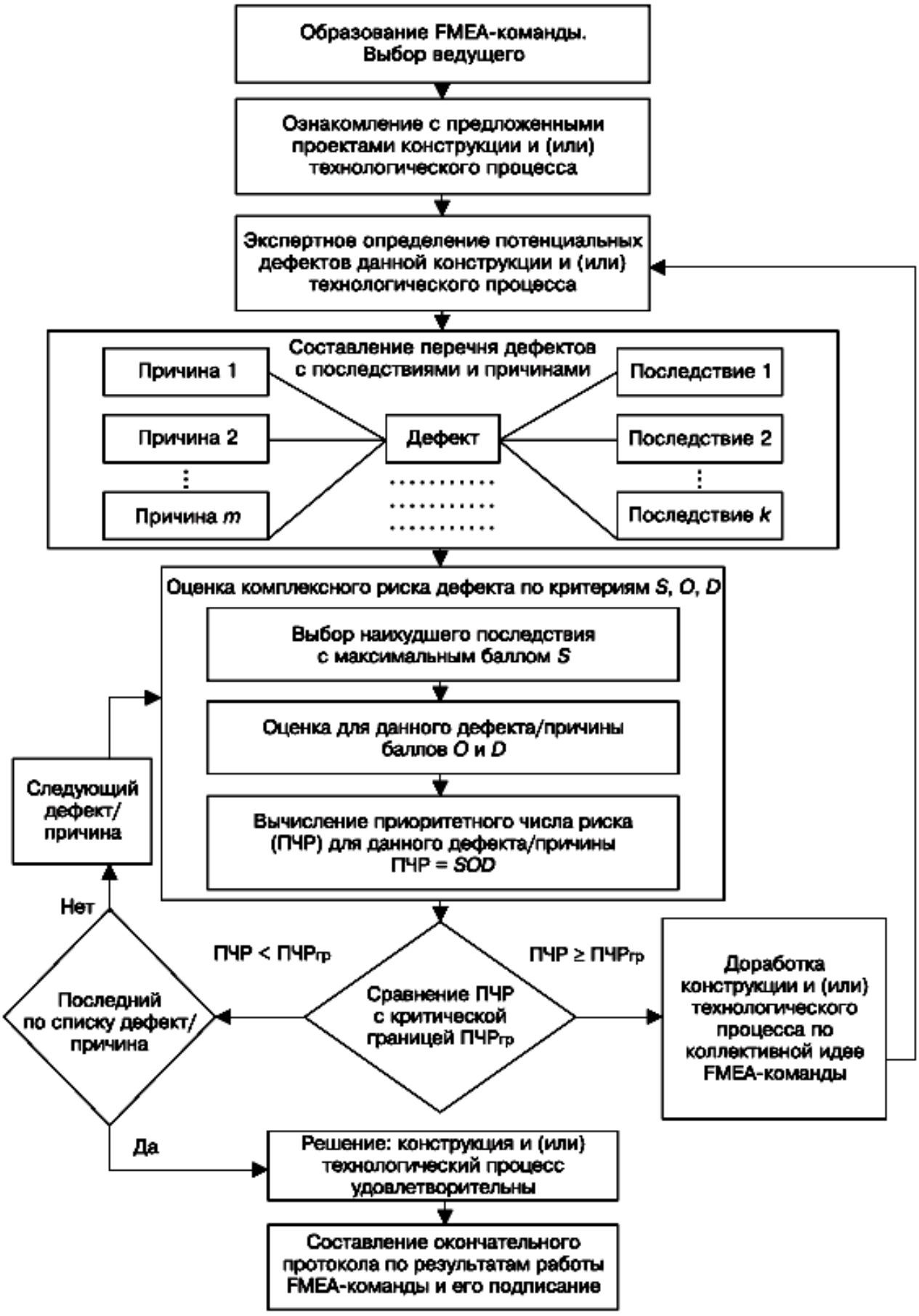


Рисунок 2.2 – Алгоритм работы FMEA-команды

Для обеспечения полноты и объективности анализа возможные виды отказов составных частей и объекта в целом при FMEA целесообразно первоначально устанавливать на основе существующих для объекта данного вида классификаторов отказов и неисправностей, дополняя их при необходимости видами отказов, специфичными для рассматриваемого объекта.

Рассмотрим основные этапы FMEA в соответствии с рисунком 2.2.

Ознакомление с предложенными проектами конструкции и/или технологического процесса.

Ведущий FMEA-команды представляет для ознакомления членам своей команды комплект документов по предложенному проекту конструкции или (и) проекту технологического процесса.

Определение видов потенциальных дефектов, их последствий и причин.

Для конкретного технического объекта и/или производственного процесса с его конкретной функцией определяют (пользуясь имеющейся информацией и предшествующим опытом) все возможные виды дефектов. Описание каждого вида дефекта заносят в протокол анализа видов, причин и последствий потенциальных дефектов, составленный, например, в виде таблицы. Форма протокола должна быть предварительно выбрана и утверждена. Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А ГОСТ Р 51814.2-2001 [5].

Примеры видов дефектов технического объекта: растрескивание, деформация, люфт, течь, прокол, короткое замыкание, окисление, перелом.

Примеры видов дефектов технологического процесса: недостаточная толщина покрытия, пропуск операции установки шплинта, применение другого материала.

Примечание: виды потенциальных дефектов следует описывать в физических или технических терминах, а не в виде внешних признаков (симптомов), заметных потребителю.

Для всех описанных видов потенциальных дефектов определяют их последствия на основе опыта и знаний FMEA-команды.

Примеры последствий дефектов: шум, неправильная работа, плохой внешний вид, неустойчивость, прерывистая работа, шероховатость, неработоспособность, плохой запах, повреждение управления.

Для каждого вида дефекта может быть несколько потенциальных последствий, все они должны быть описаны. Последствия дефектов следует описывать признаками, которые может заметить и ощутить потребитель, причем имеется в виду, что потребитель может быть как внутренним (на последующих операциях создания объекта), так и внешним. Последствия дефектов следует излагать в конкретных терминах системы, подсистемы пли компонента, подвергаемых анализу.

Для каждого последствия дефекта экспертно определяют балл значимости S при помощи таблицы баллов значимости. Балл значимости изменяется от 1 для наименее значимых по ущербу дефектов до 10 – для наиболее значимых.

Типовые значения баллов значимости приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Оценка последствий отказов (дефектов)

Описание последствий отказов	**Оценка последствий в баллах S**
Отказ не приводит к заметным последствиям, потребитель, вероятно, не обнаружит наличие неисправности	1
Последствия отказа незначительны, но потребитель может выразить недовольство его появлением	2–3
Отказ приводит к заметному для потребителя снижению эксплуатационных характеристик и/или к неудобству применения изделия	4–6
Высокая степень недовольства потребителя, изделие не может быть использовано по назначению, но угрозы безопасности отказ не представляет	7–8
Отказ представляет угрозу безопасности людей или окружающей среды	9–10

В дальнейшем при работе FMEA-команды и выставлении ПЧР используют один максимальный балл значимости S из всех последствий данного дефекта.

Для каждого дефекта определяют потенциальные причины. Для одного дефекта может быть выявлено несколько потенциальных причин, все они должны быть по возможности полно описаны и рассмотрены отдельно.

Примеры причин дефектов: использован другой материал, неадекватное предположение о жизнеспособности конструкции, перегрузка, недостаточные возможности смазки, неполные инструкции по обслуживанию, слабая защита от неблагоприятных условий среды.

Причинами (механизмами) дефектов могут быть, например, текучесть, ползучесть, нестабильность материала, усталость, износ, коррозия.

Для каждой потенциальной причины дефекта экспертно определяют балл вероятности возникновения O. При этом рассматривается предполагаемый процесс изготовления и экспертно оценивается частота данной причины, приводящей к рассматриваемому дефекту.

Балл возникновения изменяется от 1 для самых редко возникающих дефектов до 10 – для дефектов, возникающих почти всегда.

Типовые значения балла вероятности возникновения приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Оценка вероятностей возникновения отказов (дефектов)

Виды отказов по вероятности возникновения за время эксплуатации	**Ожидаемая вероятность отказов, оцененная расчетом или экспериментальным путем**	**Оценка вероятности отказа в баллах О**
Отказ практически невероятен	Менее 0,00005	1
Отказ маловероятен	От 0,00005 до 0,001	2
Отказ имеет малую вероятность, обусловленную только точностью расчета	От 0,001 до 0,005	3
Умеренная вероятность отказа	От 0,005 до 0,001	4
Отказы возможны, но при испытаниях или в эксплуатации аналогичных изделий не наблюдались	От 0,001 до 0,005	5
Отказы возможны, наблюдались при испытаниях и в эксплуатации аналогичных изделий	От 0,001 до 0,005	6
Отказы вполне вероятны	От 0,005 до 0,01	7
Высокая вероятность отказов	От 0,01 до 0,10	8
Вероятны повторные отказы	Более 0,11	10

Для данного дефекта и каждой отдельной причины определяют балл вероятности обнаружения D данного дефекта или его причины в ходе предполагаемого процесса изготовления. Балл обнаружения изменяется от 10 для практически не обнаруживаемых дефектов (причин) до 1 – для практически достоверно обнаруживаемых дефектов (причин).

Типовые значения балла обнаружения приведены в таблице 2.3.

После получения экспертных оценок S, O, D вычисляют приоритетное число риска ПЧР по формуле:

$$\text{ПЧР} = S \cdot O \cdot D.$$

Для дефектов, имеющих несколько причин, определяют соответственно несколько ПЧР. Каждое ПЧР может иметь значения от 1 до 1000.

Для приоритетного числа риска должна быть заранее установлена критическая граница (ПЧРгр) в пределах от 100 до 125. По усмотрению службы маркетинга и других служб предприятия для некоторых возможных дефектов значение ПЧРгр может быть установлено менее 100. Снижение ПЧРгр соответствует созданию более высококачественных и надежных объектов и процессов. Некоторые зарубежные предприятия-лидеры, давно использующие методологию FMEA, сейчас работают с ПЧРгр = 30-50.

Количественному анализу последствий отказов с помощью ПЧР может предшествовать их качественный анализ с помощью рекомендованной МЭК

классификационной матрицы оценки частоты и значимости отказов по категориям I–IV (таблица 2.4).

При классификации ожидаемой частоты отказа могут быть использованы рекомендации, приведенные в таблице 2.5.

Отнесение отказов к одной из групп (A, B, C, D в таблице 2.4) требует следующих действий FMEA-команды:

- A – обязателен углубленный количественный анализ критичности;
- B – желателен количественный анализ критичности;
- C – можно ограничиться качественным анализом;
- D – анализ не требуется.

Таблица 2.3 – Оценка вероятностей возникновения отказов (дефектов) до поставки изделия потребителю

Виды отказов по вероятности обнаружения до поставки	**Вероятность обнаружения отказа, оцененная расчетным или экспертным путем**	**Оценка вероятности отказа в баллах D**
Очень высокая вероятность выявления отказа при контроле, сборке, испытаниях	Более 0,95	1
Высокая вероятность выявления отказа при контроле, сборке, испытаниях	От 0,95 до 0,85	2–3
Умеренная вероятность выявления отказа при контроле, сборке, испытаниях	От 0,85 до 0,45	4–6
Высокая вероятность поставки потребителю дефектного изделия	От 0,45 до 0,25	7–8
Очень высокая вероятность поставки потребителю дефектного изделия	Менее 0,25	9–10

Таблица 2.4 – Матрица «вероятность отказа – тяжесть последствий» для ранжирования отказов при FMEA

Ожидаемая частота отказа	**Категория отказа**			
	Катастрофический отказ (категория I)	**Существенный отказ (категория II)**	**Промежуточный отказ (категория III)**	**Несущественный отказ (категория IV)**
Частый	A	A	A	C
Вероятный	A	A	B	C
Редкий	A	B	B	D
Очень редкий	A	B	B	D
Невероятный	B	C	C	D

Таблица 2.5 – Качественные и количественные оценки частоты отказов

Ожидаемая частота отказа	Качественное описание частоты для:		Вероятность наступления отказа, P
	Индивидуального изделия	Совокупности изделий	
Частый	Вероятно частое возникновение	Наблюдается постоянно	P > 0,2
Вероятный	Будет наблюдаться несколько раз за срок службы изделия	Вероятно частое возникновение	0,1 < P < 0,2
Редкий	Возможно одно наблюдение данного отказа за срок службы	Наблюдается несколько раз	0,01 < P < 0,1
Очень редкий	Отказ маловероятен, но возможен хотя бы раз за срок службы	Вполне возможен хотя бы один раз	0,001 < P < 0,01
Невероятный	Отказ настолько маловероятен, что вряд ли будет наблюдаться даже один раз за срок службы	Отказ маловероятен, но возможен хотя бы один раз	P < 0,001

Причины отказов, попавших в группу A, подлежат безусловному устранению при проектировании путем изменения конструкции, увеличения соответствующих запасов прочности, устойчивости и т.п., смягчения условий эксплуатации и пр. Причины отказов, попавших в группы B и C, требуют дальнейшего анализа, уточнения механизмов отказов, характера деградационных процессов и других факторов, важных для более полного описания отказа. В результате могут быть приняты решения о доработке оборудования, изменении регламента технического обслуживания и ремонта, увеличении частоты и глубины диагностирования или другие корректирующие меры. Отказы групп B и C вносятся в специальный перечень для последующего анализа и контроля. Причины отказов группы D не требуют дополнительного анализа.

После расчетов ПЧР составляют перечень дефектов (причин), для которых значение ПЧР превышает ПЧРгр. Именно для них и следует далее вести доработку конструкции и/или производственного процесса.

Для каждого дефекта (причины) с ПЧР > ПЧРгр команда должна прилагать усилия для снижения этого расчетного показателя посредством доработки конструкции и/или производственного процесса.

После того как действия по доработке определены, необходимо оценить и записать значения баллов значимости S, возникновения O и обнаружения D для нового предложенного варианта конструкции и/или производственного процесса. Следует проанализировать новый предложенный вариант и подсчитать и записать значение нового ПЧР по схеме в соответствии с рисунком 2.2.

Все новые значения ПЧР следует рассмотреть и, если необходимо дальнейшее их снижение, повторить предыдущие действия.

Ответственный за разработку конструкции и/или производственного процесса инженер должен подтвердить, что все предложения членов команды по доработке были рассмотрены.

В конце работы FMEA-команды должен быть составлен и подписан протокол, в котором отражают основные результаты работы команды, включающие как минимум:

• состав FMEA-команды;

• описание технического объекта и его функций;

• перечень дефектов и/или причин для первоначально предложенного варианта конструкции и/или производственного процесса;

• экспертные баллы S, O, D и ПЧР для каждого дефекта и причины первоначально предложенного варианта конструкции и/или технологического процесса;

• предложенные в ходе работы FMEA-команды корректирующие действия по доработке первоначально предложенного варианта конструкции и/или производственного процесса;

• экспертные баллы S, O, D и ПЧР для каждого дефекта и причины доработанного варианта конструкции и/или производственного процесса.

При необходимости к протоколу работы FMEA-команды прилагают соответствующие чертежи, таблицы, результаты расчета и т.д.

2.5. Пример проведения анализа форм и последствий отказов

Проведем FMEA-анализ пороков тентового материала [2].

Для анализа пороков тентового материала необходимо, чтобы члены FMEA-команды в совокупности имели практический опыт в таких областях деятельности, как:

– процесс производства тентового материала;

– технология контроля в ходе изготовления;

– анализ работы технологического процесса;

– анализ частоты пороков и контроля работы оборудования и персонала.

На основании этих требований в работе [2] была сформирована FMEA-команда из пяти человек, в которую вошли начальник исследовательско-аналитической лаборатории, начальник отдела управления качества, начальник участка технического контроля, зам. технического директора по производству, студент-исследователь. Ведущим был выбран заместитель технического директора по производству.

На основании данных диаграммы Парето выбрали самый распространенный порок – «раковина».

Причинами возникновения этого порока при производстве тентового материала являются отклонения температуры в термокамере от заданных требований и толщины штриха от номинальных значений. Порок «раковина» приводит к водопроницаемости и снижению разрывной нагрузки.

Для каждого последствия порока «раковина» экспертно по 10-балльной шкале определили балл значимости S, причем 10 баллов соответствует наиболее значимому по ущербу пороку.

Рассмотрим последствия порока «раковина»:

1 Так как при увеличении водопроницаемости теряется одна из основных функций тентового материала – защита от осадков, но это последствие не приводит к нарушению требований безопасности и экологии, этому последствию присваивается балл значимости, равный 8.

2 Так как при снижении разрывной нагрузки не возникает нарушения требований безопасности и экологии, но снижен уровень эффективности тентового материала и потребитель неудовлетворен, то этому последствию присваивается балл значимости, равный 7.

Затем, согласно приведенному алгоритму, для каждой потенциальной причины порока экспертно определяют балл возникновения O, который изменяется от 1 для самых редко возникающих пороков, до 10 – для пороков, возникающих почти всегда. Балл возникновения соответствует вероятности возникновения порока.

Вероятность возникновения дефекта – количественная оценка доли продукции (от общего ее выпуска) с дефектом данного вида; эта доля зависит от предложенной конструкции технического объекта и процесса его производства.

Рассмотрим причины возникновения порока «раковина»:

1 Возможность отклонения температуры от заданных требований умеренная (случайные пороки), следовательно, балл возникновения равен 6.

2 Возможность отклонения толщины штриха от требований нормативной документации высокая (повторяющиеся пороки), следовательно, балл возникновения равен 8.

Для данного порока и каждой отдельной причины определяют балл обнаружения D, который соответствует вероятности обнаружения дефекта и изменяется от 10 для практически не обнаруживаемых пороков (причин) до 1 – для практически достоверно обнаруживаемых пороков (причин).

Вероятность обнаружения дефекта – количественная оценка доли продукции с потенциальным дефектом данного вида, для которой предусмотренные в

технологическом цикле методы контроля и диагностики позволят выявить данный потенциальный дефект или его причину в случае возникновения [2].

Рассмотрим причины потенциального порока «раковина»:

1 Вероятность обнаружения отклонения температуры от заданных требований действующими методами контроля слабая, следовательно, балл возникновения равен 6.

2 Вероятность обнаружения отклонения толщины штриха от требований нормативной документации действующими методами контроля умеренная, следовательно, балл возникновения равен 5.

После получения экспертных оценок S, O, D вычисляют приоритетное число риска (ПЧР):

$$ПЧР = S \times O \times D.$$

Для пороков, имеющих несколько причин, определяют соответственно несколько ПЧР. Каждое ПЧР может иметь значения от 1 до 1000. Для приоритетного числа риска должна быть заранее установлена критическая граница (ПЧРгр) в пределах от 100 до 125.В нашем случае FMEA-командой установлено значение ПЧРгр = 120. Для причины отклонение температуры от заданных требований ПЧР = 288, а для причины отклонение толщины штриха от требований нормативной документации ПЧР = 280.

Оба значения ПЧР превышают установленное значение ПЧРгр, значит, именно для них следует вести доработку производственного процесса. Команда должна предпринять усилия к снижению этого расчетного показателя.

Все причины, последствия порока, а также экспертно выставленные баллы заносят в протокол анализа (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Протокол анализа порока тентового материала «Раковина»

Вид потенциального порока	Последствие потенциального порока	Балл S	Потенциальная причина порока	Балл O	Первоначально предложенные мерыпо обнаружению порока	Балл D	ПЧР
Раковина	1 Увеличение водопроницаемости	8	1 Отклонение температуры	6	Визуально	6	288
	2 Снижение разрывной нагрузки	7	2 Отклонение толщины штриха	8	Регулировка зазора между ножевой раклей и подложкой с применением специальных щупов	5	280

Разработка корректирующих действий

В результате рассмотрения альтернативных конструкций и технологических решений было предложено:

– использовать автоматическое регулирование температуры в термокамере;

– использовать автоматизированное управление зазором между ножевой раклей и подложкой.

После того как действия по доработке определены, необходимо оценить и записать значения баллов значимости S, возникновения O и обнаружения D для нового предложенного варианта конструкции и (или) технологического процесса. Следует проанализировать новый предложенный вариант и подсчитать значение нового ПЧР.

Результаты расчета сведены в протокол анализа (таблица 2.7). В результате проведения FMEA-анализа установлено, что для снижения приоритетного числа риска возникновения порока тентового материала «раковина» необходимо внести изменения в методы контроля температуры в термокамере и зазора между ножевой раклей и подложкой. В службу технического директора были направлены рекомендации по использованию автоматического регулирования температуры в термокамере и автоматизированного управления зазором между ножевой раклей и зазором.

Таблица 2.7 – Протокол анализа порока тентового материала

Вид потенциального порока	Последствие потенциального порока	Балл S	Потенциальная причина порока	Балл O	Первоначально предложенные меры по обнаружению порока	Балл D	ПЧР
Раковина	1 Увеличение водопроницаемости	8	1 Отклонение температуры	6	Использование автоматического регулирования температуры	2	96
	2 Снижение разрывной нагрузки	7	2 Отклонение толщины штриха	8	Использование автоматического регулирования зазора	2	112

Полученные значения ПЧР меньше ПЧРгр, максимальное значение ПЧР для порока «раковина» снижено до 112.

Данные из таблиц 2.6 и 2.7 сведены в общий протокол анализа (рисунок 2.3).

Протокол анализа видов, причин и последствий потенциальных пороков тентового материала

Объект анализа тентовый материал

Вид изделия, год выпуска ТМП-2-У, 2005 г.

Изготовитель конечной продукции ОАО "Искож"

Область применения:

совершенствование технологического процесса

Служба, ответственная за проведение FMEA ОУК

Планируемые сроки проведения FMEA:

начало 1.02.2005 г. окончание 31.03.2005 г.

Действительные сроки проведения FMEA:

начало 1.02.2005 г. окончание 5.04.2005 г.

