

Министерство образования и науки Российской Федерации  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»**

# **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССОВ И ПРОДУКЦИИ**

**К н и г а 2**

**ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОДЫ МЕНЕДЖМЕНТА  
КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ,  
КОММЕРЧЕСКОЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРАХ**

*Под редакцией доктора технических наук, профессора  
С.В. Пономарева*

Рекомендовано Ученым советом университета  
в качестве учебного пособия для студентов  
специальностей 200503.65, 220501.65, 080502.65 и  
направлений 221400.62, 221400.68, 110800.68, 222000.68, 190600.68



---

---

Тамбов  
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
2012

УДК 338.24.004.12(075.8)  
ББК У291.823я73  
У677

Рецензенты:

Доктор технических наук, доктор экономических наук,  
профессор ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
*Б.И. Герасимов*

Директор ФБУ «Государственный региональный центр  
стандартизации, метрологии и испытаний в Тамбовской области»  
*И.Н. Левчук*

Авторский коллектив:

*С.В. Пономарев, Г.А. Соседов, Е.С. Мищенко, В.М. Панорядов,  
Н.М. Гребенникова, А.Г. Дивин, Д.А. Дивина, В.М. Жилкин,  
А.Ю. Сенкевич, Г.В. Шишкина*

У677 Управление качеством процессов и продукции. В 3-х кн. Кн. 2 :  
Инструменты и методы менеджмента качества процессов в произ-  
водственной, коммерческой и образовательной сферах : учебное  
пособие / С.В. Пономарев, Г.А. Соседов, Е.С. Мищенко и др. ; под  
ред. д-ра техн. наук, проф. С.В. Пономарева. – Тамбов : Изд-во  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 212 с. – 100 экз.  
ISBN 978-5-8265-1133-6

Рассмотрены инструменты и методы менеджмента качества, исполь-  
зуемые при осуществлении постоянного улучшения выполнения процессов  
на каждом уровне организации.

Пособие представляет практический интерес и предназначено студен-  
там специальностей 200503.65, 220501.65, 080502.65 и направлений  
221400.62, 221400.68, 110800.68, 222000.68, 190600.68 при изучении дисци-  
плин «Метрология, стандартизация, сертификация», «Системы менеджмента  
качества», «Всеобщее управление качеством», «Статистические методы  
контроля и управления качеством» и др. Также будет полезно специали-  
стам промышленных предприятий, занимающимся вопросами разработки,  
внедрения и практического использования систем менеджмента качества.

УДК 338.24.004.12(075.8)  
ББК У291.823я73

**ISBN 978-5-8265-1133-6**

© Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический  
университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2012

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

В данном учебном пособии рассматриваются специальные вопросы, связанные с использованием требований и рекомендаций международных стандартов ИСО серии 9000 для целей управления качеством продукции, услуг и процессов [1 – 19].

Предлагаемое пособие было подготовлено к опубликованию по результатам многократного чтения курсов лекций «Управление качеством продукции на основе требований международных стандартов ИСО серии 9000. Внутренний аудит качества» как для студентов Тамбовского государственного технического университета, так и для специалистов промышленных предприятий Тамбовской области. В большинстве случаев обучение специалистов проводилось на заводах, занимавшихся подготовкой систем менеджмента качества к сертификации по требованиям ГОСТ Р ИСО 9001–2001.

Во введении достаточно подробно рассматриваются рекомендации по осуществлению процесса постоянного улучшения в системе менеджмента качества организации.

В первой главе подробно рассматриваются так называемые «семь простых (старых) японских инструментов контроля и управления качеством», а именно:

- контрольный листок;
- гистограмма;
- расслоение (стратификация) данных;
- причинно-следственная диаграмма Исикавы;
- диаграмма Парето;
- диаграмма разброса;
- контрольная карта.

Эти семь инструментов оперируют преимущественно с числовыми данными. Исключением является диаграмма Исикавы типа «рыбья кость», используемая для наглядного представления вербальной (словесной, не числовой) информации. По этому признаку диаграмму Исикавы следовало бы перенести во вторую главу, однако, исторически так сложилось, что этот инструмент (диаграмма Исикавы) традиционно рассматривается в составе семи старых (простых) японских инструментов. Поэтому диаграмма Исикавы обсуждается именно в первой главе.

Во второй главе обсуждаются так называемые «новые инструменты управления качеством», а именно:

- мозговая атака (штурм, осада);
- анализ поля сил;

- диаграмма сродства;
- диаграмма (график) связей;
- древовидная диаграмма (дерево решений);
- матричная диаграмма (таблица качества);
- стрелочная диаграмма;
- поточная диаграмма;
- диаграмма процесса осуществления программы;
- матрица приоритетов (анализ матричных данных).