Код/номер протоколаFMEA

Стр. _____ из _____

Руководитель группы зам.тех.директора по производству

Члены команды: начальник ИАЛ

начальник ОУК

начальник УТК

студент-исследователь

Вид потенциального порока	Последствие потенциального порока	Балл S	Потенциальная причина порока	Балл O	Первоначально предложенные меры по обнаружению порока	Балл D	ПЧР	Рекомендуемое изменение	Ответственность и намеченная дата	Результат работы				
										Предпринятые действия	Новые значения баллов			
											S	O	D	ПЧР
равномерная	1. Увеличение водопроницаемости	8	1. Отклонение температуры	6	Визуально	6	288	Использование автоматического регулирования температуры	Технический директор	Рекомендации службе технического директора	8	6	2	96
	2. Снижение разрывной нагрузки	7	2. Отклонение толщины шприха	8	Контроль зазора между ножевой рамкой и подложкой с применением специальных щупов	5	280	Использование автоматического регулирования зазора между ножевой рамкой и подложкой	Технический директор	Рекомендации службе технического директора	7	8	2	112

Рисунок 2.3 Общий протокол анализа пороков тентового материала

2.6 Дополнительные сведения об использовании FMEA-анализа при проектировании продукции

Анализ форм и последствий отказов является инструментом управления качеством, который наиболее часто применяют на этапе проектирования. При выполнении этого анализа стараются определить скрытые (неочевидные) формы возможных отказов, а также суровость возможных последствий (риск) для потребителей или пользователей продукции. В связи с этим особо большое значение приобретают вопросы обеспечения надежности продукции, т.е. решение вопросов, связанных с возникновением проблем, симптомы которых могут развиваться только после того, как продукция попала к пользователю.

Следует обратить внимание на то, что в рамках FMEA-анализа используется термин «форма отказа», а не механизм отказа [2]. При использовании этого инструмента управления качеством не предполагается осуществление прямого анализа причин отказа. Предполагается лишь прогнозирование результатов появления этого симптома (отказа), в частности того, насколько серьезны (суровы) будут последствия этого отказа. По этой причине в некоторых книгах, опубликованных на английском языке, этот инструмент называют Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA), что обычно переводится как «Анализ форм, последствий и критичности отказов».

Рассмотрим конкретный пример, вносящий ясность по этому вопросу. Объектом исследования в этом примере [2] является кардиостимулятор, который имеет в своей конструкции определенный транзистор, посредством которого сначала усиливаются электрические импульсы, стимулирующие и задающие ритм работы сердца, а затем подаются в тело пациента. Кардиостимулятор хирургическим путем имплантируется в тело пациента в области грудной клетки. FMEA- и FMECA-анализы не рассматривают непосредственные механизмы возможных отказов транзистора, а принимают во внимание только возможные формы отказов, т.е. возникающие при этом симптомы (проявления) отказов.

Механизмы отказа транзистора могут быть связаны, например:

– с отрывом проводника,

– с попаданием влаги,

– с локальным перегревом транзистора,

– со старением транзистора и т.п.

Однако независимо от механизма отказа, возможны только три формы отказа транзистора, а именно:

− обрыв цепи;

− короткое замыкание;

– снижение коэффициента усиления.

В задачу FMECA-анализа входит выяснение последствий и критичности каждой из этих трех возможных форм отказа транзистора. Анализ форм, последствий и критичности отказов должен дать оценку потенциальной опасности каждой из возможных форм и последствий, в частности:

– третья форма отказа, связанная с изменением частоты и амплитуды импульсов (из-за изменения коэффициента усиления), может ухудшить состояние пациента и потребовать дополнительного хирургического вмешательства для замены кардиостимулятора;

– первая и вторая формы отказов (обрыв цепи или короткое замыкание) могут иметь фатальные (катастрофические) последствия.

В результате FMECA-анализа может возникнуть необходимость в перепроектировании продукции или изделия с целью повышения надежности, например, за счет включения в конструкцию кардиостимулятора дублирующего транзистора.

3 МЕТОД ТАГУТИ

3.1 Основные элементы философии качества Тагути

Известный японский ученый Г. Тагути в 1950-1980-е годы предложил ряд методов оптимизации проектирования продукции и производства, которые позволяют существенно улучшить их качество и широко используются в ряде стран, особенно в Японии и США. К числу наиболее авторитетных фирм, использующих методы Тагути, относятся Toyota, Ford, General Electric, AT&T. В основе данных методов лежат известные статистические методы (статистическое планирование экспериментов, метод оптимума номинала [7] и др.). Не все математические предпосылки, лежащие в основе его методов, признаются специалистами бесспорными [8].

Однако, поскольку методы Тагути являются многоступенчатыми, предполагают ряд проверок и корректировок, но эти недостатки не снижают их эффективности.

К числу наиболее известных идей Тагути относятся следующие.

1 Качественными считаются только такие изделия, характеристики которых полностью совпадают с их номинальными значениями по чертежу. Любое отклонение приводит к потерям в стоимостном выражении, пропорциональным квадрату этого отклонения. Эта зависимость потерь от отклонений от номинала была названа функцией потерь качества (ФПК) и используется для выбора до-

пусков на продукцию, обеспечивающих равенство потерь производителя и потребителя.

2 При проектировании изделие и процесс производства можно сделать робастными, то есть устойчивыми, нечувствительными к различным помехам при эксплуатации и производстве изделия. Главная ответственность за качество лежит на разработчике изделия, а не на организаторах производства.

3 Критерием правильности проектирования является предсказуемость модели объекта проектирования, которая оценивается отношением сигнал/шум и минимизацией дисперсии выходной характеристики объекта (рассчитывается с помощью дисперсионного анализа).

4 Проектирование изделия и процесса производства следует производить в 3 этапа: системное проектирование; параметрическое или оптимальное проектирование; проектирование допусков.

5 Для идентификации параметров изделия и процесса следует использовать статистическое планирование экспериментов, в том числе ортогональные планы. Ортогональными планами эксперимента называются такие планы, которые при одновременном варьировании факторов позволяют оценить влияние каждого из них на показатель качества, независимо от влияния остальных.

К числу наиболее важных принципов Тагути в области качества можно отнести следующие.

1 Важная мера качества изделия – общие потери, которые несет из-за него общество.

2 В конкурентной экономике условиями выживания в бизнесе являются одновременные непрерывные улучшения качества продукции и снижение затрат на ее производство и эксплуатацию.

3 Программа непрерывного улучшения качества включает непрерывное уменьшение разбросов выходных характеристик изделия относительно их заданных номинальных значений.

3.2 Модели процессов по Тагути

На рисунке 3.1 показана блок-схема изделия, которая может быть также использована для представления производственного процесса или даже коммерческой системы [1].

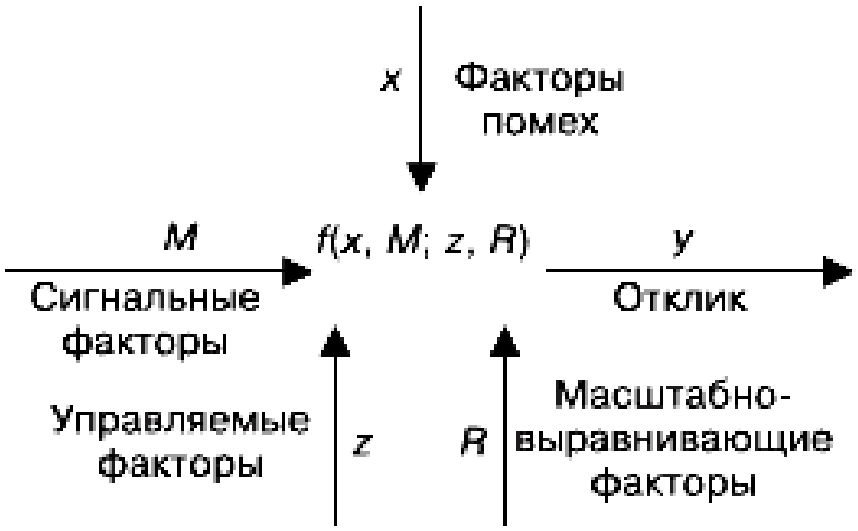


Рисунок 3.1 – Блок-схема изделия (процесса)

Отклик обозначен как y. Факторы, влияющие на отклик, могут быть разбиты на 4 следующих класса.

1 Сигнальные факторы (M) – это факторы (параметры), которые устанавливаются пользователем или оператором для того, чтобы достичь заданного значения выходной характеристики или выразить желаемый выход. Например, угол поворота руля является сигнальным фактором для механизма управления автомобилем. Установка рычага управления скоростью на вентиляторе и значения 0 и 1, передаваемые в системах связи, – также примеры сигнальных факторов. Сигнальные факторы отбираются инженером на основе инженерных знаний. Иногда используются в комбинации несколько сигнальных факторов. Например, один из них может быть использован для грубой настройки, а другой – для тонкой настройки.

2 Управляемые факторы (z) – это набор параметров изделия, за чьи значения ответственен разработчик. Каждый из управляемых факторов может принимать несколько значений, которые называют уровнями. Цель процесса проектирования – определить наилучшие уровни этих факторов. Для определения наилучших уровней можно использовать разные критерии, например можно максимизировать стабильность и робастность проектирования при поддержании минимальных затрат.

3 Масштабно-выравнивающие факторы (R) – это специальные виды управляемых факторов, которые можно легко регулировать для достижения желаемого функционального соотношения между сигнальным фактором и откликом y.

Например, передаточное число в механизме управления автомобилем можно легко отрегулировать на стадии проектирования изделия для того, чтобы достичь желаемой чувствительности радиуса поворота к изменению угла поворота руля.

Пороговое напряжение в цифровой связи можно легко отрегулировать для того, чтобы изменить относительные ошибки при передаче нуля и единицы.

4 Факторы помех (x) – это неуправляемые факторы, влияющие на отклик y, и их уровни изменяются для разных единиц изделия, условий окружающей среды и моментов времени. Могут быть известны или определены только статистические характеристики факторов помех, но не их действительные значения.

Существуют 3 типа факторов помех:

1 Внешние относительно изделия, такие как условия нагружения, температура, влажность, пыль, напряжение питания, вибрации, вызванные работающим рядом механизмом, и ошибки человека при эксплуатации изделия.

Внешними относительно процесса факторами являются состояние окружающей среды (загрязнение, влажность, температура, давление и др.), напряжение в электрической сети, вибрации и шум от рядом работающих механизмов и др.

2 Несовершенства производства. К ним относится изменчивость выходных характеристик для различных единиц изделия. Ее возникновение неизбежно в ходе производственного процесса. Примеры несовершенства производства – низкое качество заготовок и полуфабрикатов, оборудования и оснастки, плохая квалификация исполнителей на рабочих местах, ошибки в проектировании процесса изготовления и др.

3 Деградация. В начале эксплуатации все выходные характеристики изделия могут совпадать с заданными значениями, но год от года значения отдельных характеристик могут изменяться, что приводит к деградации свойств.

Это имеет место в отношении и оборудования, и оснастки в процессе производства.

Пусть зависимость отклика y от сигнальных, управляемых, масштабно выравнивающих и связанных с помехами факторов имеет вид:

$$y = f(x, M; z, R).$$

Функция f состоит из двух частей:

1) g(M; z, R) – прогнозируемое и желаемое функциональное отношение между y и M, z, R;

2) e(x, M; z, R) – непрогнозируемая и нежелательная часть этого отношения.

Имеем:

$$y = g(M; z, R) + e(x, M; z, R).$$

Если требуется линейное соотношение между y и M, g должно быть линейной функцией от M. Все нелинейные члены будут включены в e. Влияние всех факторов помех также выражается функцией e.

Цель проектирования – максимизация прогнозируемой части и минимизация непрогнозируемой части с помощью подходящего выбора уровней z и R. В качестве комбинированной меры степени предсказуемости используется отношение средних квадратических отклонений для g(M; z, R) и e(x, M; z, R).

Степень предсказуемости равна

$$\frac{S_g}{Se}.$$

Она не зависит от масштаба. По аналогии с теорией связи берут

$$10\lg\frac{S_g}{Se}$$

и называют эту величину отношением сигнал/шум:

$$(\frac{S}{n}).$$

Это отношение является функцией z и R:

$$\eta'(z,R) = 10\lg\left[\frac{S_g(z,R)}{S_e(z,R)}\right].$$

Условием оптимального соотношения управляемых факторов при заданных значениях факторов помех Г. Тагути предлагает считать максимальное значение отношения, обозначенное Z(θ), так как максимизация η′(z, R) (или Z(θ)) приводит к минимизации непрогнозируемой части модели изделия или процесса.

Для неотрицательной выходной непрерывной характеристики с фиксированными заданным значением Г. Тагути определил 3 типа отношения для трех типов функции потерь, определяемых тем обстоятельством, какое заданное

значение y является наилучшим: как можно меньшее, как можно большее или некоторое конечное. Предположим, что ряд y1, y2 … yn представляет множество значений выходной характеристики y. Тогда отношение, по Тагути, обозначаемое здесь как Z(θ), может быть записано следующим образом.

1 Как можно меньшее заданное значение y является наилучшим:

$$Z(\theta) = -10\lg\frac{1}{n\sum y_i^2}.$$

2 Как можно большее заданное значение y является наилучшим:

$$Z(\theta) = -10\lg\frac{1}{n\sum\frac{1}{y_i^2}}.$$

3 Некоторое конечное заданное значение y является наилучшим:

$$Z(\theta) = -10\lg\frac{\bar{y}^2}{s^2},$$

где

$$\bar{y} = \frac{\sum_i^n y_i}{n}, \quad s^2 = \frac{\sum_i^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}.$$

4 Если выходная характеристика оценивается в двоичной шкале, такой как «хорошо – плохо», то Г. Тагути рекомендует следующую выходную статистику:

$$Z(\theta) = 10\lg\left[\frac{p}{1-p}\right],$$

где p – доля значений «хорошо».

3.3 Этапы и методы проектирования изделий и процессов по Тагути

Тагути ввел трехстадийный подход к установлению номинальных значений параметров изделия и процесса и допусков на них: системное проектирование, параметрическое проектирование и проектирование допусков [1].

Системное проектирование – процесс применения научных и инженерных знаний к разработке модели изделия. Модель изделия определяет начальные значения параметров изделия (или процесса). Системное проектирование включает учет как требований потребителя, так и производственных условий. Изделие не будет удовлетворять требованиям потребителя, если они не учитываются при проектировании. Подобным же образом проектирование процесса изготовления требует понимания условий производства.

Параметрическое проектирование рекомендуется выполнять в два этапа:

• определение уровней управляемых факторов (Z), которые минимизируют чувствительность ко всем факторам помех (x). Это собственно параметрическое проектирование;

• оптимизация значений Z в найденной области их изменения с учетом факторов помех. Это оптимальное проектирование.

Проектирование допусков – процесс определения допусков вблизи номинальных значений, которые идентифицированы с помощью параметрического и оптимального проектирования.

Методику параметрического проектирования путем использования нелинейных влияний параметров изделия или процесса на выходные характеристики рассмотрим на примере, приведенном в работе [1].

Пусть имеется электрическая схема. Рассмотрим в качестве ее выходной характеристики выходное напряжение схемы и его заданное значение y_0. Предположим, что выходное напряжение схемы главным образом определяется коэффициентом усиления транзистора Z в цепи и разработчик схемы свободен в выборе номинального значения этого коэффициента усиления.

Допустим, что влияние коэффициента усиления транзистора на выходное напряжение нелинейно (рисунок 3.2).

Чтобы получить выходное напряжение y_0, разработчик схемы может выбрать номинальное значение коэффициента усиления транзистора Z_0. Если действительное значение коэффициента отклоняется от номинального значения Z_0, выходное напряжение отклонится от y_0. Коэффициент усиления транзистора может отклониться от Z_0 из-за несовершенства производства транзистора, деградации схемы в течение срока службы и внешних факторов.

Если распределение коэффициента усиления транзистора такое, как показано на рисунке 3.2, выходное напряжение будет иметь большой разброс. Один путь уменьшения вариации выхода – использовать дорогой транзистор, коэффициент усиления которого имеет более узкое распределение вблизи Z_0. Другой путь – выбрать иное значение коэффициента усиления. Например, если но-

минальное значение этого коэффициента Z_1, то выходное напряжение будет иметь значительно меньший разброс. Однако среднее значение y_1 выходного напряжения, связанное с коэффициентом усиления транзистора Z_1, далеко отстоит от заданного значения y_0.

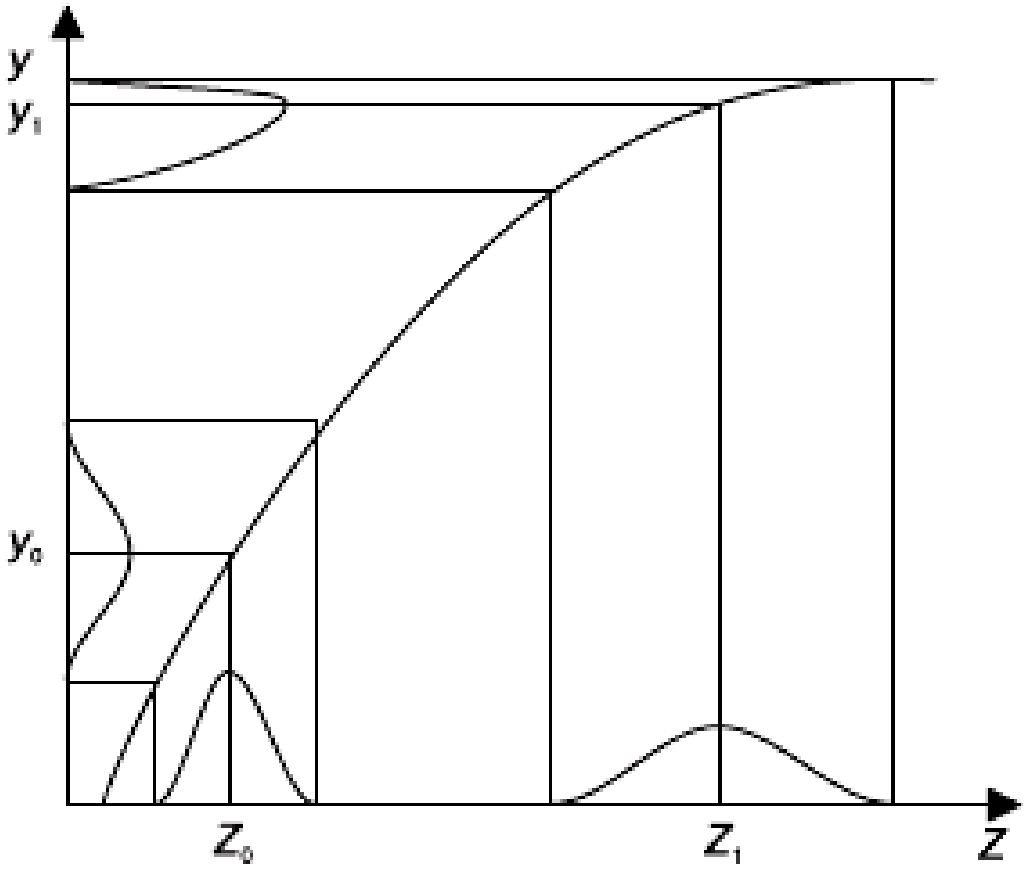


Рисунок 3.2 – Схема выбора рационального значения управляемого фактора Z при нелинейной взаимосвязи отклика y с Z

Предположим, что существует другой элемент схемы (например, резистор), который линейно влияет на выходное напряжение, и разработчик схемы может выбрать номинальное значение этого элемента так, чтобы сдвинуть среднее значение от y_1 к y_0. Подгонка среднего значения выходной характеристики к ее заданному значению – обычно более легкая техническая задача, чем уменьшение вариации выхода. Когда схема разработана таким образом, что номинальное значение коэффициента усиления транзистора Z равно Z_1, можно использовать недорогой транзистор, имеющий широкое распределение около Z_1. Конечно, это изменение необязательно улучшит разработку схемы, если будет связано с увеличением разброса других выходных характеристик схемы.

После выбора номинальных значений управляемых факторов (параметров

проектирования) необходимо оценить влияние на них тех факторов помех, которые могут систематически варьироваться. Такое исследование Г. Тагути рекомендует выполнить с помощью статистического планирования экспериментов при использовании ортогональных планов (рисунок 3.3).

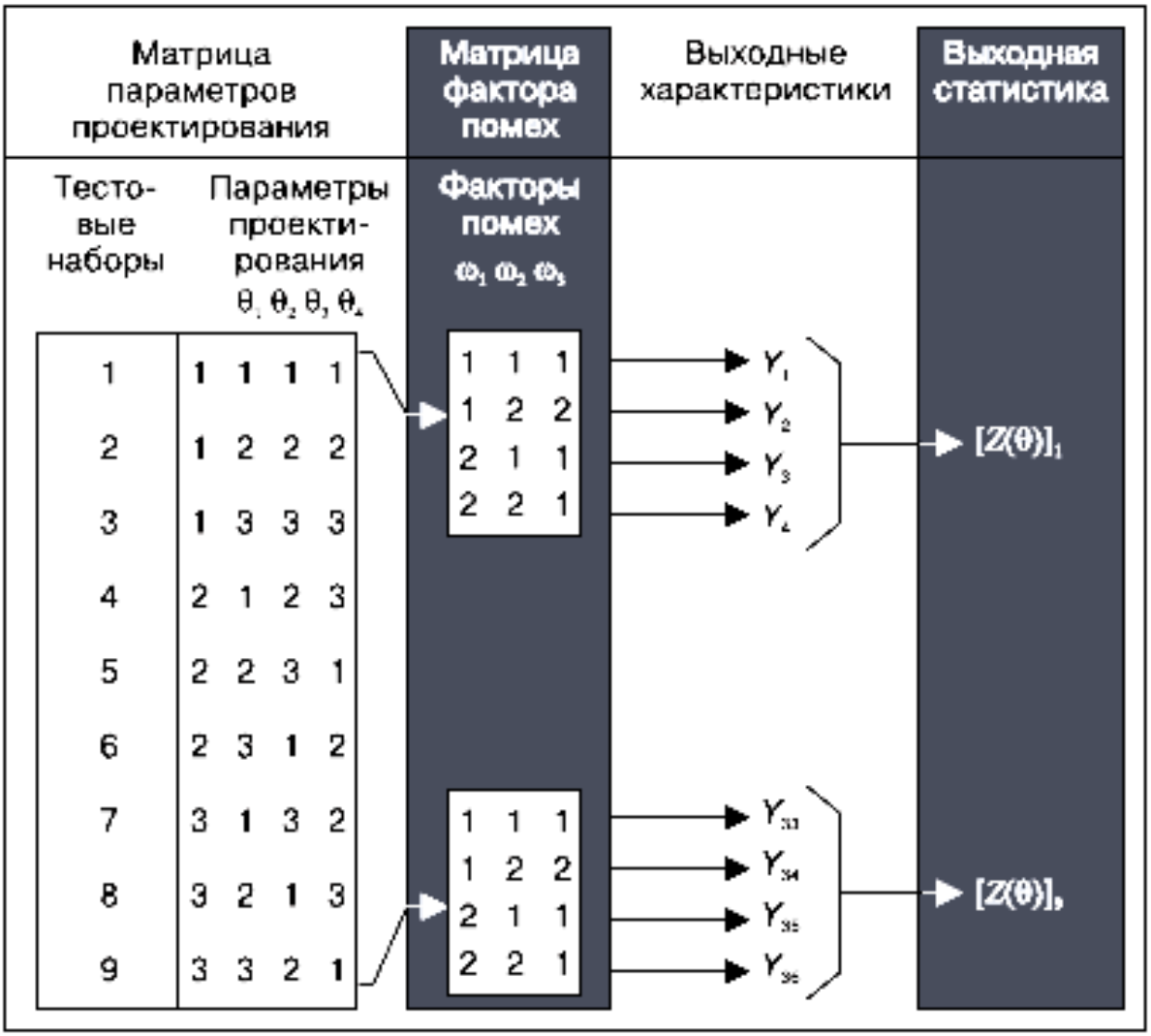


Рисунок 3.3 – Схема планирования экспериментов при оптимизации параметров проектирования с учетом влияния факторов помех

Цель указанного эксперимента – идентифицировать такие значения параметров проектирования, при которых влияние факторов помех на выходную характеристику минимально. Эти значения определяются путем систематического варьирования значений параметров проектирования в эксперименте и сравнения влияния факторов помех для каждого тестового набора.

Эксперименты с параметрами проектирования, по Г. Тагути, связаны с двумя матрицами: матрицей параметров проектирования и матрицей факторов помех. Матрица параметров проектирования определяет их тестовые значения. Ее столбцы представляют параметры проектирования, а строки – различные комбинации тестовых значений параметров. Матрица факторов помех пред-

ставляет тестовые уровни факторов помех. Ее столбцы составляют факторы помех, а строки — различные комбинации уровней помех. Полный эксперимент связан с комбинированием матрицы параметров проектирования и матрицы факторов помех (рисунок 3.3). Каждый тестовый набор матрицы параметров проектирования сочетается со всеми строками матрицы факторов помех, и в результате для каждого тестового набора получаются 4 промежуточных значения характеристики, отвечающих 4 комбинациям уровней помех в матрице факторов помех. Результирующая выходная характеристика оценивается для всех промежуточных значений, полученных для каждого из 9 тестовых наборов. Таким образом, вариация множества значений выходной характеристики имитирует вариацию выхода изделия (или процесса) для заданных значений параметров проектирования.

В случае непрерывных выходных характеристик множество результатов наблюдений для каждого тестового набора матрицы параметров проектирования используется для вычисления критерия, называемого выходной статистикой. Выходная статистика позволяет оценить влияние факторов помех. Вычисленные значения выходной статистики используются для оценки оптимальных значений параметров проектирования. Оценка затем проверяется в эксперименте. Исходные значения параметров проектирования не изменяются, если подтверждается достоверность оценки. Может потребоваться несколько серий таких экспериментов с параметрами проектирования, чтобы идентифицировать значения параметров, для которых влияние факторов помех достаточно мало.

В качестве выходной статистики, как показано в пункте 3.2, используются отношение сигнал/шум, которое с учетом поставленной задачи вычисляется по одной из выше приведенных формул. Критерием оптимальности параметров проектирования, как уже отмечалось, является максимальное значение отношения сигнал/шум.

Эксперименты с параметрами проектирования можно осуществить двумя способами: физические эксперименты, расчеты на компьютере. Второй способ реализуем, если имеется численное представление функции $y = f(z, x)$, связывающей выходную характеристику y с параметрами проектирования z и факторами помех x.

Г. Тагути рекомендует использовать статистическое планирование экспериментов для 4 различных целей.

1 Идентификация значений параметров проектирования, при которых влияние источников помех на выходную характеристику минимально.

2 Идентификация значений параметров проектирования, которые уменьшают затраты без ущерба качеству.

3 Идентификация таких параметров проектирования, которые значительно влияют на среднее значение выходной характеристики, но не влияют на ее разброс. Подобные параметры могут быть использованы для изменения среднего значения.

4 Идентификация таких параметров проектирования, влияние которых на выходные характеристики несущественно. Допуски на подобные параметры могут быть ослаблены.

Общая схема оптимального проектирования по Г. Тагути показана на рисунке 3.4.

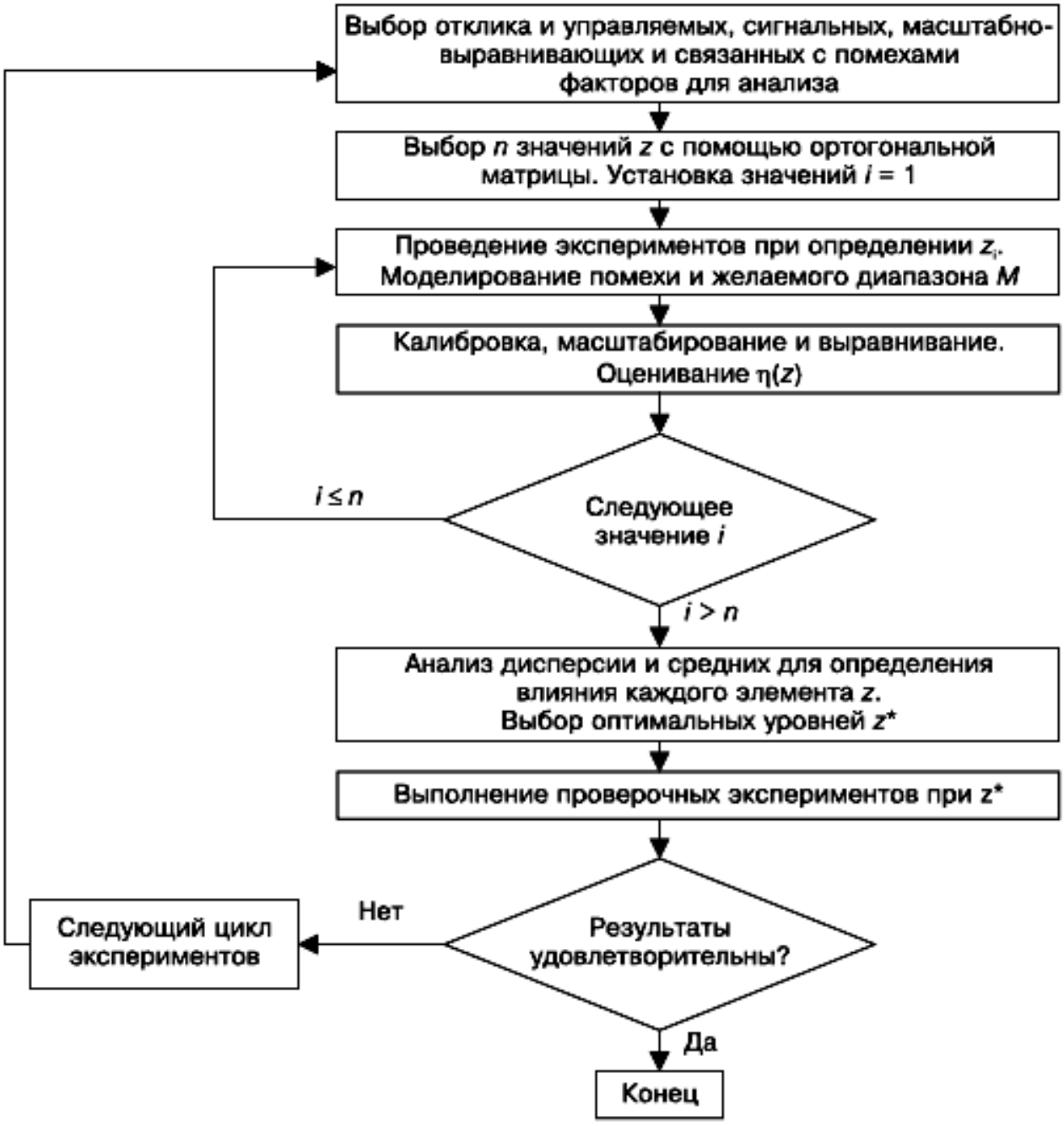


Рисунок 3.4 – Схема оптимального проектирования по Тагути

Эксперименты по оптимизации могут проводиться на объекте или моделироваться с помощью программного обеспечения и математической модели изделия. Они начинаются с выбора отклика, который нужно оптимизировать, и 4 типов факторов (управляемых, сигнальных, масштабно-выравнивающих и связанных с помехами) для анализа. С помощью ортогональной матрицы затем отбирается совокупность n значений управляемых факторов z. Для каждого отобранного значения $z(z_i)$ проводятся эксперименты посредством моделирования помехи x и желаемого диапазона M. Эксперименты, проводимые на основе ортогональных матриц, обеспечивают эффективные способы покрытия пространства помех и сигналов. Следующий шаг – калибровка, масштабирование и выравнивание для оценивания величин $\frac{S}{n}$, $\eta(z_i)$.

Отметим, что на практике нет необходимости определять наилучшее значение масштабно-выравнивающего фактора R для каждого z_i. Достаточно определить $\eta\ (z_i)$.

После оценивания $\eta\ (z_i)$ для i = l, ..., n проводится анализ средних и дисперсий для определения влияния каждого элемента z на η. Эта информация затем используется для выбора оптимальных уровней z, которые обозначаются z*.

Следующий шаг – проверочный эксперимент при z*. Если результаты удовлетворительные, оптимизация заканчивается. Если нет, то проводится повторный анализ данных и/или следующий цикл экспериментов.

4 СТРУКТУРИРОВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА (СФК)

4.1 Цели, области применения, эффективность и средства СФК

Метод структурирования функции качества (СФК), который еще называют развертыванием функции качества (Quality Function Deployment – QFD), разработан в Японии. Его цель – обеспечить требования потребителей при планировании и проектировании продукта, а также при проектировании технологии изготовления и производства продукции. Реализуется СФК на стадиях планирования и проектирования, что в соответствии с «правилом 10-кратных затрат» значительно снижает расходы на обеспечение качества [1] .

Метод СФК используется на всех 4 этапах создания продукции: планирования, проектирования, процесса и производства (рисунок 4.1), причем результаты применения СФК на всех этапах взаимосвязаны. Выход первого этапа (характеристики продукта в целом) является входом второго этапа. Выход второго

этапа (характеристики компонентов продукта) является входом третьего этапа. Выход третьего этапа (параметры технологического процесса) является входом четвертого этапа. Выходом четвертого этапа являются характеристики оборудования и оснастки, средства и методы контроля качества продукта.

Переход от этапа к этапу рекомендуется повторять до тех пор, пока не будет полной уверенности в том, что учтены основные пожелания потребителя, установлены важнейшие характеристики продукта, технологии его производства, средств изготовления и контроля, обеспечивающие удовлетворение потребностей потребителя не только в данный момент, но и на определенную перспективу. Использование метода СФК на всех этапах создания продукции позволяет реализовать такие важнейшие принципы управления качеством, как ориентация на потребителя и принятие решений, основанные на фактах. СФК обеспечивает также воплощение в жизнь концепции качества, исповедуемой TQM, – не исправлять брак, а предупреждать его.

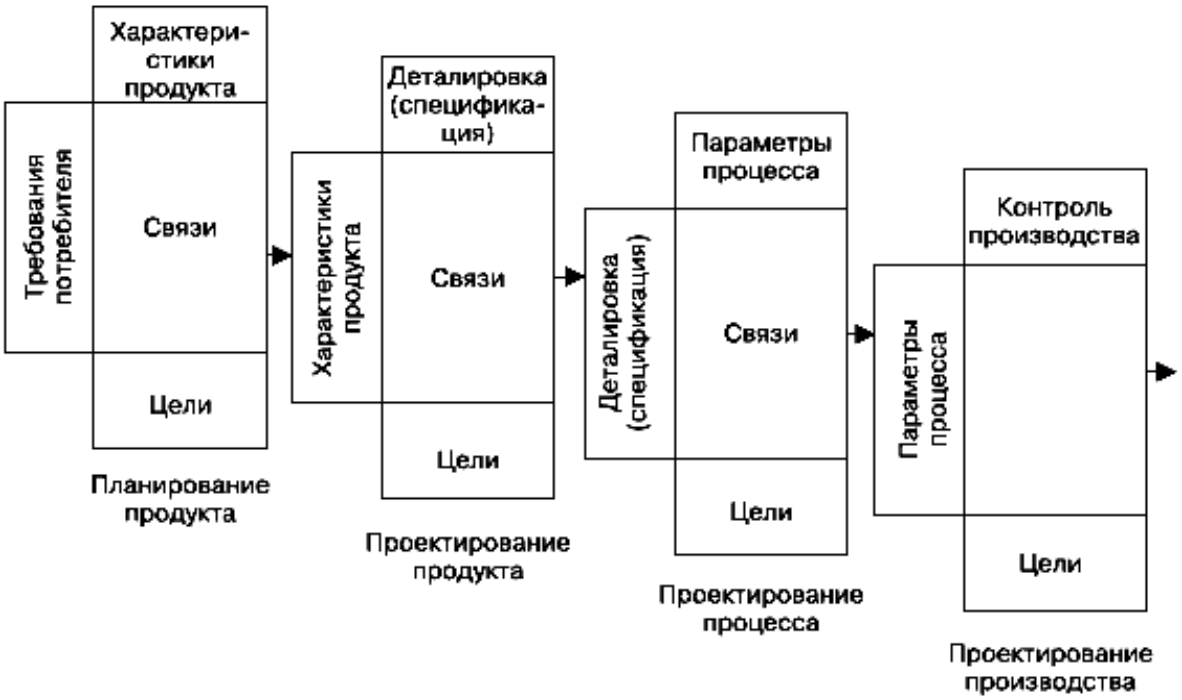


Рисунок 4.1 – Четыре этапа СФК

В основе метода СФК лежат 4 из 7 новых инструментов контроля качества, которые по существу являются инструментами управления качеством. К ним относятся диаграмма сродства, диаграмма связей, древовидная диаграмма, матричная диаграмма. При этом наибольшую роль при построении «Дома качества», лежащего в основе СФК, играет последний метод.

4.2 Методика СФК

Методику СФК рассмотрим на примере реализации метода на этапе планирования продукции. Это один из наиболее сложных и ответственных этапов производства новой продукции, задачей которого является преобразование требований потребителей к продукции в ее технические (инженерные) характеристики.

СФК, или построение «Дома Качества», производится в 8 этапов. Рассмотрим их на примере проектирования новой модели автомобиля [1].

Первый этап СФК – определение потребительских требований (ПТ) к новой конкурентоспособной продукции.

Организация (фирма), которая планирует новую продукцию, должна установить, на какой сегмент рынка данной продукции она претендует (например, на рынок дешевых автомобилей с объемом двигателя 1,5-2 л). Затем следует определить круг возможных потребителей этой продукции (молодежь до 25 лет, пенсионеры, мелкие предприниматели и т.п.). Такая выборка, которая хорошо представляет всех возможных потребителей продукции, называется репрезентативной. Для определения ПТ в ней проводится опрос.

В результате опроса получается список ПТ к планируемой продукции. Он может иметь разную длину и достигать нескольких сотен требований. Пример такого списка показан на рисунке 4.2.

	Потребительские требования
1	Хочу тратить минимум бензина
2	Чтобы быстро ездил
3	Красивый
4	Безопасный
5	Удобно сидеть
6	Просторно в кабине
7	...

Рисунок 4.2 – Потребительские требования

Второй этап СФК — ранжирование потребительских требований, для чего необходимо оценить рейтинги потребительских требований, которые были определены на первом этапе. Требования потребителей всегда противоречивы, и нельзя создать продукцию, отвечающую всем потребительским требованиям. Имея четкое представление о том, какие требования необходимо удовлетворить обязательно, а какими можно в известной степени поступиться, фирма должна найти компромисс. Для ответа на этот вопрос следует упорядочить список потребительских требований по степени важности. В результате получается еще

один столбец с некоторыми числами, указывающими, какое место по важности занимает в этом ряду каждое из требований (рисунок 4.3)

	Потребительские требования	Рейтинг
1	Хочу тратить минимум бензина	9
2	Чтобы быстро ездил	7
3	Красивый	8
4	Безопасный	6
5	Удобно сидеть	6
6	Просторно в кабине	4
7	…	

Рисунок 4.3 – Рейтинг потребительских требований

На **третьем этапе СФК** команда специалистов по проектированию данной продукции составляет список важнейших инженерных характеристик (ИХ) разрабатываемой продукции. Пример такого списка, оформленного в виде столбцов, показан на рисунке 4.4.

Инженерные характеристики	Масса автомобиля	Прочность материала корпуса	Время разгона до 100 км/ч	Цвет отделки салона	Высота салона, см	…

Рисунок 4.4 – Инженерные характеристики легкового автомобиля

На четвертом этапе СФК производится оценка степени тесноты парных взаимосвязей между ПТ и ИХ. Источниками такой оценки являются:

- здравый смысл, теоретические представления;
- экспертное суждение;
- наблюдения, практический опыт;
- специальные исследования.

Обычно различают сильные, средние или слабые связи, которым присваивают веса 9, 3, 1 соответственно. Такие веса дают ощутимое различие между важными и менее важными взаимосвязями.

Таблицы ПТ и ИХ располагают рядом, как это показано на рисунке 4.5. Пересечение продолжений строк и столбцов этих таблиц образуют матрицу

связей между ПТ и ИХ. В клетках матрицы размещают символы степени тесноты связи, если такая связь имеет место. Если связь отсутствует, клетка матрицы на пересечении данного ПТ и какого-то ИХ остается пустой (рисунок 4.5).

			Инженерные характеристики					
			Масса автомобиля	Прочность материала корпуса	Время разгона до 100 км/ч	Цвет отделки кабины	Высота салона	...
	Потребительские требования	**Рейтинг**						
1	Хочу тратить минимум бензина	9	•	△	•			
2	Чтобы быстро ездил	7	○	△	•			
3	Красивый	8				•		
4	Безопасный	6		○	○		△	
5	Удобно сидеть	6					•	
6	Просторно в кабине	4					•	
7	...							

Сильная связь — •

Средняя связь — ○

Слабая связь — △

Рисунок 4.5 – Взаимосвязи ПТ и ИХ

Степень тесноты линейной связи между двумя параметрами оценивается, как известно, коэффициентом парной корреляции r_{xy}, который может принимать значения в интервале ±1. Значение r_{xy} дает больше информации о характере и степени тесноты взаимосвязи между x и y, чем такие оценки, как сильная, средняя или слабая связь; но на данном этапе такая информация не требуется. Сильной связи соответствуют значения $r_{xy} = \pm 1$, средней связи – $r_{xy} = \pm 0{,}5$, слабой связи – $r_{xy} = \pm 0{,}1$.

Японские специалисты рекомендуют обозначать степень тесноты взаимосвязи символами, так как с таблицей СФК будут работать специалисты в разных отделах фирмы с разным уровнем математической подготовки.

Символы делают таблицу одинаково понятной для всех.

Данный этап наиболее сложный и трудоемкий. Как показывает японский опыт, его продолжительность колеблется от квартала до полутора лет. В результате этого этапа становится ясно, какие ИХ наиболее важны для потребителя. Однако и те характеристики, которые якобы не важны для потребителей, могут быть

необходимы для нормального функционирования изделия, поэтому не все, что не добавляет ценности потребителю, должно быть исключено из списка ИХ.

Пятый этап СФК посвящен анализу парных взаимосвязей между ИХ и определению направления изменения каждой характеристики для обеспечения требуемых значений ПТ. Значение каждой характеристики может увеличиваться (↑) или уменьшаться (↓). Характеристикой взаимосвязи между значениями ИХ может быть, как и на предыдущем этапе, степень тесноты взаимосвязи или характер взаимосвязи. Характер взаимосвязи между двумя факторами, как известно, может быть положительным (+, с ростом одного фактора второй также увеличивается) или отрицательным (- , с ростом одного фактора второй уменьшается). Для анализа взаимосвязей между ИХ удобно использовать корреляционную матрицу (рисунок 4.6).