Этот набор инструментов позволяет облегчить решение проблем управления качеством в тех случаях, когда исходная информация представлена не в численной, а в какой-либо другой форме, например, в виде словесных (вербальных) описаний.

Заключительная третья глава посвящена так называемым комплексным инструментам и методологиям управления качеством, в частности, в этой главе рассмотрены:

- коллективная работа в командах;
- методология SWOT-анализа;
- анализ форм и последствий отказов (FMEA-методология);
- развертывание функции качества («Дом качества», QFD-методология);
- методология реинжиниринга;
- бенчмаркинг (методология реперных точек);
- методы математического моделирования и оптимизации;
- методы планирования и организации эксперимента;
- методология решения проблем.

Представленные в данном учебном пособии результаты были достигнуты при финансовой поддержке министерства образования и науки Российской Федерации (гос. задание № 7.4583.2011 и соглашение № 14.В37.21.0450).

## ВВЕДЕНИЕ

---

В последнее время передовые предприятия и организации Российской Федерации осуществляют внедрение систем менеджмента качества (СМК) по требованиям международных стандартов (МС) новой версии ИСО серии 9000 первоначально в редакции 2000 г., преобразованных в 2001 г. в Российские национальные стандарты [17 – 19], а затем в редакции 2008 г. [64 – 66]. При подготовке систем менеджмента качества к сертификации, их разработчики, как правило, принимают во внимание и ориентируются на то, что рекомендации и требования новой версии МС ИСО серии 9000 в значительной степени приближены к подходам так называемого всеобщего управления качеством [1, 6, 8, 10, 11, 59]. В этом смысле стандарты новой версии МС ИСО серии 9000, как и философия всеобщего управления качеством, нацелены на *постоянное улучшение* выполнения процессов (работ) на каждом уровне организации и при каждом виде деятельности за счет подходов, основанных [1, 8] на:

- мониторинге, исследовании и оценке процессов, с помощью которых выполняется работа, как в отдельных подразделениях, так и в масштабе всей организации [3, 18, 64];
- оценке результативности и эффективности процессов [17, 63];
- коллективной работе как в командах, создаваемых для выполнения конкретных проектов в установленные сроки, так и в кружках качества, работающих на постоянной основе [63];
- формировании производственных отношений и культурной среды, базирующихся на доверии, признании успехов и уважении, способствующих вовлечению работников в активный поиск возможностей улучшений [12];
- применении количественных, в том числе статистических, методов и инструментов мониторинга, анализа и выработки управленческих решений (см. главу 1);
- применении новых методов и инструментов управления качеством, работающих преимущественно с вербальной (словесной, не числовой) информацией и обсуждаемых во 2 главе;
- применении комплексных инструментов и методологий улучшения качества, работающих как с числовой, так и с вербальной информацией, достаточно подробно рассмотренных в 3 главе;
- постоянном использовании восьми принципов менеджмента качества, сформулированных в [17, 19, 63, 64, 66] и, по существу,

представляющих собой краткое изложение философии [1, 8] всеобщего управления качеством.

Для того, чтобы усовершенствование процессов и всех видов деятельности в организации стало не только результативным, но и эффективным, в рамках системы менеджмента качества рекомендуется [18, 19, 63, 65] выделить, определить и внедрить процесс постоянного улучшения, который можно применять к процессам жизненного цикла продукции, к вспомогательным процессам и к другим видам деятельности. Такой процесс постоянного улучшения можно использовать как средство улучшения внутренней результативности и эффективности организации, а также для повышения удовлетворенности потребителей и других заинтересованных сторон [19, 63].

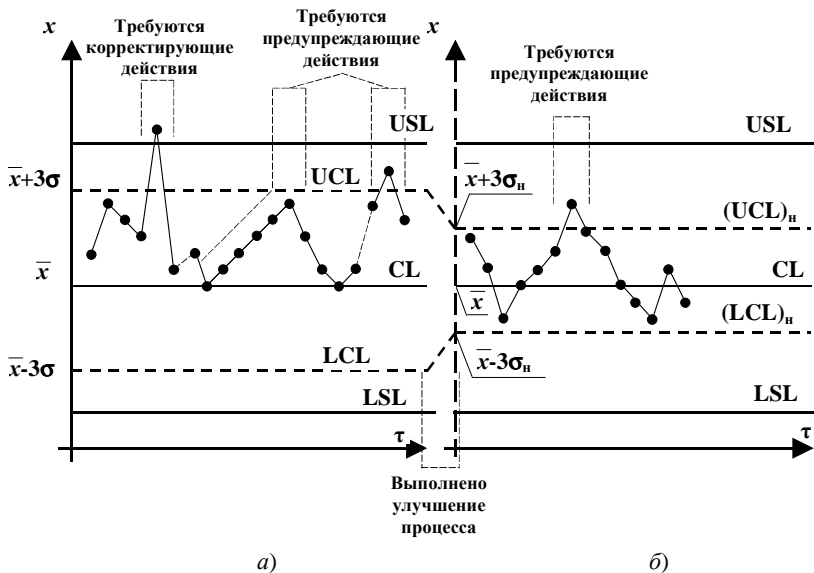
### **В.1. Отличие процесса постоянного улучшения от корректирующих и предупреждающих действий**

Следует отметить, что до последнего времени даже у специалистов, занимающихся предоставлением консультационных услуг организациям (при внедрении и подготовке к сертификации систем менеджмента качества по требованиям ГОСТ Р ИСО 9001–2008), нет единого мнения о том, каким образом должен осуществляться процесс постоянного улучшения. Иногда на вопрос о том, каким образом следует осуществлять постоянное улучшение – поступали ответы, сводящиеся к тому, что процесс постоянного улучшения есть простая совокупность процессов корректирующих и предупреждающих действий, т.е.

$$\boxed{8.5.1. \text{Постоянное улучшение}} = \boxed{8.5.2. \text{Корректирующие действия}} + \boxed{8.5.3. \text{Предупреждающие действия}} \quad (B.1)$$

Если бы формула (B.1) была справедлива, то, на наш взгляд, в международном стандарте ИСО 9001:2008 не потребовалось бы вводить процесс 8.5.1 «Постоянное улучшение», а достаточно было бы ограничиться имевшимися ранее процессами корректирующих и предупреждающих действий.

Проиллюстрируем отличие результата процесса постоянного улучшения от результатов корректирующих и предупреждающих действий с использованием контрольных карт, представленных на рис. В.1.



**Рис. В.1. Иллюстрация отличия процесса постоянного улучшения от предупреждающих и корректирующих действий:**

*a* – контрольная карта до выполнения проекта совершенствования;  
*б* – контрольная карта после выполнения проекта совершенствования

На рисунке В.1, *a* приведен пример контрольной карты процесса до выполнения проекта совершенствования этого процесса. На этом рисунке использованы обозначения:

USL, LSL – верхняя и нижняя границы поля допуска;

CL – центральная линия, представляющая собой середину поля допуска (желательно, чтобы среднееарифметическое значение  $\bar{x}$  характеристики качества  $x$  совпадало со значением CL);

UCL, LCL – верхний и нижний контрольные пределы, образующие так называемые трехсигмовые зоны, и вычисляемые по формулам:

$$UCL = \bar{x} + 3\sigma, \quad LCL = \bar{x} - 3\sigma,$$

где  $\sigma$  – среднееквадратичное отклонение характеристики качества  $x$  процесса.

Напомним, что оператор может вмешиваться в ход процесса и выполнять корректирующие или предупреждающие действия только при появлении на контрольной карте так называемых сигнальных признаков [63], рассмотренных в п. 1.7.4 первой главы.

По рисунку В.1, а видно, что на пятом шаге контроля впервые проявился сигнальный признак (характеристика качества  $x$  оказалась за пределами поля допуска), требующий выполнения корректирующих действий [17, 63] для устранения причины несоответствия и предотвращения повторного возникновения несоответствия. После выполнения оператором корректирующих действий, очередная точка оказалась в пределах контрольных пределов  $LCL < x < UCL$ .

При появлении следующего сигнального признака (шесть или более точек подряд образуют ряд монотонно возрастающих или убывающих значений) оператор опять вмешался в ход процесса и выполнил предупреждающие действия [17, 63] для устранения причины потенциального несоответствия. В результате точки на контрольной карте вновь приблизились к середине поля допуска. При появлении очередного сигнального признака (одна точка оказалась за верхним контрольным пределом  $UCL$ ) оператор вновь выполнил предупреждающие действия и предотвратил появление потенциального несоответствия. В итоге очередные точки контрольной карты опять вернулись в пределы трехсигмовых зон.

Из изложенного выше видно, что выполнение как корректирующих, так и предупреждающих действий обычно не приводит к изменению показателей качества самого процесса.

Приведенный пример показывает, что после вмешательства оператора в ход процесса для выполнения корректирующих или предупреждающих действий, точки контрольной карты возвращаются в трехсигмовые зоны ( $UCL - CL$ ) и ( $CL - LCL$ ) и приближаются к середине поля допуска  $CL$ . Однако, значения верхнего  $UCL$  и нижнего  $LCL$  контрольных пределов, характеризующих изменчивость, а значит и качество процесса, в результате выполнения корректирующих и предупреждающих действий обычно не изменяются. Таким образом, корректирующие и предупреждающие действия, хотя они и направлены на процесс, в большинстве случаев не изменяют сам процесс и показатели его качества.