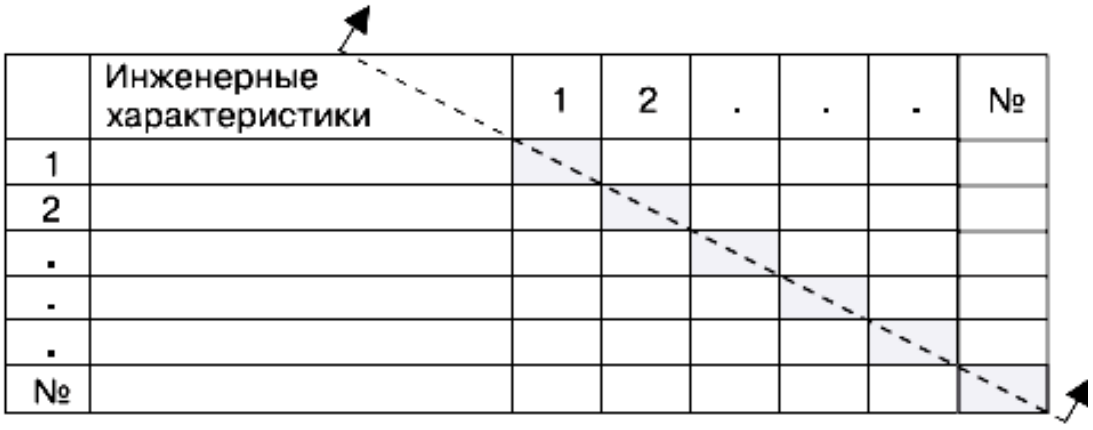
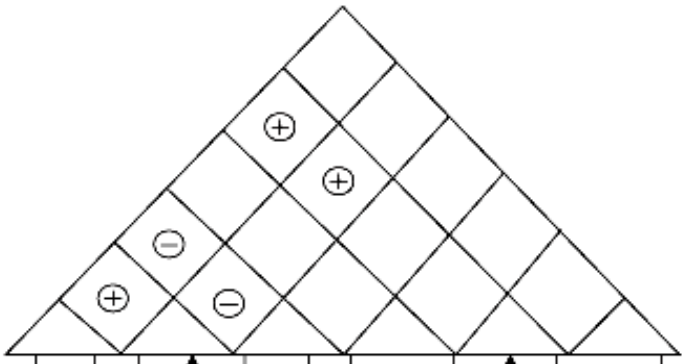


Рисунок 4.6 – Корреляционная матрица ИХ

В клетках этой таблицы располагают символы тесноты или характера взаимосвязи между парами ИХ. Содержание таблицы выше или ниже ее диагонали (на рисунке эта диагональ показана штриховой линией) одинаково, поэтому в дальнейшем при построении «Дома качества» используется половина этой таблицы, которая играет роль крыши. Часть этого Дома показана на рисунке 1.7. Для выполнения данного этапа используют источники информации, аналогичные тем, которые применялись на предыдущем этапе. Выполняется данный этап обычно инженерными службами самой фирмы. Нередко направления изменения их характеристик противоречат характеру связи между ними. Так, в нашем случае (рисунок 4.7) желание уменьшить массу автомобиля при одновременном увеличении высоты салона противоречит положительному характеру связи между этими показателями. Понятно, что при увеличении высоты салона при прочих равных условиях масса автомобиля возрастет. Значит, здесь нужен либо компромисс (ограничения на изменения ИХ), либо изменение других характеристик автомобиля.



	Потребительские тебования	Рейтинг (баллы)	Масса автомобиля	Прочность материала корпуса	Время разгона до 100 км/ч	Цвет отделки кабины	Высота салона	…	
			Инженерные характеристики						
1	Хочу тратить минимум бензина	9	•	△	•				
2	Чтобы быстро ездил	7	○	△	•				
3	Красивый	8				•			
4	Безопасный	6		○	○		△		
5	Удобно сидеть	6					•		
6	Просторно в кабине	4					•		
7	…								
Абсолютный вес (важность), ИХ			102	34	162	72	96		Σ466
Относительный вес ИХ, %			21,9	7,3	34,8	15,4	20,6		Σ100
Единица измерения ИХ			кг	МПа	с		см		

Рисунок 4.7 – Структура 5 и 6 этапов СФК

На шестом этапе СФК определяются абсолютная и относительная важность каждой из ИХ. Абсолютный вес каждой ИХ определяется как суммы скалярных произведений рейтинга каждого ПТ на вес связи этого ПТ с данной ИХ. Относительный вес (важность) каждой ИХ находят как отношение ее абсолютного веса к сумме всех абсолютных весов ИХ, в процентах. Относительный вес ИХ позволяет установить, какая из ИХ наиболее важна для потребителей, дает возможность ранжировать ИХ по этому критерию. Как видно на рисунке 4.7, в нашем примере наиболее важным для потребителей оказалось время разгона до скорости 100 км/ч. Это может быть связано с тем, что большая часть покупателей данного типа автомобилей — молодые люди.

К указанным двум строкам в основании «Дома качества» добавляем строку размерностей ИХ.

Так мы начали строительство подвала «Дома качества». После завершения его создания мы должны установить цели проектирования нового изделия – значения ИХ, которые обеспечат конкурентоспособность изделия.

На **седьмом этапе СФК** определяются технические и экономические трудности смещения ИХ в нужную сторону. Эта оценка выполняется экспертами по любой шкале, часто пятибалльной. Чем больше трудность реализации смещения ИХ, тем выше балл. Эти баллы записывают в нижележащих строках таблицы в подвале «Дома Качества» (рисунок 4.8).

На восьмом этапе СФК производится сравнение степени реализации ПТ и уровней ИХ нашей фирмы с ее ближайшими конкурентами А и В, а также определение требуемых значений ИХ новой продукции (целей). Сравнение с конкурентами (бенчмаркинг) производится по уже выпускаемой нашей фирмой продукции. При создании принципиально новой продукции или при создании новой фирмы этот метод неприемлем или приемлем не полностью. В качестве конкурента А выбирается фирма, у которой рыночная доля чуть больше нашей. В качестве конкурента В – фирма с рыночной долей чуть меньше нашей. Они обе представляют для нас потенциальную опасность. Сравнение может производиться по фактическим значениям ПТ и ИХ, достигнутых нами и конкурентами А и В, или по экспертным оценкам степени реализации ПТ и фактических значений ИХ. На рисунке 4.8 показан пример бенчмаркинга с помощью экспертных оценок по пятибалльной шкале.

Завершает построение «Дома качества» определение требуемых значений каждой из ИХ в новом изделии (целей), обеспечивающих конкурентоспособность этого изделия. Для этого у нас имеется основная информация: направления изменений ИХ, связи между ними, роль каждой из них с точки зрения потребителя, технические и экономические возможности необходимого изменения ИХ, значения ИХ и ПТ или их экспертные оценки у наших ближайших

конкурентов. Все это обеспечивает оптимизацию решений и, как было показано выше, их высокую эффективность на уровне фирмы.

При принятии решений СФК-командой могут быть использованы такие методы, как FMEA (анализ последствий и причин отказов) и стоимостный анализ.

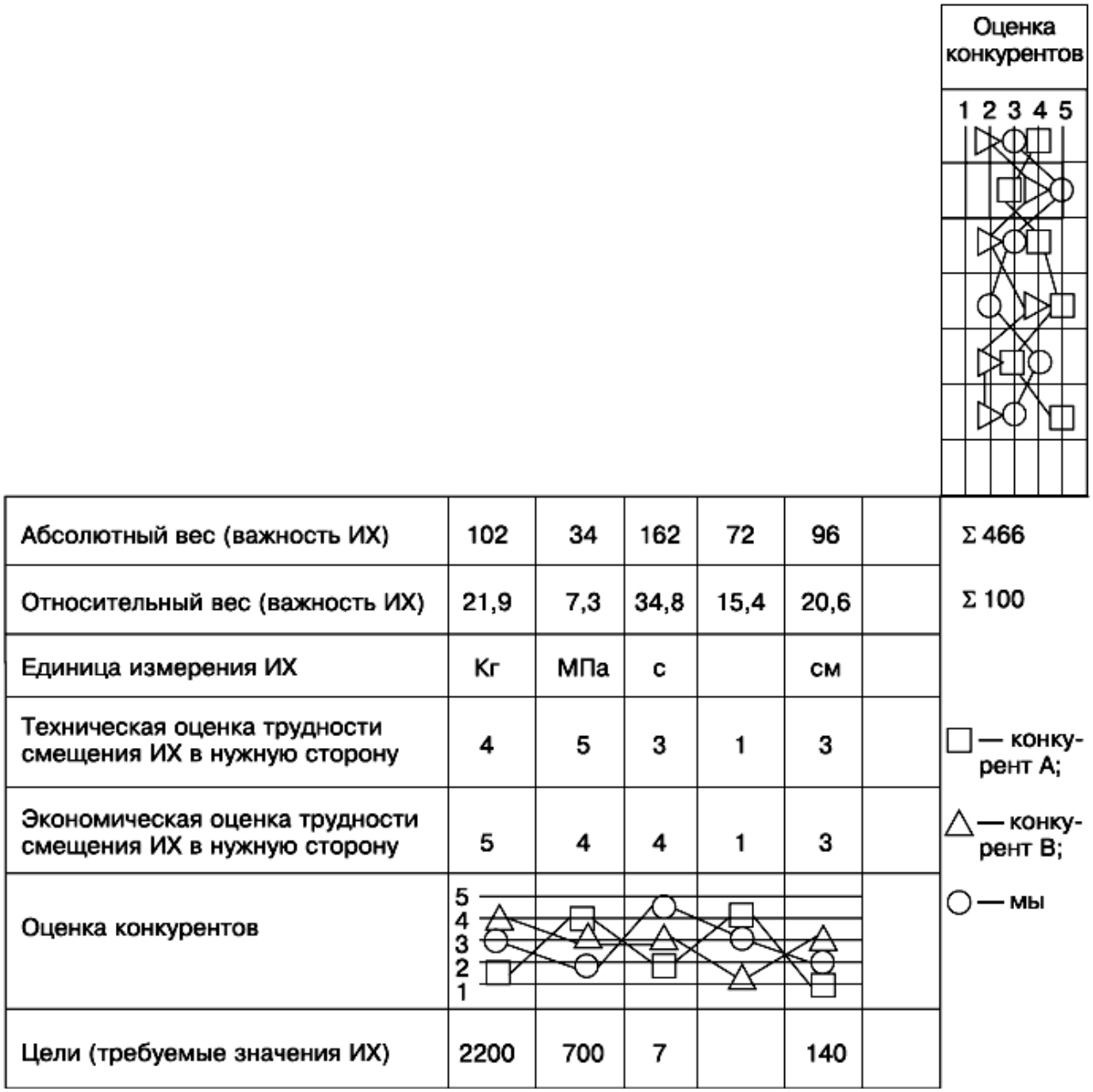


Рисунок 4.8 – Структура 7 и 8 этапов СФК

В целом метод СФК позволяет не только формализовать процедуру определения основных характеристик создаваемого продукта с учетом пожеланий потребителя, но и принимать обоснованные решения по управлению качеством процессов создания нового продукта.

«Развертывая» качество на начальных этапах жизненного цикла продукта в соответствии с нуждами и пожеланиями потребителя, удается избежать (или, по крайней мере, свести к минимуму) корректировку параметров продукта после его появления на рынке, а следовательно, обеспечить высокую ценность и одновременно относительно низкую стоимость продукта (за счет сведения к минимуму непроизводственных издержек).

5 МЕТОДОЛОГИЯ «ШЕСТЬ СИГМ»

5.1 Методология «Шесть Сигм»

«Шесть сигм» (six sigma) – популярная концепция управления, направленная на улучшение качества работы организации. Эта концепция была разработана в 1980-х годах компанией Motorola с целью снижения отклонений в процессах производства электронных компонентов. В основу были положены статистические методы управления процессами и работы японского специалиста в области качества Genichi Taguchi.

Методология «Шесть сигм» служит для измерения и повышения производительности компании посредством определения и выявления дефектов в процессах производства или предоставления услуг [9].

В современном понимании «Шесть сигм» рассматривается и как философия, и как методология, и как набор инструментов совершенствования работы. Она применяется в организациях различных сфер деятельности – промышленных предприятиях, медицинских учреждениях, банках, транснациональных корпорациях и пр.

Термин «Шесть сигм», который используется в названии концепции, означает стандартное отклонение случайной величины от среднего значения. Этот термин применяется в математической статистике. Случайная величина может быть охарактеризована двумя параметрами – средним значением (обозначается символом мю – μ) и стандартным среднеквадратическим отклонением (обозначается символом сигма – σ).

Если в качестве случайной величины рассматривается параметр качества процесса, то с помощью среднего значения и стандартного отклонения можно оценить вероятную долю дефектов процесса. Для этого предварительно необходимо установить верхнюю и нижнюю границы поля допуска параметра качества. Чем больше будет поле допуска, тем больше будет доля годной продукции этого процесса. Чем больше будет значение сигма, тем меньше доля годной продукции.

Чтобы повысить долю годной продукции, необходимо для заданного поля допуска стремиться уменьшить значение сигмы, тем самым увеличив количество σ, укладываемых в поле допуска (рисунок 5.1).

В том варианте, где от среднего значения до ближайшей границы поля допуска уместилось шесть значений сигм, количество дефектных изделий процесса может составлять 3,4 на один миллион. В том варианте, где уместилось три значения сигм, возможное количество дефектных изделий процесса – 66807 на один миллион.

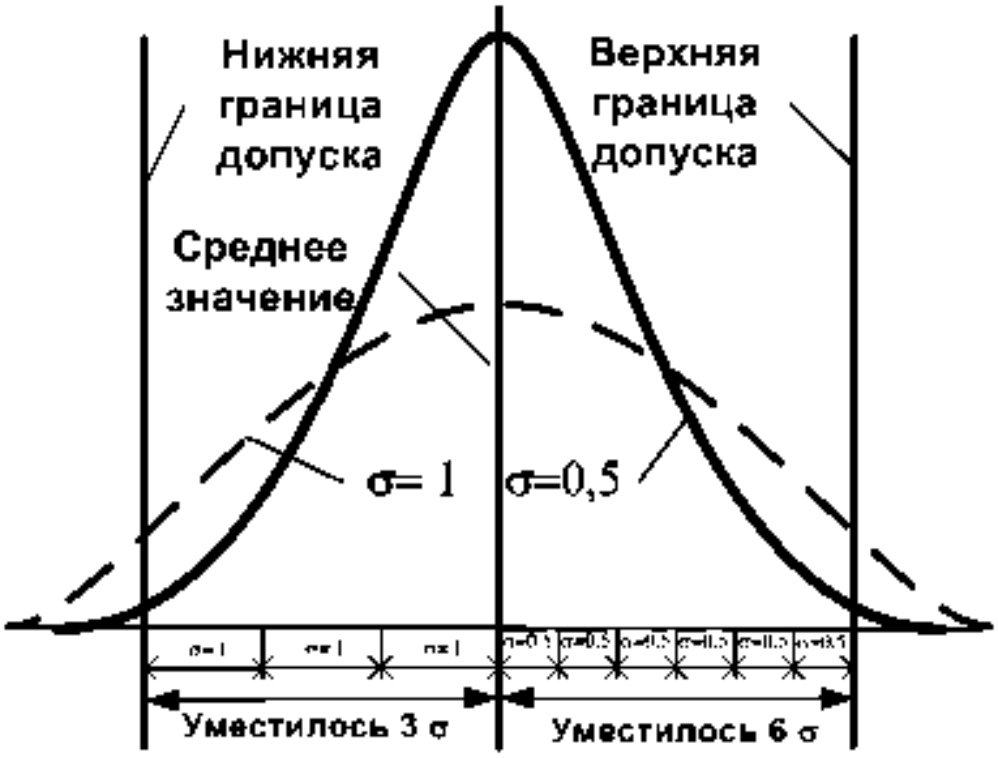


Рисунок 5.1 – Схема использования принципа «Шесть сигм»

Суть концепции шесть сигм заключается в том, чтобы, применяя различные методы и инструменты управления процессами, добиться снижения значения стандартного отклонения при заданном поле допуска.

Часто под «Шестью сигмами» понимают просто меру качества, применяемую для уменьшения количества дефектов в процессе производства или доставки продуктов и услуг (рисунок 5.2).

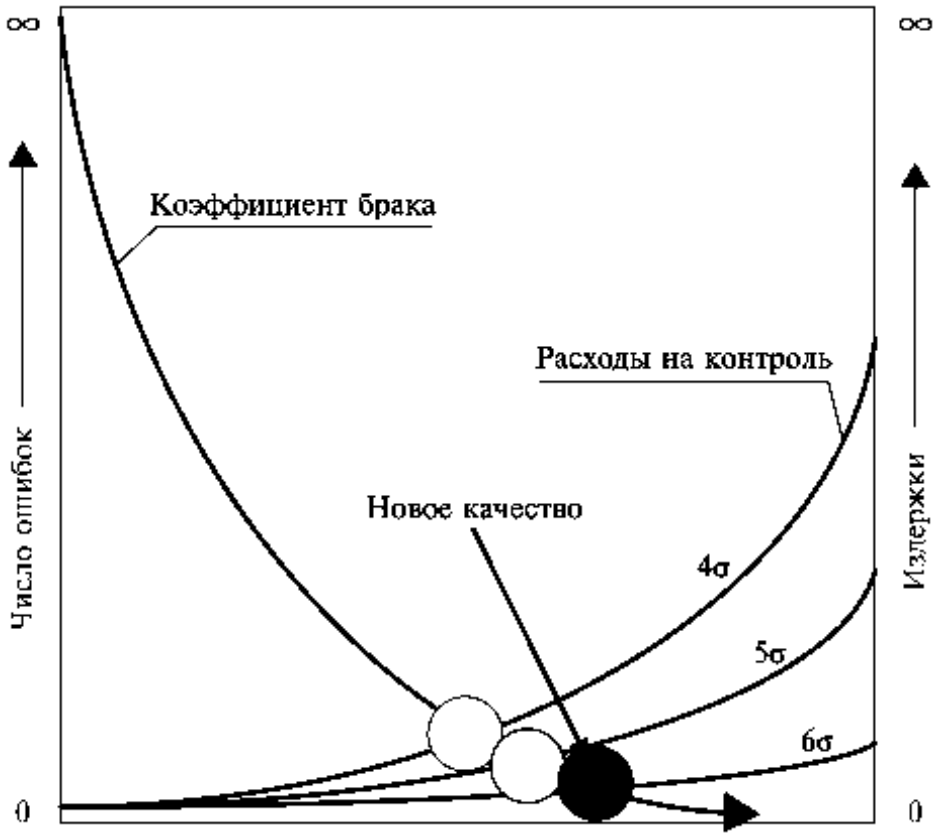


Рисунок 5.2 – Мера качества «Шесть сигм»

«Шесть сигм» как философия

Философия «Шесть сигм» основывается на подходе постоянного совершенствования процессов и снижения количества дефектов. В организации должен быть внедрен подход постоянного совершенствования и улучшения деятельности. Улучшение может осуществляться за счет радикальных изменений (подход реинжиниринга процессов) или за счет незначительных постоянных улучшений (подход кайдзен). Целью улучшений могут быть повышение безопасности продукции, повышение качества, сокращение производственного цикла, улучшение рабочих мест, снижение затрат и пр.

Философия «Шесть сигм» основана на том, что существует прямая корреляция между числом дефектов продукции, увеличением производственных затрат и уровнем удовлетворенности потребителей. В компании RBX Industries [1] создали номограмму характеристик методологии «Шесть сигм», отражающую взаимосвязи между ними и уровень качества различных процессов (рисунок 5.3).

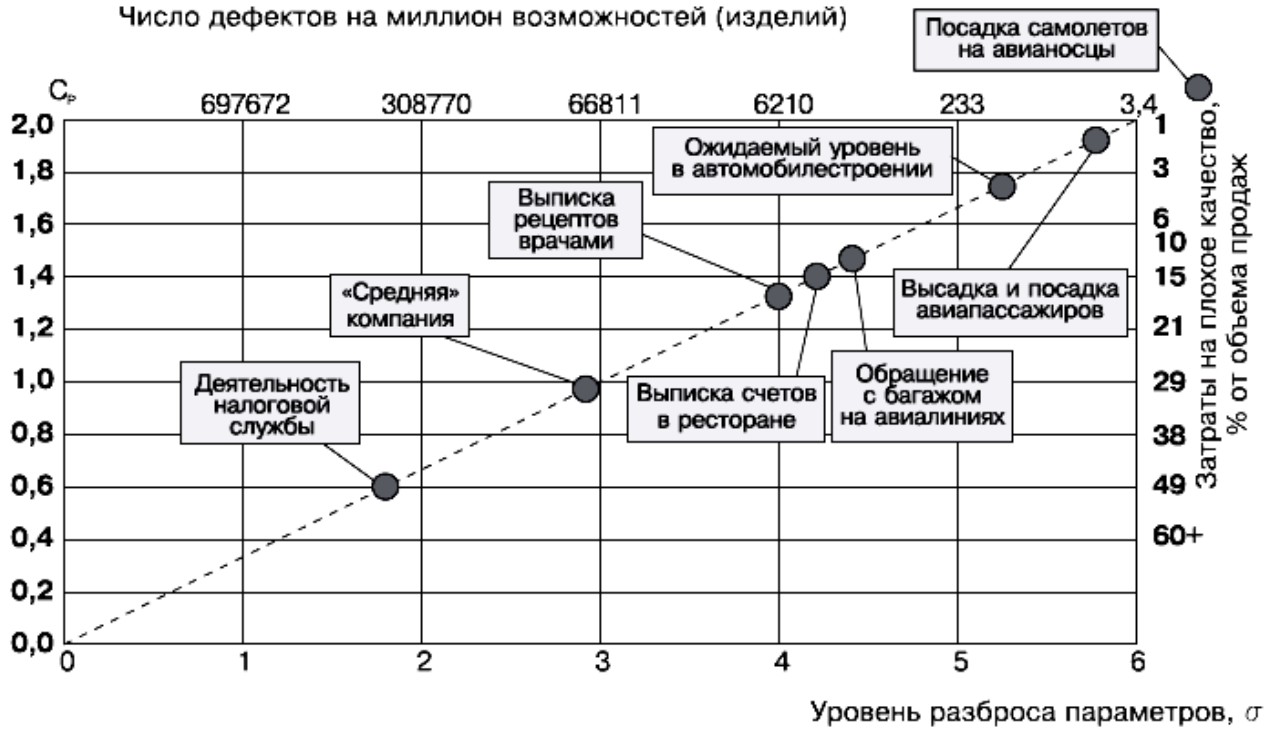


Рисунок 5.3 – Взаимосвязи показателей качества, используемых в методологии «Шесть сигм»

Нижняя горизонтальная ось отражает уровень разброса параметров от 1 до 6σ, а верхняя горизонтальная ось – ожидаемое DPMO. На левой вертикальной оси отображается индекс Ср, принимающий значение от нуля до двух, а на правой вертикальной оси – типичные значения показателя затрат на плохое качество в % от доли продаж (ЗПК).

Диагональная линия соответствует состоянию, когда все эти показатели находятся в однозначной связи друг с другом. Например, уровень разброса параметров в три единицы σ соответствует значению Ср = 1, при этом DPMO равняется 66 811, а ЗПК – 30%. На линии указано несколько конкретных точек, которые помогают пользователям лучше понять эти соотношения и представляют собой хорошую отправную точку для будущих оценок. Для сравнения можно легко нанести на диаграмму значения, достигнутые другими компаниями: среднее значение для отрасли, а также аналогичные показатели, относящиеся к поставщикам, потребителям или конкурентам.

Ключевыми элементами философии «Шесть сигм» являются:

- удовлетворение потребителя. Потребители определяют уровень качества работы. Они ожидают высокое качество продукции, надежность, адекватную цену, своевременную доставку, хорошее обслуживание и пр. В каждом элементе ожиданий потребителя скрыты требования к качеству. Организация должна выявить и удовлетворить все эти требования;

- определение процессов, их показателей и методов управления процессами. Чтобы повышать качество работы, необходимо смотреть на процессы с точки зрения потребителя. Все элементы процессов, не приносящие ценности потребителю, должны быть устранены;
- командная работа и вовлечение персонала. Результаты работы организации – это труд ее сотрудников. Для достижения высокого качества каждый сотрудник должен быть заинтересован в работе и заинтересован в достижении высоких результатов. Заинтересованность сотрудников приводит к повышению удовлетворенности потребителей.

«Шесть сигм» как инструментарий

Для проведения улучшений, совершенствования и управления процессами «Шесть сигм» применяет набор различных инструментов качества. Управление процессами может осуществляться на основе качественных и количественных показателей. В каждой организации может применяться свой набор инструментов. На сегодняшний день инструментарий метода «Шесть сигм» расширился за счет применения этой концепции во многих областях деятельности. Он включает в себя весь набор инструментов качества.

«Шесть сигм» – это своего рода узел, где соединяются наука, технология, качество и рентабельность. При анализе и принятии решений широко используются известные инструменты: диаграммы сродства, диаграмма Парето, диаграмма Исикавы – «рыбий скелет», матричная диаграмма, дираф связи, древовидная диаграмма, функция потерь по Тагути, FMEA анализ и др. Сохраняется преемственность с тем, что было сделано в области качества ранее (стандарты ISO серии 9000, бенчмаркинг, самооценка).

«Шесть сигм» как методология

«Шесть сигм» является процессно-ориентированной методологией, направленной на улучшение работы. Она позволяет совершенствовать все области деятельности.

5.2 Технология «Шесть Сигм»

В основе технологии шесть сигм находятся три взаимосвязанных элемента (рисунок 5.4):

1) улучшение существующих процессов;
2) проектирование новых процессов;
3) управление процессами.

Рисунок 5.4 – Методология «Шесть сигм»

Для совершенствования существующих процессов применяется подход постепенного улучшения. Основное внимание уделяется снижению уровня дефектности. Целью улучшения в концепции «Шесть сигм» является устранение недостатков в организации и исполнении процессов.

Улучшение осуществляется за счет применения пяти последовательных шагов. Эти шаги называются методом DMAIC (первые буквы от английских слов – Define, Measure, Analyze, Improve, Control): определение, измерение, анализ, совершенствование и контроль.

Define. На этапе «определения» (define) ставятся цели и определяются рамки проекта, выявляются основные проблемы процесса, которые должны быть решены для достижения определенного уровня отклонений. Цели могут различаться на разных уровнях организации. Так, например, на уровне высшего руководства это может быть большая отдача от инвестиций или завоевание большей доли рынка. На уровне операций целью может быть увеличение объемов выпуска какого-либо цеха. На проектном уровне – снижение количества брака или увеличение эффективности отдельного процесса.

На этом шаге формируется команда проекта шесть сигм по совершенствованию процесса. Команда наделяется необходимыми полномочиями и ресурсами для работы. Устанавливается ее зона ответственности.

Measure. На этапе «измерения» (measure) происходит сбор информации о текущем состоянии дел для получения данных, характеризующих базовый уровень показателей работы, и для выявления участков, требующих наибольшего внимания. На этом этапе также определяются метрики, позволяющие оценить степень приближения к намеченным целям. Команда проводит анализ со-

бранных данных и выдвигает предварительные предположения о причинах возникающих отклонений в совершенствуемом процессе.

Analyze. В ходе выполнения этого шага команда проверяет предварительные идеи о причинах отклонений в процессах, определяет все причины несоответствий и предлагает методы по устранению выявленных причин. Правильность выбора этих причин проверяется при помощи специальных инструментов анализа данных.

Improve. На этом этапе разрабатываются мероприятия по улучшению процесса и проводится их апробация. На этапе «совершенствования» внедряются решения, ориентированные на устранение основных причин тех проблем, которые были определены на этапе анализа. В число таких решений могут входить средства управления проектами и другие инструменты управления и планирования.

Control. Этот шаг предполагает документирование и стандартизацию улучшенного процесса. Для проверки эффективности мероприятий команда проекта «Шесть сигм» выполняет контроль и мониторинг исполнения процесса и результатов предшествующих этапов. В ходе мониторинга особое внимание уделяется проверке устранения причин несоответствий.

На данном этапе улучшения подкрепляются модификацией системы стимулов и поощрений, наборов правил, процедур, систем MRP, бюджетов, инструкций для персонала и других рычагов управления. Для гарантии корректности документации можно обеспечить, например, ее соответствие спецификации ISO 9000.

Для вновь создаваемых процессов применяется подход, направленный на предвосхищение ожиданий потребителей. Основное внимание уделяется предупреждению появления дефектов в процессах.

Проектирование нового процесса (или перепроектирование существующего) также осуществляется за пять шагов. Метод проектирования (перепроектирования) в концепции 6 сигм называется методом DMADV (первые буквы слов – Define, Match, Analyze, Design, Verify):

Define – определяются цели нового процесса с учетом требований потребителей. Создается команда проекта «Шесть сигм» по проектированию (перепроектированию) процесса.

Match – команда разрабатывает и определяет набор технических характеристик, на основании которых можно определить достижение целей процесса.

Analyze – проводится анализ характеристик проектируемого процесса и разрабатываются предварительные варианты исполнения процесса.

Design – создаются детальные спецификации нового процесса и осуществляется его внедрение в работу организации.

Verify – команда проекта «Шесть сигм» по проектированию процесса выполняет проверку процесса на предмет достижения поставленных целей с учетом заданных характеристик.

Одним из важных элементов методологии «Шесть сигм» является управление процессами, т.к. очень часто в организации одновременно происходит и совершенствование действующих процессов, и проектирование новых. Управление постоянно изменяющимися процессами становится достаточно сложной задачей. В целом методология шесть сигм по управлению процессами не сильно отличается от принятой методологии процессного управления.

Основные элементы управления процессами по методологии «Шесть сигм» включают в себя:

- определение процессов, ключевых требований потребителей и владельцев процессов;
- измерение показателей, характеризующих выполнение требований потребителей и ключевых показателей эффективности процессов;
- анализ результатов полученных измерений и совершенствование механизмов управления процессами;
- контроль исполнения процессов на основе мониторинга «входов» процессов, хода исполнения операций и «выходов» процессов, а также принятие мер по устранению проблем или отклонений от установленных требований.

5.3 Внедрение «Шесть сигм»

Внедрение концепции «Шесть сигм» в любой организации строится на постоянной работе проектных команд и распределении ролей между специалистами. Команды формируются по уровням управления. Как правило, таких уровней всего три – высший уровень управления, уровень управления процессами и уровень управления отдельными задачами. В состав команд входят специалисты с различной «степенью владения» концепцией «Шесть сигм».

Выделяют семь степеней владения данной концепцией:

- Руководство – это высшее руководство организации и владельцы бизнеса. Задача руководства состоит в создании условий для внедрения концепции «Шесть сигм».
- Чемпион – как правило, это представитель высшего руководства организации. Его задача заключается в определении необходимых проектов по совершенствованию процессов, их организация и контроль за ходом исполнения. Он должен принять решение о запуске проекта «Шесть сигм»,

а затем обеспечить его реализацию, устраняя все возможные препятствия и предоставляя требуемые ресурсы.

- Мастер черного пояса – задача этого специалиста заключается в разработке концепции каждого конкретного проекта по совершенствованию процессов. Он определяет ключевые характеристики процессов, проводит обучение черных и зеленых поясов. Мастер черного пояса является «технологом» концепции «Шесть сигм» и внутренним консультантом.
- Черный пояс – руководит командой проекта по совершенствованию отдельного процесса. Может проводить обучение участников команды проекта.
- Зеленый пояс – работает под руководством черного пояса. Он анализирует и решает поставленные задачи, принимает участие в проектах по улучшению качества.
- Желтый пояс – в проекте занимается решением частных задач, отвечает за реализацию небольших проектов по совершенствованию процессов.
- Белый пояс – отвечает за решение отдельных, специальных задач проекта «Шесть сигм».

Термин «Шесть сигм» ввела в практику компания Motorola в середине 80-х гг. XX века. Среди компаний, применяющих эту методологию, — сама Motorola, General Electric, Honeywell, Samsung Electronics, Seagate Technology, Microsoft, Nokia Mobile Phones и др.

Недостатки метода: в методологии «Шесть сигм» упускаются такие возможности для улучшения процесса, как сокращение непроизводительной деятельности, снижение времени ожидания, уменьшение запасов и транспортных расходов, оптимизация рабочих мест и др.

В 2000-е годы широкое применение получило совместное применение концепций «Шесть сигм» и бережливого производства (англ. lean six sigma).

В 2011 году Международная организация по стандартизации выпустила два стандарта серии 13053, посвящённых методологии «Шесть сигм»: ISO 13053-1:2011 «Количественные методы в процессах улучшения. Шесть сигм. Часть 1: методология DMAIC» и ISO 13053-2:2011 «Количественные методы в процессах улучшения. Шесть сигм. Часть 2: инструменты и техники».

6 СИСТЕМА «НОЛЬ ДЕФЕКТОВ»

Система «Ноль дефектов» [2], часто называемая «программа ZD» (от английских слов «Zero Defect»), представляет собой одну из целевых установок концепции TQM (Total Quality Management – Всеобщего управления качества),

направленной на стремление к полному отсутствию дефектов («ноль дефектов»).

Двумя другими целевыми установками системы TQM являются:

– в области затрат – «ноль» непроизводительных затрат;

– в области поставок – поставки заказов точно в срок.

Программу ZD (Zero Defect –«ноль дефектов») в 1964 г. предложил Филипп Кросби. По мнению некоторых американских специалистов, она использует подходы разработанной в 1955 г. в Советском Союзе системы бездефектного изготовления продукции (БИП).

Система ZD – «ноль дефектов» формулируется достаточно жестко: «стандарт работы – ноль дефектов, а не допустимый уровень качества». Безусловно, Кросби понимал, что «ноль дефектов» практически не достижим, но психология работников должна быть такой, чтобы всегда стремиться к этому.

Филипп Кросби также сформулировал 14 принципов в области качества, а также высказал знаменитый афоризм: «Качество – бесплатно» (Quality is Free). Из этого следует, что изготовителю приходится платить не за качество, а за его отсутствие, что должно быть предметом постоянного контроля и анализа. В своей книге «Качество – бесплатно» Ф. Кросби доказывает, что улучшение качества не требует больших затрат, так как на деле повышение качества повышает и производительность, поскольку одновременно снижаются многие статьи затрат, связанные с устранением выявленных дефектов, с переработкой некачественной продукции, предотвращением возврата продукции потребителем и т.д.

Кросби предложил универсальный способ оценки степени компетентности предприятия в решении проблемы качества. Для этой цели он использовал шесть параметров:

1) отношение руководства предприятия к проблеме;
2) статус отдела качества на предприятии;
3) способы рассмотрения проблемы качества;
4) уровень расходов на качество в процентах от общего оборота предприятия;
5) меры по повышению качества;
6) реальное положение с качеством на предприятии.

Программа ZD базируется на следующих концептуальных положениях:

1) упор на предупреждение появления дефектов, а не на их обнаружение и исправление;

2) направленность усилий на сокращение уровня дефектности в производстве;

3) осознание факта, что потребитель нуждается именно в бездефектной продукции и что производитель может и должен именно такую продукцию поставлять своим потребителям;
4) необходимость для руководства предприятия ясно сформулировать цели в области повышения качества на длительный период;
5) понимание того, что качество работы компании определяется не только качеством производственных процессов, но и качеством деятельности непроизводственных подразделений (деятельность таких подразделений рассматривается как оказание услуг);
6) признание необходимости финансового анализа деятельности в области обеспечения и улучшения качества.

Основой успеха программы ZD стал принцип недопустимости изначального установления какого-либо приемлемого уровня дефектности, кроме нулевого.

Как говорилось выше, система ZD – это аналог советской системы БИП (бездефектное изготовление продукции). Таким образом, система БИП как подсистема систем качества использовалась в ряде передовых капиталистических стран. В США эта система носит название «ноль дефектов». Поэтому кратко рассмотрим систему БИП, ее сходства и различия с системой ZD.

Различие систем бездефектного изготовления продукции в нашей стране и за рубежом заключается главным образом в идеологическом подходе: у нас допускается право исполнителя на ошибку, на американских предприятиях такое право не признается.

Главное назначение системы БИП – упорядочение взаимодействий между производственными подразделениями и аппаратом контроля качества продукции. Типовые принципы системы «ноль дефектов» служат на сегодняшний день основой организации систем технического контроля на абсолютном большинстве предприятий и входят, как уже отмечалось, в состав системы менеджмента качества, в которой сама система ZD является подсистемой.

Система БИП позволила впервые ввести количественный критерий оценки качества труда исполнителей и подразделений, выраженный процентом сдачи продукции в отдел технического контроля с первого предъявления и регулирующий уровень стимулирования исполнителей.

В процессе использования системы БИП на ряде предприятий ее принципы распространились с этапа производства на этапы конструкторской и технологической подготовки производства. Качество технической документации с оценкой по сдаче ее проверяющему с первого предъявления стало критерием оценки качества труда конструкторов и технологов.

Важным организующим принципом системы стало обязательное проведение периодических совещаний по качеству в подразделениях и в целом по предприятию, так называемых «Дней качества», на которых подводились итоги работы по качеству продукции, принимались решения по проблемным вопросам обеспечения качества, заслушивались рабочие и специалисты, допустившие брак и т.д.

7. СИСТЕМЫ «ТОЧНО ВОВРЕМЯ» (J I T) И KANBAN («КАНБАН»)

Система «Точно вовремя» [1], что соответствует английскому названию «Just-in-Time», или JIT, – инструмент контроля и управления качеством объекта (продукции, товара или услуги) в условиях TQM, позволяющий производить объект только в том количестве, с тем качеством и в то время, которое требуется непосредственно потребителям (внутренним и внешним).

Суть концепции JIT основывается на системной философии качества, по которой каждая фаза производства должна заканчиваться изготовлением нужной (правильной) детали именно в тот момент, когда она требуется для последующей (потребляющей) операции. При этом, если изготавливаемая деталь будет нужна через час, то она должна быть изготовлена только через час, а не раньше. Согласно концепции JIT, не используемые какое-то время запасы являются непроизводительными расходами и составляют издержки производителя, которые возрастают в зависимости от времени и объема неиспользуемых запасов.

На практике система JIT является вытягивающей системой (pull system) с большей долей самоконтроля всех стадий жизненного цикла объекта. Применение системы JIT позволяет:

1) постоянно улучшать качество и надежность процесса;

2) минимизировать стоимость брака, площадей для организации производства и время от момента получения заказа до его выполнения, называемого на английском языке lead time.

Целями применения системы JIT в компании являются:

– постоянное улучшение качества и надежности процесса;

– минимизация стоимости брака (стоимость изготовления и последующая переработка брака, увеличение объема изготавливаемой качественной продукции);

– минимизация площадей, необходимых для организации производства;

– минимизация времени от момента получения заказа до его выполнения, т.е. минимизация lead time.

Это соответствует основной цели любой компании, работающей в условиях TQM, – обеспечению максимальной ценности продукта (услуги), ожидаемой потребителем, при минимальной его себестоимости. Снижение себестоимости, в свою очередь, может быть обеспечено за счет уменьшения издержек производителя на хранение запасов (сокращение капиталовложений в складские помещения и обеспечение сохранности сырья, материалов, комплектующих и т.д.) и снижения производственных расходов (за счет минимизации непроизводственных расходов).

Важным результатом JIT является дисциплинирующая программа улучшения продуктивности и уменьшения потерь (брака). Система JIT ведет к эффективным действиям в производстве по доставке только требуемых товаров или услуг в правильном количестве, в правильное время и место. Это достигается с минимальным количеством ресурсов: средств, оборудования, материалов, людей. Результаты, полученные американскими компаниями, применившими систему JIT, показаны на рисунке 7.1.

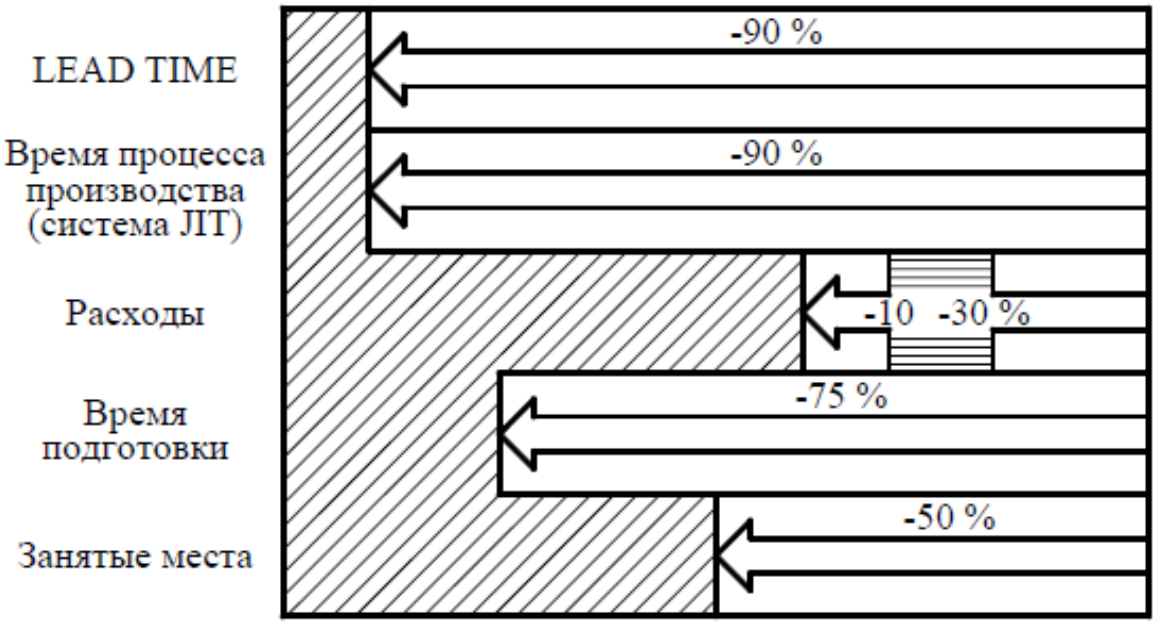


Рисунок 7.1 – Результаты, полученные на американских предприятиях после применения японской системы Just-In-Time

Действие системы JIT можно описать как:

– серию (ряд) действующих положений, позволяющих систематически распознавать проблемы управления с позиции концепции JIT;

– серию основных инструментов управления, позволяющих отслеживать систему JIT.

В качестве примера действующих положений, позволяющих распознавать проблемы управления, могут быть:
– маршрутизация процесса;
– изучение и анализ,
– предупредительная «поддержка»;
– стандартизированные проекты;
– статистический контроль процесса;
– функционально-стоимостной анализ.

Примером инструментов управления являются:
– система JIDOHKA – система автоматической остановки всей линии при обнаружении недостатков;
– система ANDON – система управления, в которой путем световой сигнализации можно отслеживать ход выполнения производственного процесса и при необходимости вмешиваться в него.

Конечная цель системы JIDOHKA – остановить и устранить любой вид брака. Поэтому при возникновении любой проблемы лучше остановить линию (машину), чем продолжать производство. Остановка может производиться автоматически за счет датчиков, установленных на каждом станке, или вручную каждым оператором, когда он считает остановку линии необходимой. Действия, связанные с применением системы JIDOHKA, имеют следующую последовательность:
– остановка линии;
– проверка оборудования и контакт оператора с лицом, отвечающим за линию;
– совместная проверка недостатка и выявление причин его появления;
– передача информации по линии;
– принятие необходимых мер и запуск линии.

Как нетрудно заметить, применение системы JIDOHKA временно снижает производительность, т.е. количество изготовленных деталей. Но, во-первых, лучше остановить линию, чем производить брак, а во-вторых, время восстановления работы линии, как правило, сравнительно небольшое и компенсируется улучшением работы линии.

Проблемы можно решать, когда можно видеть рабочее состояние наблюдаемого процесса. Поэтому необходимо, чтобы вся работа производственной линии была видна. Эту задачу и решает система ANDON.

Система ANDON представляет собой табло, на котором изображена производственная линия. Световая сигнализация, сопровождающая изображение рабочего состояния линии на табло, позволяет следить за ходом ее работы.

Для успешного осуществления «визуального управления» необходимо придерживаться пяти основных правил*:*

– исключить из информации на табло все то, что не нужно;
– предварительно решить, куда, как и в каком количестве нужно разместить требуемые процессом материалы;
– унифицировать контейнеры системы KANBAN и определить используемый номер контейнера;
– готовые изделия должны иметь всю информацию производства;
– строго следить за соблюдением предыдущих правил.

Систему JIT можно применять также в непроизводственных административных областях, например, используя внешние стандарты как «справочные» точки. Система JIT позволяет решить следующие управленческие проблемы:
1) управление движением материалов (остановки, отвлечения, возвраты, что всегда коррелируется с отклонениями процесса от нормы);
2) контроль накопления материалов на отдельных операциях или в подразделениях компании;
3) обеспечение гибкости процесса (система JIT абсолютно необходима для поддержания гибкости действий и проектов);
4) управление усилиями по добавлению ценности (выявление того, что делается, но не добавляет ценности для потребителей).

Следует отметить, что система JIT предполагает длительный подготовительный период (5-7 лет), что связано с решением различных проблем культурного и организационного характера.

Проблемы культурного характера – это проблемы, связанные с общим изменением идеологии всех сотрудников компании, включая и ее руководителей, при переходе на работу в условиях TQM.

Проблемы организационного характера связаны с пересмотром организации работы на всех участках компании, что в итоге влияет на изменение их планировки (например, расстановки оборудования) и видов работы некоторых сотрудников компании.

Несмотря на длительный подготовительный период, система JIT в конечном результате позволяет управлять качеством в масштабах всей компании с позиции – все делать вовремя и правильно, обеспечивая для производителя следующие преимущества.
1 Снижение уровня производственных запасов, закупаемых материалов и готовой продукции на складе.
2 Уменьшение занимаемых площадей.
3 Рост качества продукции, снижение уровня брака и переработки.
4 Снижение времени производственного цикла (lead time).
5 Большую гибкость в обеспечении производства.

6 Непрерывное поточное производство с небольшим количеством вмешательств извне благодаря качеству исполнения в заданные сроки и высококвалифицированным, многофункциональным рабочим, которые могут помогать и подменять друг друга.
7 Рост производительности и коэффициента загрузки оборудования.
8 Участие рабочих и служащих в решении проблем.
9 Хорошие взаимоотношения с потребителем.

Практической реализацией системы JIT является система KANBAN («Канбан»).

В основе системы KANBAN лежит вытягивание подразделением фирмы более высокого уровня в технологической цепочке комплектующих изделия из подразделения, предшествующего данному в технологической цепочке.

Слово kanban в переводе с японского означает «сигнал» или «видимая запись». Когда, например, при сборке появляется потребность в комплектующих (с поправкой на время, необходимое для их доставки или/и изготовления), с помощью Р-карт (от англ. production — «производство») и С-карт (от англ. convergence — «схождение в одной точке», «отбор и передача»), а также «измерительного блока» (унифицированного для всего производства контейнера и/или электрокары) посылается запрос на производственный участок или в службу снабжения, и они поставляют необходимое количество комплектующих в указанный срок.

Система JIT может успешно работать без системы KANBAN, однако система KANBAN невозможна без системы JIT. Метод «точно в срок» применяется в различных сферах, но наиболее наглядным примером является крупное конвейерное производство.

Рассмотрим метод управления «точно в срок» на примере производства компании Toyota. Цель производственной системы, построенной по методу «точно в срок», – гибкая перестройка производства при изменении спроса. Метод «точно в срок» представляет собой информационную систему, обеспечивающую оперативное регулирование произведенной продукции на каждой стадии производства. На рисунке 7.2 представлена схема традиционной организации производства, а на рисунке 7.3 – схема организации производства по методу «точно в срок».

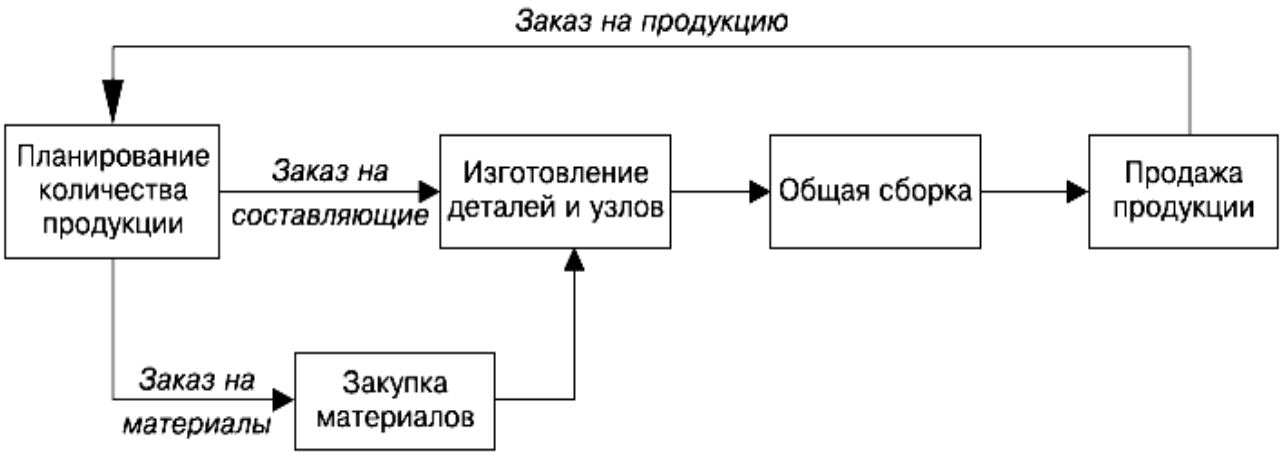


Рисунок 7.2 – Схема традиционной организации производства

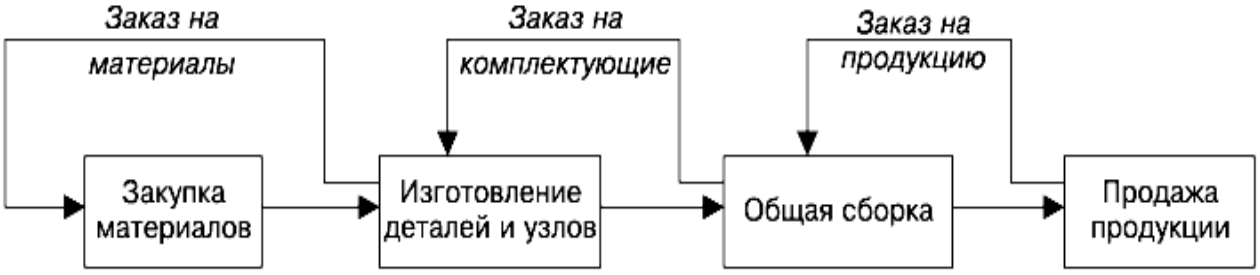


Рисунок 7.3 – Схема организации производства по методу «точно в срок» («Канбан»)

Традиционная система планирования функционирует по принципу «выталкивания» заранее определенной партии деталей или узлов на последующие операции, не учитывая, нужны ли они там фактически в таком количестве и в данное время. Система «точно в срок» построена на прямо противоположном принципе.

Ритм работы, объем и номенклатуру находящихся в производстве деталей и узлов определяет не заготовительное звено (первое звено производственной цепочки), а линия общей сборки (последнее звено производственной цепочки). Вход и выход в системе как бы меняются местами: если в традиционной схеме на выходе получается только то, что вошло на входе, то в «Канбан» входит в производство только то, что требуется на выходе. С линий общей сборки по всей технологической цепи поступают требования на вход.

На практике это означает, что продукция изготовляется как раз к моменту реализации: готовые автомобили – к моменту продажи, комплектующие детали и узлы – к моменту сборки готового изделия, отдельные детали – к моменту сборки узлов, материалы – к моменту изготовления деталей.

Если система «точно в срок» действует во всей фирме, то становятся ненужными запасы материалов. Они могут быть полностью ликвидированы, что приведет к устранению складских помещений и запасов. С экономической точки зрения запасы материалов играют роль носителей издержек, замороженных денег. Затраты на содержание производственных запасов снижаются, а следовательно, уменьшаются объемы издержек на производство. В результате повышается оборачиваемость капитала.

Работая по методу «точно в срок», в отличие от традиционного подхода, производитель не имеет законченного плана и графика. Он жестко связан не с общим планом, а с конкретным заказом цеха-потребителя и оптимизирует свою работу не вообще, а в пределах этого заказа. Конкретный график работы на декаду и месяц отсутствует. Каждый предыдущий в технологической цепочке исполнитель может знать, что он будет производить, только тогда, когда продукция поступила на последующую обработку. Конкретный график последовательности работы получают только линии окончательной сборки, которые раскручивают клубок информации в обратную сторону. Иначе говоря, графики производства не пересматриваются, а формируются движением карточек «точно в срок». Такой график производства связан с тем, что до снятия карты отбора продукции графика изготовления фактически не было. Производство постоянно находится в состоянии настройки, осуществляется его системная юстировка под изменение рыночной конъюнктуры. На предприятии не ощущаются изменения плана, так как план производства формируется на каждый день.

Система KANBAN была внедрена, в частности, в корпорации Toyota Motor и позволила сократить производственные запасы на 50%, а товарные – на 80%.

Средний производственный цикл выпуска одной партии конкретной модели легкового автомобиля в фирме Toyota составляет 2 дня, что в 5 раз меньше, чем в среднем в США. Эта система позволяет резко снизить себестоимость за счет ликвидации излишних запасов сырья, комплектующих и рабочей силы.

8 СИСТЕМА «УПОРЯДОЧЕНИЕ», ИЛИ «5S»

8.1 Цели, создание и развитие системы

Если руководство предприятия решило повысить его эффективность, улучшить качество продукции, то первым шагом в этом направлении является наведение чистоты и порядка на всех рабочих местах (как в производственных подразделениях, так и в офисах). Следствием этого должно стать повышение

производительности, качества труда и дисциплины в коллективе. Именно эти цели преследует система «Упорядочение». После ее освоения предприятие может переходить к более сложным методам, таким как TPM (производительное обслуживание оборудования с участием всего персонала), система менеджмента качества на основе стандартов ISO 9000, TQM (Всеобщее управление на основе качества) и др.

Авторами системы «Упорядочение» являются В.Е. Растимешин и Т.М. Куприянова, сотрудники Всероссийского центра охраны труда (г. Москва)

В основе системы «Упорядочение» лежит созданная более 50 лет назад японская система «5S», одним из авторов которой является известный японский теоретик и практик организации производства К. Исикава. В системе «Упорядочение» учтены также опыт применения отечественной теории научной организации труда (НОТ) и системы «5S» как на отечественных, так и на зарубежных предприятиях.

Название системы «5S» происходит от пяти японских слов, начинающихся на S: Seiri – сортировка, Seiton – организация, Seiso – очистка, Seiketsu – стандартизация, Shitsuke – улучшение стандартов и демонстрация приверженности им.

Что же такое система «5S»? Прежде всего, это решимость правильно организовать рабочее место и содержать его в чистоте, соблюдать стандартизованные правила и поддерживать дисциплину, которая необходима для того, чтобы работать хорошо.

Японские исследователи считают: если менеджеры компании не могут реализовать «5S», значит, они не могут эффективно управлять; и напротив, если вы можете освоить систему «5S», это значит, что вы сможете также успешно внедрить и другие более сложные системы. Причина этого заключена в том, что система «5S» не требует для своего осуществления какого-то особого штата управленцев и не станет эффективной, пока весь персонал не будет к ней приобщен и не начнет думать об успехе этой системы. Однако если система «5S» уже внедрена, можно считать, что и другие системы почти наполовину освоены (в части дисциплинированности персонала и его готовности к осуществлению изменений).

Система «Упорядочение», как и «5S», позволяет практически без капитальных затрат не только повышать производительность, сокращать потери, снижать уровень брака и травматизма, но и создавать необходимые стартовые условия для реализации сложных и дорогостоящих производственных и организационных инноваций, обеспечивать их высокую эффективность, в первую очередь, за счет радикального изменения отношения работников к своему делу.

Влияние системы «Упорядочение» на безопасность, производительность и качество труда показано на схеме (рисунок 8.1).

8.2 Рекомендации по реализации системы в производственных условиях

В таблице 8.1 приведены 5 принципов системы и их содержание.

Эта таблица содержит практически все действия, необходимые для реализации системы, и может служить основой при разработке планов ее пошагового развертывания. Можно выделить 2 направления этих шагов:

1 От элементарных мер по наведению чистоты и порядка к более сложным, обеспечивающим эффективное использование оборудования и повышение качества труда.

2 От поиска мер по наведению чистоты и порядка к разработке документации, регламентирующей их систематическое применение и совершенствование.

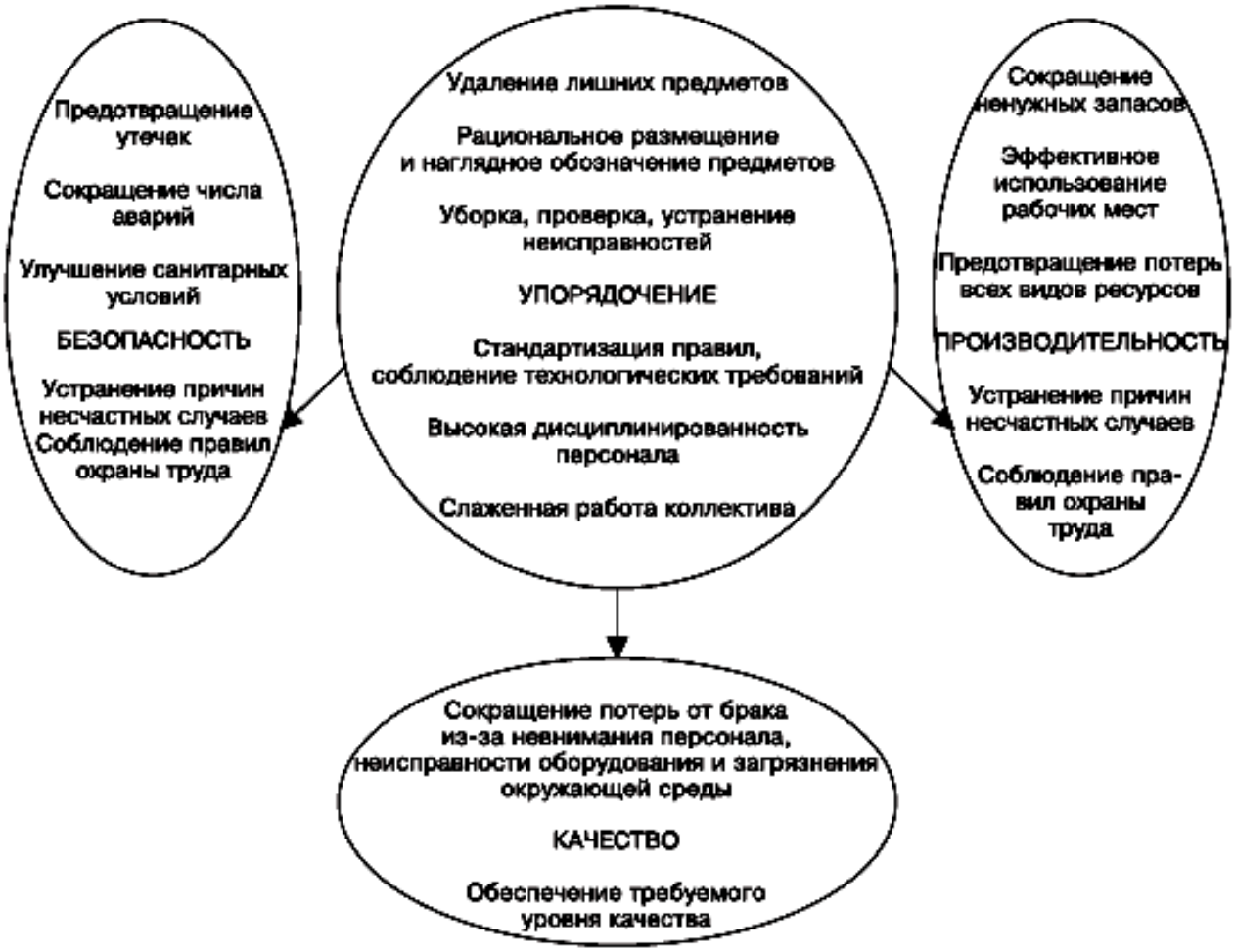


Рисунок 8.1 – Содержание системы «Упорядочение» и ее влияние на основные характеристики работы предприятия

Таблица 8.1 – Принципы системы «Упорядочение» («5S») и их содержание

Принцип	**Содержание**
1	2
1 Удаление ненужного	Все предметы рабочей среды разделяются на 3 категории: ***нужные, ненужные и не нужные срочно.*** Ненужные удаляются по определенным правилам. Нужные сохраняются на рабочем месте. Не нужные срочно располагаются на определенном удалении от рабочего места или хранятся централизованно. Распределяются и закрепляются зоны ответственности каждого работника
2 Рациональное размещение предметов	По отношению к нужным предметам и предметам, не нужным срочно, вырабатываются и реализуются решения, которые обеспечивают: быстроту, легкость и безопасность доступа к ним; визуализацию способа хранения и контроля наличия, отсутствия или местонахождения нужного предмета; свободу перемещения и эстетичность производственной среды
3 Уборка, проверка, устранение неисправностей	Генеральная уборка помещений. Тщательная уборка и чистка оборудования, фиксация неисправностей. Выявление труднодоступных для уборки и наблюдений мест, источников проблем и загрязнений. Устранение неисправностей и выработка мер по их предотвращению. Выработка и реализация мер по уборке труднодоступных мест, ликвидации источников проблем и загрязнений. Выработка правил проведения уборки, чистки оборудования, проверки, смазки и затяжки крепежных деталей
4 Стандартизация правил	Фиксирование в письменном виде правил хранения, уборки, проверки, смазки, затяжки крепежа. Максимальная визуализация представления правил (рисунки, схемы, пиктограммы, указатели, цветовое кодирование). Визуализация контроля нормального состояния и отклонений от нормы (в работе оборудования, уровне запасов и т.п.). Стандартизация и унификация всех обозначений (размер, цвет, изображение символов и т.п.). Рационализация носителей информации (материал, способ нанесения надписей, защитные покрытия), мест их размещения, крепления и возможностей замены
5 Дисциплинированность и ответственность	Закрепление сфер ответственности каждого работника (объекты внимания и основные обязанности по их поддержанию в нормальном состоянии). Выработка у персонала правильных привычек, закрепление навыков соблюдения правил. Применение эффективных методов контроля

Опыт применения системы позволил найти ряд решений, выработать эффективные подходы к реализации указанных пяти принципов [16]. Рассмотрим некоторые из этих рекомендаций и решений применительно к производственным условиям.

Удаление ненужного. Каждый работник со стажем работы на данном участке обычно представляет, как часто он использует те или иные инструменты, полуфабрикаты, материалы, документы. Если выбор нужных, не нужных срочно и ненужных вообще предметов рабочей среды вызывает затруднения, следует провести исследование этого вопроса с помощью контрольной карты в течение 1-2 месяцев. В ней нужно перечислить все имеющиеся в рабочей зоне предметы и каждый день отмечать частоту использования каждого из них.

Анализ заполненных карт позволит объективно оценить степень необходимости каждого предмета.

Рациональное размещение предметов. Критерием соблюдения данного принципа является такое размещение предметов, при котором каждый работник может найти или положить на место нужный предмет в течение 30 секунд.

Реализация данного принципа включает следующие действия:

· анализ существующей ситуации;

· разработку схемы размещения предметов;

· разработку порядка хранения предметов;

· организацию системы соблюдения правил размещения и хранения предметов.

При выполнении первого действия полезно оценить, сколько времени тратит работник при поиске нужных предметов, какой путь он при этом проходит в течение смены, к каким потерям это приводит. Подобный анализ, выполненный на одном небольшом предприятии, показал, что его работники в поисках необходимых для труда предметов проходят в течение смены путь в 180 км.

Разработанная схема размещения предметов на рабочих местах оформляется в виде плана расположения оборудования на участке, согласовывается и утверждается. После проведения тщательной уборки цеха на пол, стены, колонны, оборудование наносится разметка, указывающая границы зон обслуживания, размещения оборудования, шкафов, подставок и т.п., проходов и проездов. Разметка наносится либо краской (часто в виде зебры), либо с помощью клейкой разноцветной ленты.

Как хранить предметы

При решении вопроса о способе хранения можно учитывать следующие рекомендации.

1 Наборы деталей, предназначенных для сборки на данной операции, могут храниться в прозрачных пакетах или пластмассовой таре (в каждом пакете или таре – один комплект), размещенных на стенде или на стеллаже.

2 Визуальный контроль за наличием достаточного числа комплектующих можно осуществлять с помощью красной полосы, нанесенной на стенки стеллажа или тары, где хранятся детали. Если полоса закрыта деталями или ящиками, значит, объем задела достаточный. Если красная полоса открылась, значит, необходимо пополнить запас комплектующих.

3 На всех инструментах и местах их хранения должна быть маркировка. Она может быть цветовой, в виде условного изображения или надписи.

4 Если предметом пользуются несколько работников, то после того, как кто-то из них взял предмет, он должен оставить на месте хранения предмета информацию о том, кто и когда взял этот предмет. Для этого могут использоваться специальные карточки с указанием ФИО работника, его должности и места работы.

5 Если инструмент хранится на доске, целесообразно обвести краской его контур. Когда инструмент в работе, видно примерно, какой инструмент отсутствует, но более полную информацию дает указанная выше карточка, которую надо закрепить (приклеить) на место взятого инструмента.

6 Длинные гибкие предметы (шланги, кабели, клиновые и другие ремни и т.п.) удобно хранить в подвешенном состоянии на доске (стенде).

7 Для удобства использования места хранения (стеллажи, шкафы и пр.) должны иметь высоту от колена до уровня плеч человека. Транспортные тележки должны иметь высоту на уровне рабочего места, чтобы легче перемещать предмет туда и обратно. Высокие стеллажи могут применяться либо для длительного хранения предметов (например, запасных частей к оборудованию), либо при условии механизации размещения и удаления с них предметов.

8 Информация о месте хранения предметов на складе может содержаться в компьютере. Существуют системы подачи комплектующих для сборки с помощью ПК.

9 Желательно, чтобы подставки, полки и т.п. имели одинаковую высоту, размещались на ножках или колесиках. Последнее обстоятельство облегчает уборку под ними.

Соблюдение правил. Необходимо постоянно контролировать и обсуждать соблюдение всеми работниками правил рационального размещения предметов. Основными из них являются следующие.

1 Тотчас после использования предмет многоразового применения (инструмент, измерительный прибор, документы и т.п.) должен быть в исправном состоянии возвращен на место его хранения.

2 На приборах или документах, подлежащих периодическим проверке или актуализации, должны быть отметки о времени проведения указанных действий. Отметки о проверках могут выполняться в паспорте прибора, хранящегося вместе с ним или отдельно.

3 Каждый работник должен четко представлять свои права и обязанности, а также непосредственного руководства и ближайших коллег. Соответствующие служебные инструкции должны быть вывешены на участке. В них должны быть предусмотрены действия по реализации системы «5S».

4 Желательно использовать повременную оплату труда. При этом предусмотренные служебной инструкцией действия по наведению чистоты и порядка на рабочем месте оплачиваются.

Уборка, проверка, устранение неисправностей. Для соблюдения этого принципа необходимо сделать следующее.

1 Установить объекты, периодичность, исполнителей генеральной и местной уборки, проверки оборудования, устранения его неисправностей. Данные планы должны быть известны всему персоналу.

2 Руководство предприятия должно обеспечить бригады рабочих необходимыми инструментами, чистящими и смазывающими средствами.

3 В обязанность оператора включается чаще всего чистка и смазка оборудования. Если ему поручается устранение мелких неисправностей, он должен пройти соответствующее обучение.

4 Руководство предприятия всех уровней должно постоянно контролировать и периодически участвовать в реализации данного принципа.

5 На каждом рабочем месте, во всех помещениях предприятия должны быть установлены и постепенно сведены к минимуму источники загрязнений, труднодоступные для уборки места. Число таких мест также следует минимизировать.

6 Схемы уборки, смазки, затяжки соединений, устранений мелких неисправностей, а также информация о периодичности этих работ должны быть на каждом рабочем месте.

Стандартизация правил. Этот принцип реализуется в оформлении, утверждении и наглядном представлении правил и рекомендаций по реализации предыдущих принципов системы «5S». Рекомендуется оформить следующие документы и выполнить следующие действия при развертывании данного принципа.

1 Правила отнесения предметов к категории нужных, ненужных, не нужных срочно.

2 Правила и схемы размещения предметов на производственных участках, в складских помещениях.

3 Правила использования, возврата, хранения предметов.

4 Правила заказа расходуемых материалов, заготовок, запасных частей и других предметов.

5 Правила проверки измерительных средств, актуализации документов и их визуализации.

6 Правила и схемы уборки рабочих мест, чистки, смазки, устранения мелких неисправностей оборудования.

7 Служебные инструкции всех работников участка.

8 Требования техники безопасности при выполнении работ, хранении и применении предметов труда.

9 Нанесение разметки размещения оборудования, стеллажей, шкафов и др., зон ответственности на полу и стенах.

10 Нанесение обозначений (меток) на предметы и места их хранения.

11 Разработка методов и средств информирования пользователей о том, где в настоящее время находится предмет при его отсутствии в месте хранения.

12 Нанесение на всех выключателях обозначений «включен – выключен», на всех трубах – направления движения газов и жидкостей.

13 Наличие на участке инструментов и материалов для уборки помещения, чистки, смазки, устранения мелких неисправностей оборудования.

14 Разработка и реализация системы визуализации наличия расходуемых предметов или необходимости пополнения их запасов.

Дисциплинированность и ответственность. Задачей этого этапа развертывания системы «5S» является обеспечение безусловного выполнения всеми работниками требований системы, превращение этих действий в привычку, осознание их как минимально необходимых для достижения требуемых качества продукции и эффективности производства. Главным побуждающим моментом при этом являются положительные результаты применения системы, улучшение условий и безопасности труда, рост доходов, улучшение отношений в коллективе. Помимо этого руководство должно применять как воспитательные, так и административные средства убеждения работников соблюдать требования системы.

К этим средствам относятся следующие.

1 Личное участие руководства предприятия на всех уровнях в реализации системы.

2 Информирование всех сотрудников о сути системы, ходе ее внедрения на предприятии, полученных результатах, задачах на будущее.

3 Обучение сотрудников, создание необходимых условий для реализации системы.

4 Включение требований по реализации системы в служебные обязанности работающих с оплатой их усилий, контроль над выполнением этих обязан-

ностей, поощрение или наказание работников в зависимости от степени выполнения ими своих обязанностей.

5 Разработка на предприятии положения о мерах поощрения или наказания работников при выполнении ими требований системы «5S» как своих служебных обязанностей.

9 ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ TPM (TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE) В МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРАКТИКЕ

В настоящее время во всем мире все большее распространение получает система TPM (Total Productive Maintenance), которая зародилась в 60-е годы в Японии, и ее название не буквально, но точно по смыслу можно перевести как обслуживание оборудования, позволяющее обеспечить его наивысшую эффективность на протяжении всего жизненного цикла продукции с участием всего персонала [10]. Данная система была сформирована на основе оригинальной концепции обеспечения качества, согласно которой ставку необходимо делать не на контроль качества, а на его создание непосредственно в процессе работы. Начало этому было положено в компании «Nippon», производившей автомобильную электронику, где в результате автоматизации производства возникла проблема эффективного использования сложного оборудования. Решение нашли с помощью двух основных идей:

1) операторам было вменено в обязанность не только использовать оборудование, но и осуществлять его текущее обслуживание;

2) на основе кружков качества была создана система поддержания в нормальном состоянии оборудования с помощью всего персонала.

В это время было дано развернутое определение TPM для производственных подразделений. Позднее система TPM охватила не только производственные, но и конструкторские, коммерческие, управленческие и другие подразделения, т.е. стала универсальной. С учетом этих обстоятельств в 1989 году определение было скорректировано:

- целью TPM является создание предприятия, которое постоянно стремится к предельному и комплексному повышению эффективности производственной системы;
- средством достижения цели служит создание механизма, который, охватывая непосредственно рабочие места, ориентирован на предотвращение всех видов потерь на протяжении всего жизненного цикла производственной системы;
- для достижения цели задействованы все подразделения: конструкторские, коммерческие, управленческие, но прежде всего производственные;

- в достижении цели участвует весь персонал от высшего руководства до работника «первой линии»;
- стремление к достижению «нулевых потерь» реализуется в рамках деятельности иерархически связанных малых групп, в которые объединены все работники.

В 90-е годы TPM получила распространение в отраслях, где состояние оборудования оказывает решающее влияние на уровень производительности, качества, травматизма, загрязнения окружающей среды.

Внедрение TPM позволяет предприятию достичь предельной и комплексной эффективности производственной системы, т.е. получить максимально возможный результат в отношении объема производства (P), качества продукции (Q), себестоимости (C), сроков поставок (D), безопасности рабочих мест (S) и инициативы персонала (M) при минимальном использовании человеческих, материальных и финансовых ресурсов (рисунок 9.1).

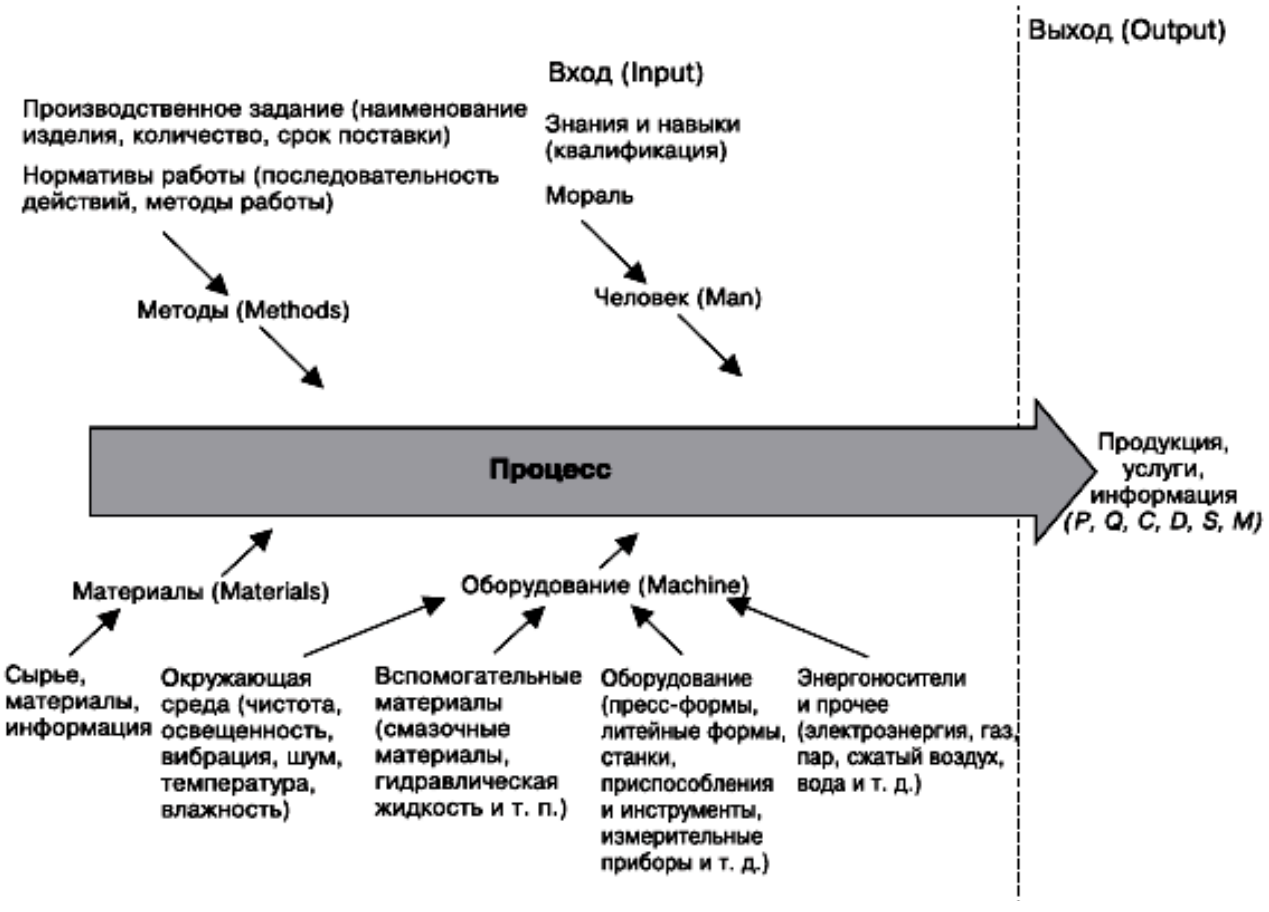


Рисунок 9.1 – Цели TPM и средства их достижения

В таблице 9.1 приведены усредненные данные по нескольким японским предприятиям, успешно внедрившим TPM, характеризующие как материальные результаты, которых им удалось добиться, так и нематериальный эффект от внедрения этой системы в отношении перечисленных шести показателей.

До появления TPM считалось, что завод по своей природе является «рассадником» трех К (на эту букву в японском языке начинаются слова «грязь», «тяжелые условия», «опасность»). Внедрение TPM позволяет предприятию избавиться от них.

Так, завод «Zukumi» компании «Inoda Semento» стал первым в мире цементным заводом, на котором отсутствует пыль. Завод «Sigo» поставил целью создать завод-парк. Благодаря внедрению TPM было значительно сокращено незавершенное производство и число ненужных вещей, а высвободившейся площади хватило для создания благоустроенных зон отдыха с цветниками и аквариумами. К оборудованию здесь подведены кондиционеры, все в помещениях сверкает чистотой.

Таблица 9.1 – Эффект от внедрения TPM на японских предприятиях

Материальные результаты			Нематериальный эффект
P	Производительность труда по добавленной стоимости	Увеличение в 1,5-2 раза	Текущее обслуживание оборудования операторами приобретает завершенность: они начинают заботиться о нем сами, не дожидаясь указаний «сверху»
	Число случайных поломок и аварий	Сокращение в 10-250 раз	
	Загруженность оборудования	Увеличение в 1,5-2 раза	
Q	Число случаев брака	Снижение в 10 раз	У работников появляется уверенность в том, что если они будут стремиться довести поломки и брак до нуля, то смогут этого добиться
	Число рекламаций от потребителей	Уменьшение в 4 раза	
C	Себестоимость продукции	Снижение на 30%	
D	Запасы готовой продукции и незавершенное производство	Снижение на 50%	Благодаря избавлению рабочего места от пыли, масляных пятен появляется возможность преобразить его до неузнаваемости, делая его светлым и чистым
	Случаи нарушения сроков поставок	ноль	
S	Производственный травматизм, повлекший невыход на работу	Ноль	
	Загрязнение окружающей среды	Ноль	У посетителей создается хорошее впечатление о предприятии, что благотворно сказывается на числе заявок
M	Число рационализаторских предложений	Увеличение в 5-10 раз	

Качественное улучшение состояния предприятия достигается при использовании TPM за счет согласованного изменения двух факторов.

Первый – профессиональное развитие человека: операторы должны уметь самостоятельно производить ежедневное обслуживание оборудования, обслуживающий персонал (механики и др.) – непрерывно поддерживать работоспособность высокотехнологичного оборудования, инженеры – проектировать оборудование, не требующее поддержания и ремонта.

Второй фактор – усовершенствование оборудования: повышение эффективности использования имеющегося оборудования за счет его непрерывного улучшения и проектирования нового оборудования с учетом полного жизненного цикла с последующим выводом его в кратчайшие сроки на полную проектную мощность.

Таким образом, TPM предполагает рост эффективности производственной системы за счет ликвидации всех потерь, препятствующих повышению эффективности работы человека и использования оборудования, энергии, сырья, инструментов.

Несмотря на то, что в основе TPM лежат простые идеи, ее освоение требует немалых усилий и времени – от 3 до 10 лет, поскольку предполагает коренное изменение как мировоззрения и психологии отдельного работника, так и всей совокупности отношений между сотрудниками фирмы. Как показывает опыт предприятий, внедривших эту систему, результаты именно подобного рода перемен составляют сегодня одно из главных преимуществ в конкуренции на мировом рынке.

10 СИСТЕМА «ЭКОНОМНОЕ ПРОИЗВОДСТВО» (LEAN PRODUCTION)

10.1 Возникновение системы, ее цели, принципы

Экономное производство (lean production, lean manufacturing – англ. lean – «тощий, стройный, без жира»; в России используется перевод «бережливое», также встречаются варианты «стройное», «щадящее», «рачительное», помимо этого встречается вариант с транслитерацией – «лин») – концепция менеджмента, созданная на Toyota и основанная на неуклонном стремлении к устранению всех видов потерь. Бережливое производство предполагает вовлечение в процесс оптимизации бизнеса каждого сотрудника и максимальную ориентацию на потребителя.

Зарождение концепции «Экономное производство» (Lean Production (англ.)) связывают с инженером японской компании Toyota Motor Co. Т. Оно, который вместе с другими инженерами этой компании, Э. Тоедой и С. Синго, посетил в конце 1940-х годов американские автозаводы, чтобы перенять практику производства автомобилей и трансформировать ее для заводов компании Toyota. Учитывая состояние экономики Японии после Второй мировой войны, традиции страны, живущей при постоянном дефиците ресурсов, Т. Оно в основу разрабатываемой производственной системы положил цель обеспечить ноль потерь.

Цели бережливого производства:

- сокращение затрат, в том числе трудовых,
- сокращение сроков разработки новой продукции,
- сокращение сроков создания продукции,
- сокращение производственных и складских площадей,
- гарантия поставки продукции заказчику,
- максимальное качество при определённой стоимости либо минимальная стоимость при определённом качестве.

Отправная точка бережливого производства – ценность для потребителя. С точки зрения конечного потребителя, продукт (услуга) приобретает действительную ценность только в то время, когда происходит непосредственная обработка, изготовление этих элементов. Сердцем бережливого производства является процесс устранения потерь, которые по-японски называются странным для российского слуха словом «муда». «Муда» – это одно из японских слов, которое означает потери, отходы, то есть любую деятельность, которая потребляет ресурсы, но не создает ценности. Например, потребителю совершенно не нужно, чтобы готовый продукт или его детали лежали на складе. Тем не менее в традиционной системе управления складские издержки, а также все расходы, связанные с переделками, браком, и другие косвенные издержки перекладываются на потребителя.

В соответствии с концепцией бережливого производства всю деятельность предприятия можно классифицировать так: операции и процессы, добавляющие ценность для потребителя, и операции и процессы, не добавляющие ценности для потребителя. Следовательно, всё, что не добавляет ценности для потребителя, с точки зрения бережливого производства, классифицируется как потери и должно быть устранено.

В традиционном массовом производстве можно выделить 8 видов потерь, устранение которых является целью «Экономного производства» [13].

1 Перепроизводство, то есть производство большего объема раньше или быстрее, чем это требуется на следующем этапе процесса.

2 Излишние запасы комплектующих – любое избыточное поступление однопредметного потока в производственный процесс, будь то сырье, производимая продукция или готовый продукт.

3 Дефектный продукт – продукция, требующая проверки, сортировки, утилизации, понижения сортности, замены или ремонта.

4 Дополнительная (излишняя) обработка или перемещение – дополнительное усилие, которое, по мнению потребителя, не увеличивает прибавочной стоимости изделия (или услуги).

5 Ожидание – перерывы в работе, связанные с ожиданием людских ресурсов (рабочей силы), материалов, оборудования или информации.

6 Люди – неполное использование человеческих умственных и творческих способностей и опыта.

7 Потери при транспортировке – транспортировка частей или материалов внутри предприятия.

Многие авторы выделяют дополнительные виды потерь, например «ложную экономию», заключающуюся в следующих непродуманных действиях: в использовании дешевого и некачественного сырья и материалов; упрощении конструкции, ведущем к снижению ее качества; сокращении штатов, приводящем к тому, что некоторые нужные функции не выполняются или выполняются плохо; «многообразие» элементов конструкций, средств и методов производства (известными методами устранения последнего недостатка являются стандартизация и унификация).

Также принято выделять ещё два источника потерь – мури и мура, которые означают соответственно «перегрузку» и «неравномерность».

Мури – перегрузка оборудования или операторов, возникающая при работе с большей скоростью или темпом и с большими усилиями в течение долгого периода времени, по сравнению с расчетной нагрузкой (проект, трудовые нормы).

Мура – неравномерность выполнения работы, например колеблющийся график работ, вызванный не колебаниями спроса конечного потребителя, а скорее особенностями производственной системы, или неравномерный темп работы по выполнению операции, заставляющий операторов сначала спешить, а затем ждать. Во многих случаях менеджеры способны устранить неравномерность за счёт выравнивания планирования и внимательного отношения к темпу работы.

Эта система получила известность под именем «Производственной системы фирмы Toyota» (Toyota Production System – TPS), а ее принципы и методики не так давно были как бы заново представлены и популяризированы в Америке, но уже под «зонтиком» «Экономного производства».

Основные принципы экономного производства

Джим Вумек и Дэниел Джонс в книге «Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании» излагают суть бережливого производства в виде пяти принципов [13]:

1 Определить ценность конкретного продукта.
2 Определить поток создания ценности для этого продукта.
3 Обеспечить непрерывное течение потока создания ценности продукта.
4 Позволить потребителю вытягивать продукт – принцип вытягивания.
5 Стремиться к совершенству.

Другие принципы:

1 Превосходное качество (сдача с первого предъявления, система ноль дефектов, обнаружение и решение проблем у истоков их возникновения).
2 Гибкость.
3 Ориентация на процесс.
4 Принцип вытягивания.
5 Прозрачность.
6 Стандартизация.
7 Постоянное улучшение.
8 Личная ответственность.
9 Установление долговременных отношений с заказчиком (путем деления рисков, затрат и информации).

10.2 Инструменты и методики реализации «Экономного производства» (ЭП)

«Экономное (бережливое) производство» подразумевает принципиально новые подходы к культуре менеджмента и организации предприятия, предлагает набор инструментов и методик, позволяющих существенно снизить потери, удешевить и ускорить процессы.

К инструментам (строительным блокам ЭП) относятся «5S», кайдзэн (непрерывное улучшение), управление потоком создания ценностей (Value Stream Management – VSM), покэ-ёка (метод защиты от ошибок), TPM, сокращение размера партии, гибкое производство и др.

Рассмотрим основное содержание этих элементов ЭП.

1 **Концепция «5S»** направлена на улучшение организации труда и улучшение качества на рабочем месте за счет наведения порядка, соблюдения чистоты и дисциплины.

2 **Непрерывное улучшение (кайдзэн)** – постоянный процесс командных и индивидуальных усилий по постепенному улучшению организации работы предприятия.

3 **Управление потоком создания ценностей (VSM)** – это планирование и преобразование процессов с целью минимизации использования имеющихся ресурсов, таких как материальные, время и трудозатраты. VSM реализуется в масштабах отдельного процесса командой из 3-7 специалистов, которые затрачивают на эту работу 10-25% своего времени, лидер команды уделяет ей 50% своего времени [17].

4 **Картирование процесса** – графическое изображение процесса как последовательности операций с указанием потоков информации и материалов, запасов, метрик (стандартных характеристик) операций. При этом используются стандартные обозначения VSM [17]. Картирование выполняют до и после реорганизации процесса.

5 **Защита от ошибок (покэ-ёка)** – система принятия решений, предусматривающая многократный анализ рисков, возможных отказов и их последствий. Эта система близка системе FMEA.

6 **Сокращение размера партии.** Самый оптимальный размер партии (комплекта) – это поток из одного предмета (однопредметный поток). Если однопредметный поток невозможен, число предметов, одновременно обрабатываемых на операции, следует минимизировать.

7 **Средства визуального контроля.** Все инструменты, детали, производственная деятельность и показатели находятся на виду, так что каждый заинтересованный и вовлеченный в процесс человек может понять состояние системы с одного взгляда. Широко используются средства визуальной информации (карточки, карты, схемы и т.п.), показывающие, что и как должен делать оператор.

8 **Хорошо продуманный план размещения оборудования**. План составляется исходя из оптимальной последовательности выполнения операций. При этом обеспечивается близкое и удобное размещение заготовок и инструмента.

9 **Стандартизованная (нормализованная) работа**. Согласованное выполнение задачи в соответствии с принятыми (установленными) методами, без потерь и с учетом движений человека (эргономика). Методика стандартизации и унификация широко применяется и при проектировании продукции.

10 **Команды.** При «Экономном производстве» упор делается на командную работу, будь то команды по улучшению или обычные рабочие команды.

11 **Качество в процессе работы.** Проверка и управление процессом осуществляются операторами: они убеждаются, что продукция, поступающая на следующий этап процесса (следующий процесс), соответствует качеству.

12 **Место хранения нужных предметов.** Сырье, детали, информация, инструменты, рабочие стандарты и описание процедур находятся (хранятся) именно там, где они необходимы.

13 **Гибкость производства.** Способность быстро переналадить оборудование и поменять инструменты (обычно за минуты) позволяет на одном и том же оборудовании выпускать большую номенклатуру производимых изделий при одновременном сокращении размеров партий.

14 **Пилотный проект.** Выбирается какое-то «узкое место» в производстве или сдерживающий фактор и с использованием так называемого подхода кайдзэн блиц (Kaizen Blitz) (блиц – сокращение от «блицкриг», то есть внезапная атака), производятся масштабные улучшения. Затем, используя приобретенные навыки, перемещают развертывание «Экономного производства» на другие узкие и проблемные места.

15 **Анализ общей эффективности оборудования и потерь.** Для анализа потерь используется диаграмма Парето, которая позволяет определить, как получить наибольшую отдачу на вложенные средства, и показывает, где начать свой путь к «Экономному производству».

10.3 Последовательность развертывания ЭП

Развертывание ЭП следует производить поэтапно. Рассмотрим основные этапы и их содержание.

1 Решение руководства о переходе к ЭП. При этом следует понять и объяснить персоналу причины этого решения, выбрать кратко-, средне- и долгосрочные цели, сформировать команду, которая будет координировать все работы, наметить план и предусмотреть ресурсы. Высшее руководство должно постоянно демонстрировать свою заинтересованность в успехе, участвовать в повседневной работе, оказывать поддержку.

2 Выбор первоначального объекта (объектов) внедрения ЭП – формулировка пилотного проекта. Как уже отмечалось, реализация ЭП требует существенных изменений в организации производства. В значительной степени такие изменения сопровождают развертывание систем «точно вовремя» и «Канбан». Поэтому, чтобы не дезорганизовать действующее производство, внедрение ЭП начинают с 1-3 процессов. В качестве таковых выбирают наиболее материало- и трудоемкие процессы, совершенствование которых может дать существенный эффект. Выбор таких процессов можно произвести при анализе потерь с помощью диаграммы Парето. Не следует начинать с самых сложных процессов для повышения вероятности успеха. На этом этапе может быть выполнено исследование материальных потоков (ИМП), преобразующих сырье в

готовую продукцию. Задачи ИМП – установить «узкие места» производства, прохождения заказа от заводских служб или потребителей, предложить меры по их устранению.

3 Обучение персонала. Обучение должны пройти все участники развертывания ЭП: как руководство, так и рядовые исполнители реорганизуемых процессов. Цель обучения – понимание поставленных целей и средств их достижения, технологии JIT и «Канбан», используемых средств, методов оценки процессов и продукции. Обучение должно производиться по циклу «обучение – закрепление», к нему могут привлекаться внешние консультанты.

4 Картирование реорганизуемого процесса «как есть».

5 Расчет характеристик (метрик) действующего процесса. К основным метрикам, характеризующим ресурсы процесса, относятся:

- Σ WIP (Work in Process) – суммарный объем продукции в штуках на разных стадиях готовности по всему предприятию;
- Σ Тц – суммарное время цикла процесса по всем операциям;
- Σ Тн – суммарное время настройки операций;
- Σ То – суммарное время, которое изделия ожидают до начала следующей операции;
- RTY – сквозной выход годных изделий по процессу (произведение коэффициентов Yi^2 по всем операциям);
- Σ Nон – суммарное число операторов, занятых в процессе в принятом режиме работы предприятия или в одну смену.

6 Картирование процесса «как должно быть».

Это наиболее сложный и ответственный этап, во время которого существенно совершенствуется рассматриваемый процесс с целью устранения всех видов потерь. Некоторые операции после совершенствования предыдущих могут исключаться из процесса, другие объединяться и т.д. Могут изменяться оборудование и оснастка для сокращения времени настройки, устранения причин брака. Меняется расположение оборудования в процессе, чтобы все компоненты, необходимые для производства, располагались рядом с рабочим местом. Участки узловой сборки располагают как можно ближе к участкам обработки деталей. Вводится система ответственности операторов за качество, им дается право остановки производства для исключения поступления дефектной продукции на следующую операцию.

Вводится система «точно вовремя», которая реализуется с помощью системы «Канбан». Эта система предполагает заказ готовых деталей для отгрузки и полуфабрикатов с предыдущих операций по мере необходимости с помощью различных видов карточек. Между операциями имеются строго лимитирован-

ные заделы заготовок, полуфабрикатов и готовых деталей (супермаркеты), заполнение которых также производится по мере необходимости с помощью карточек. Карточки размещаются на специальных стендах, и информация о том, сколько, когда и что необходимо изготовить, доступна всем исполнителям.

7 Расчет метрик реорганизованного процесса и, в случае низкой эффективности внесенных изменений, дополнительное совершенствование процесса.

8 Реализация проекта.

9 Создание и внедрение планов постоянного совершенствования (кайдзэн).

Эти планы могут предусматривать введение системы всеобщего обслуживания оборудования TPM, стандартизацию работы в рамках операции (ячейки), наведение порядка на всех рабочих местах по системе «5S» и др.

Опыт развертывания «ЭП», полученный в пилотном проекте, распространяется постепенно на другие процессы предприятия.

«Экономное производство» позволяет, как уже отмечалось выше, существенно повысить эффективность производства, однако его развертывание невозможно без затрат, реорганизации производства, упорного труда всего коллектива предприятия.

11 БЕНЧМАРКИНГ

Бенчмаркинг (методология реперных точек) представляет собой процесс систематического, методического и непрерывного определения и изучения лучших видов деятельности и лежащих в их основе навыков и умений, применяемых лидирующими в данной отрасли организациями в их стремлении к совершенствованию [1,15]. Данный процесс оказывает стимулирование (на всех организационных уровнях) стремлений организации, основанное на этих лучших примерах, к совершенствованию деятельности и к превосходству над конкурентами.

Методология реперных точек на английском языке называется Benchmarking (Бенчмаркинг). Можно считать, что слово «бенчмаркинг» уже вошло в список специальных терминов, применяемых русскоязычными специалистами в теории Всеобщего управления качеством (TQM).

Итак, бенчмаркинг – это стратегия стимулирования изменений (перемен) и оптимизации деятельности в работе организации.

11.1 Цели и задачи применения методологии реперных точек (бенчмаркинга)

Бенчмаркинг по большей части применяется для того, чтобы сравнить собственные процессы и деятельность с лучшими процессами и деятельностью общепризнанных лидеров. На основе этого сравнения производится оценка величины разрыва (отставания или опережения) в деятельности организации по сравнению с лучшими конкурентами. Обычно подвергают бенчмаркингу следующие процессы организации:

– маркетинг;
– закупки;
– улучшение технологии;
– усовершенствование продукции;
– материально-техническое обеспечение.

В зависимости от избранного объекта бенчмаркинга, различают следующие его виды: внутренний, конкурентный, процессный и стратегический.

Внутренний бенчмаркинг

Этот вид бенчмаркинга включает в себя сравнение внутренних составных частей, деятельности и процессов в пределах своей собственной организации. Это обычно представляет интерес для больших организаций. В рамках внутреннего бенчмаркинга определяют, насколько рационально и эффективно другие подразделения и отделы выполняют подобную деятельность по сравнению с нашим подразделением.

Конкурентный бенчмаркинг

В рамках конкурентного бенчмаркинга осуществляют сравнение с прямыми конкурентами. При этом оценивают применяемые конкурентами производственные процессы, а результат таких оценок сравнивают со своей собственной ситуацией. Основываясь на сравнении того, что делается в другой организации, можно привести в порядок свои собственные процессы, повысив их эффективность и за счет этого улучшить производимую продукцию. Например, разработчик программных средств, желая укрепить свои конкурентные позиции, может попробовать понять (постичь), что было сделано фирмой Microsoft для того, чтобы стать лидером на рынке программных продуктов.

Процессный бенчмаркинг

Процессный бенчмаркинг включает в себя поиск процессов, лучших в конкретном классе процессов, невзирая на то, является ли этот процесс конкурирующим или в какой отрасли промышленности он применяется. Таким образом, можно сравнить процессы материально-технического обеспечения на

предприятии химической промышленности с наиболее современными процессами компании, работающей в электронной отрасли.

Стратегический бенчмаркинг

Стратегический бенчмаркинг применяется для достижения стремительного успеха (прорыва) в сфере производительности и особых производственных возможностей для того, чтобы усилить свои конкурентные позиции. Эта деятельность предполагает большой скачок вперед, что было бы трудно претворить в жизнь без применения стратегического бенчмаркинга. Этот тип бенчмаркинга может служить поддержкой процесса стратегического планирования за счет определения сравнительных конкурентных позиций по всем видам деятельности и, соответственно, показать лучшее направление движения вперед.

Стратегический бенчмаркинг может быть осуществлен несколькими путями, например [2]:

– путем сравнения своей собственной стратегии и финансовой деятельности со стратегией и финансовой деятельностью конкурентов;

– путем определения (исходя из понимания силы и слабости конкурентов), в каких сферах деятельности ваша организация может превзойти этих конкурентов и какие усовершенствования внесут наибольший вклад в расширения возможностей вашей компании.

11.2 Порядок применения бенчмаркинга

Основным этапом осуществления методологии реперных точек (бенчмаркинга) являются следующие действия:

1) определение предмета бенчмаркинга;
2) идентификация партнеров по бенчмаркингу;
3) сбор данных;
4) анализ данных;
5) определение разрыва между лучшими достижениями конкурентов и собственными результатами;
6) формирование конструктивных функциональных целей;
7) разработка плана действий;
8) выполнение запланированных действий и мониторинг процесса;
9) поиск новых предметов для выполнения бенчмаркингового исследования (рисунок 11.1) [2].

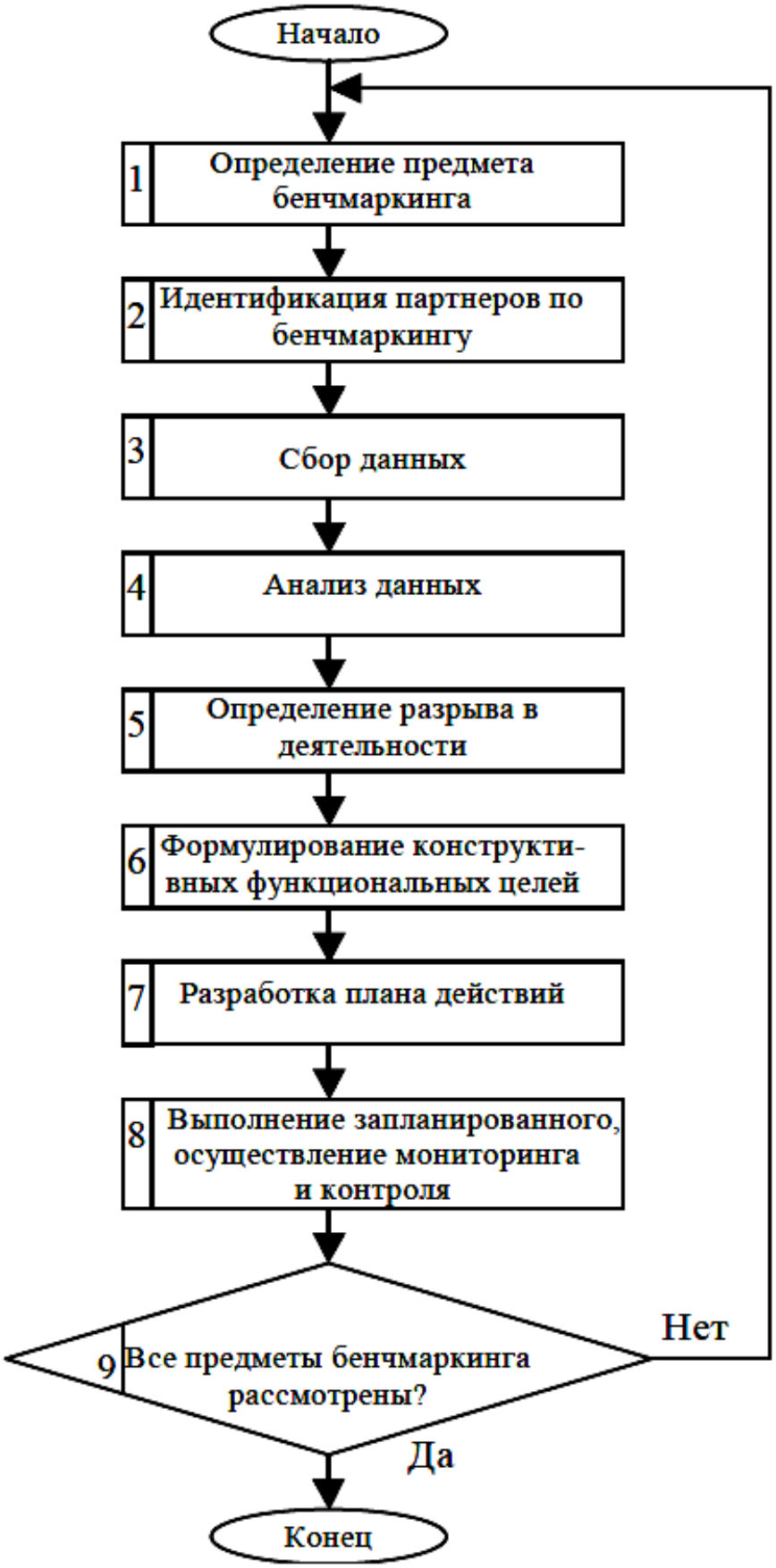


Рисунок 11.1 – Циклический процесс бенчмаркинга

Определение предмета бенчмаркинга

На этом этапе определяют, какие функции, задачи, процессы или виды деятельности, осуществляемые в пределах собственной организации, будут подвергнуты бенчмаркингу. С опорой на критические условия успеха (факторах, имеющих решающее значение для организации) должны быть отобраны для бенчмаркинга один или несколько процессов. Учредите команду для детального изучения и описания этого процесса, которая должна сделать следующее:

– идентифицировать стадии процессов;
– определить ход (течение) процесса;
– описать порядок осуществления каждой стадии процесса;
– установить уместные и существенные индикаторы (показатели, критерии) выполнения процесса;
– определить входы и выходы процесса;
– выявить требования и ожидания потребителей.

На этом этапе должны быть сформулированы цели выполняемого проекта, определены данные, подлежащие сбору и пополнению, а также подготовлен пробный список вопросов.

Идентификация партнеров по бенчмаркингу

В качестве партнеров в данном случае рассматриваются организации и/или подразделения, которые будут предметом сравнения в процессе бенчмаркинга.

При отборе партнеров по бенчмаркингу важными критериями являются:

– партнеры должны быть выдающимися (лучшими в своем классе) по отношению к предмету бенчмаркинга;
– конкурентоспособность их деятельности;
– доступность заслуживающей доверия информации о партнерах.

Идентификация партнеров по бенчмаркингу требует проведения опросов, консультаций и обращения к нескольким источникам информации, например, к таким как:

– базы данных;
– профессиональные журналы;
– газеты;
– отчеты банков;
– годовые отчеты конкурентов;
– материалы семинаров;
– консалтинговые фирмы;
– университеты и т.п.

Список этих источников информации может быть дополнен в результате проведения опроса (интервью) потребителей (заказчиков, покупателей, клиентов), поставщиков, служащих, банкиров, каждый из которых может внести полезный вклад.

Сбор данных

Информацию и данные об осуществлении процессов партнерами по бенчмаркетингу обычно собирают на основе проведения интервью (опроса), составления обзоров, осуществления консультаций с деловыми партнерами и доверенными лицами, изучения научно-технических и специальных журналов.

При этом тщательно рассматривают и изучают процессы партнеров и лежащие в их основе методы работы, оценивают показатели (индикаторы) и критерии осуществления этих процессов, а также собирают качественные и количественные данные.

Анализ данных

На этом этапе осуществляют всестороннее рассмотрение и анализ собранных данных об осуществлении конкурирующих процессов в организациях и подразделениях, рассматриваемых в качестве партнеров по бенчмаркингу.

Определение разрыва между лучшими достижениями конкурентов и собственными результатами

На этом этапе определяют величину отставания в уровне исполнения в своей организации по сравнению с лучшим партнером по бенчмаркингу. После того как данные собраны, оценены и проанализированы, они должны быть сравнены со сведениями о своей собственной организации. На основе этого определяют текущий разрыв в уровне исполнения в собственной организации по сравнению с тем, что имеется у партнера по бенчмаркингу.

При этом должны быть задокументированы различия в базовых рабочих методиках, причины этих различий в осуществлении деятельности. Главным вопросом при этом является: «Почему результативность и эффективность нашего собственного процесса отстает от лучшего в своем классе аналогичного процесса?»

Формироваие конструктивных функциональных целей

С основой на результаты бенчмаркингового исследования должны быть сформулированы конструктивные функциональные цели, позволяющие закрыть имеющийся разрыв в уровне исполнения деятельности и вплотную приблизиться, а еще лучше – превзойти передового конкурента.

Результаты бенчмаркинга должны быть отображены в политике и целях организации, а в дальнейшем также внедрены в практическую деятельность для

того, чтобы эти результаты способствовали осуществлению возможностей для усовершенствований.

Разработка плана действий

На этом этапе ранее сформулированные цели должны быть превращены в план конкретных действий. Этот план должен дать ответы на следующие вопросы:

– когда, с какими целями и какое действие должно быть выполнено?
– каким образом изменения могут быть успешно осуществлены?
– кто и что должен делать?
– каким путем?
– кто несет ответственность за осуществление различных видов деятельности?

Выполнение запланированных действий и мониторинг процесса

Этот этап связан с выполнением действий, направленных на улучшение и внедрение изменений в практическую работу. Для успешного выполнения плана на всем протяжении выполнения действий следует постоянно вести контроль, проверяя:

– осуществляются ли действия так, как было запланировано;
– изменяется ли процесс на самом деле и с какими результатами;
– достигаются ли запланированные цели бенчмаркинга.

Поиск новых предметов для выполнения бенчмаркингового исследования

Если есть предметы (функции, задачи, процессы или виды деятельности), которые могут быть подвергнуты бенчмаркингу, то следует перейти к пункту 1 «Определение предмета бенчмаркинга».

Бенчмаркинг не является разовым видом деятельности. Бенчмаркинг − это процесс непрерывного и постоянного улучшения. Всегда имеются методы, возможности и пути для осуществления новых усовершенствований. Конкуренция никогда не прекращается, в соответствующие моменты времени проявляются новые и лучшие виды практической деятельности.

В качестве примера, иллюстрирующего результативность и эффективность практического применения бенчмаркинга, приведем заявление одного из менеджеров нидерландской фирмы Rank Xerox:

«В прошлом отдел обработки заказов фирмы Rank Xerox включал 20 служащих, а время оформления счетов-фактур занимало от 5 до 8 дней. После проведения бенчмаркинга деятельность в рамках отдела была разделена на четыре сегмента, с учетом значимости и суммы заказов. В результате численность

служащих в рамках отдела была сокращена, а счета-фактуры стали отсылаться в течение 24 часов для 95% заказов. Причиной бенчмаркингового исследования была неудовлетворенность длительным временем доставки.

Сокращение времени оформления счетов-фактур дало следующие результаты:

– уменьшилось время выполнения заказов;
– увеличилось количество заказов;
– сократилась численность работников отдела;
– повысилась удовлетворенность потребителей;
– сократилось время оплаты заказов;
– возросли объемы продаж» [2].

Список литературы

1 Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Схиртладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества : учебное пособие. – СПб. : Питер, 2008.
2 Пономарев С. В., Мищенко С. В., Герасимов Б. И., Трофимов А. В. Квалиметрия и управление качеством. Инструменты управления качеством : учебное пособие. Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005.
3 Мазур И. И., Шапиро В. Д. Управление качеством : учебное пособие для студ. вузов. – 2-е изд. – М. : Омега-Л, 2005. – 400 с.
4 ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов.
5 ГОСТ Р 51814.2-2001. Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов.
6 Половинкин А. И. Основы инженерного творчества : учебное пособие. – М. : Машиностроение, 1988.
7 Талалай А. М. Связь метода Тагути с известными статистическими методами // Методы менеджмента качества. – 2003. – №10.
8 Какар Р. Философия качества по Тагути: анализ и комментарий // Методы менеджмента качества. – 2003. – №8.
9 Адлер Ю. П., Шпер В. Л. «Шесть сигм»: еще одна дорога, ведущая к храму // Методы менеджмента качества. – 2003. – № 7. – С. 4-10.
10 Искандарян Р. А. ТРМ на российском предприятии // Методы менеджмента качества. –2003. – № 7. – С. 4-10.
11 Как лучше использовать показатели в методологии «Шесть сигм» // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 11. – С. 55.
12 Мора Э. Как добиться успеха при внедрении ТРМ // Методы менеджмента качества. – 2003. – № 6. – С. 45-46.
13 Вумек Дж. П., Джонс Д. Т. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2004. – 473 с.
14 Джорж Л. Майкл. Бережливое производство + шесть сигм; Комбинируя качество шести сигм со скоростью бережливого производства / пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. – 360 с.
15 Данилов И., Михайлова С., Данилова Т. Бенчмаркинг – эффективный инструмент повышения конкурентоспособности // Стандарты и качество. – 2005. – № 1. – С. 66-68.
16 Барвинок В. А. и др. Менеджмент качества в машиностроении: системы, методы, инструменты : учебное пособие. – М., 2008. – 383 с.
17 Управление качеством продукции машиностроения : учебное пособие / под ред. М. М. Кане. – М., 2010. – 414 с.
18 Ефимов В. В. Средства и методы управления качеством : учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2007. – 225 с.

Учебное издание

Гениатулин Агзам Миндыбаевич

СИСТЕМЫ, МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Учебное пособие

Редактор О.Г. Арефьева

Подписано в печать 02.03.15	Формат 60x84 1/16	Бумага 80г/м^2
Печать цифровая	Усл. печ. л. 6,75	Уч. изд. л. 6,75
Заказ № 43	Тираж 100	

Редакционно-издательский центр КГУ.
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.