*Примечание.* Мы не утверждаем, что в результате выполнения корректирующих и/или предупреждающих действий не может быть достигнуто совершенствование процесса, однако считаем, что в этих случаях улучшение показателей качества процесса не является обязательным (характерным) и имеет место при выполнении относительно небольшой доли корректирующих и предупреждающих действий.

Выполнение же проектов совершенствования процессов в рамках процесса «8.5.1 Постоянное улучшение» в абсолютном большинстве случаев должно приводить к улучшению показателей качества, напри-



мер, к уменьшению изменчивости процесса (сокращению ширины трехсигмовых зон  $UCL - CL$  и  $CL - LCL$ ).

После выполнения проекта совершенствования процесса, изменчивость которого ранее соответствовала контрольной карте, представленной на рис. В.1, *а*, удалось существенно уменьшить ширину трехсигмовых зон  $(UCL)_n - CL$  и  $CL - (LCL)_n$ . В результате появилась возможность осуществлять процесс так, как это показано на рис. В.1, *б*. На этом рисунке использованы обозначения:

$(UCL)_n$ ,  $(LCL)_n$  – новые значения верхнего и нижнего контрольных пределов, вычисляемые по формулам:

$$(UCL)_n = \bar{x} + 3\sigma_n, \quad (LCL)_n = \bar{x} - 3\sigma_n,$$

где  $\sigma_n$  – новое значение среднеквадратичного отклонения характеристики качества  $x$  процесса.

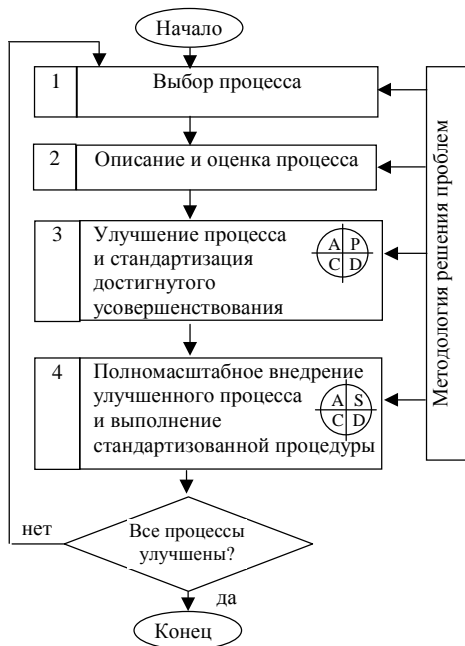
Конечно возможна ситуация, когда в результате работы команды, созданной для осуществления проекта совершенствования какого-либо процесса, не будет достигнуто улучшение этого процесса. Однако, в большинстве случаев проекты совершенствования конкретных процессов завершаются успешным выполнением задания (если высшее руководство организации правильно определило цели и задачи работы, выделило необходимые ресурсы и обеспечило необходимую поддержку работы членов команды).

Ниже рассматривается точка зрения, что наряду с процессами корректирующих и предупреждающих действий, в системе менеджмента качества следует выделить, определить и внедрить процесс постоянного улучшения качества.

## **В.2. Процесс постоянного улучшения и его связь с другими процессами СМК**

Процесс 8.5.1 «Постоянное улучшение» [18, 63, 64] в системе менеджмента качества следует рассматривать как основу систематической упорядоченной работы (в составе команд), направленной на непрерывное улучшение качества в масштабе всей организации. Для претворения в жизнь процесса постоянного улучшения каждый в организации должен рассматривать непрерывное усовершенствование как нечто обычное.

На рисунке В.2 проиллюстрировано взаимоотношение между различными составными частями (стадиями) процесса постоянного улучшения [63].



**Рис. В.2. Графическая модель процесса постоянного улучшения (развития) качества**

Видно, что процесс постоянного улучшения при каждом его новом повторении (на очередной итерации) можно рассматривать как процесс, состоящий из четырех стадий [63]:

- выбор процесса;
- описание и оценка процесса;
- улучшение процесса и стандартизация достигнутого совершенствования;
- полномасштабное внедрение улучшенного процесса и выполнение стандартизированной процедуры.

При каждом новом повторении всех четырех стадий процесса постоянного улучшения (см. рис. В.2) следует постоянно использовать [8, 63] так называемую методологию решения проблем, представляющую собой детализацию известного цикла улучшения качества Plan – Do – Check – Act (PDCA) Деминга. Эта методология решения проблем рассмотрена ниже в главе 3.

На рисунке В.3 приведена графическая модель взаимодействия процесса постоянного улучшения с другими процессами СМК, наиболее тесно связанными с этим процессом.

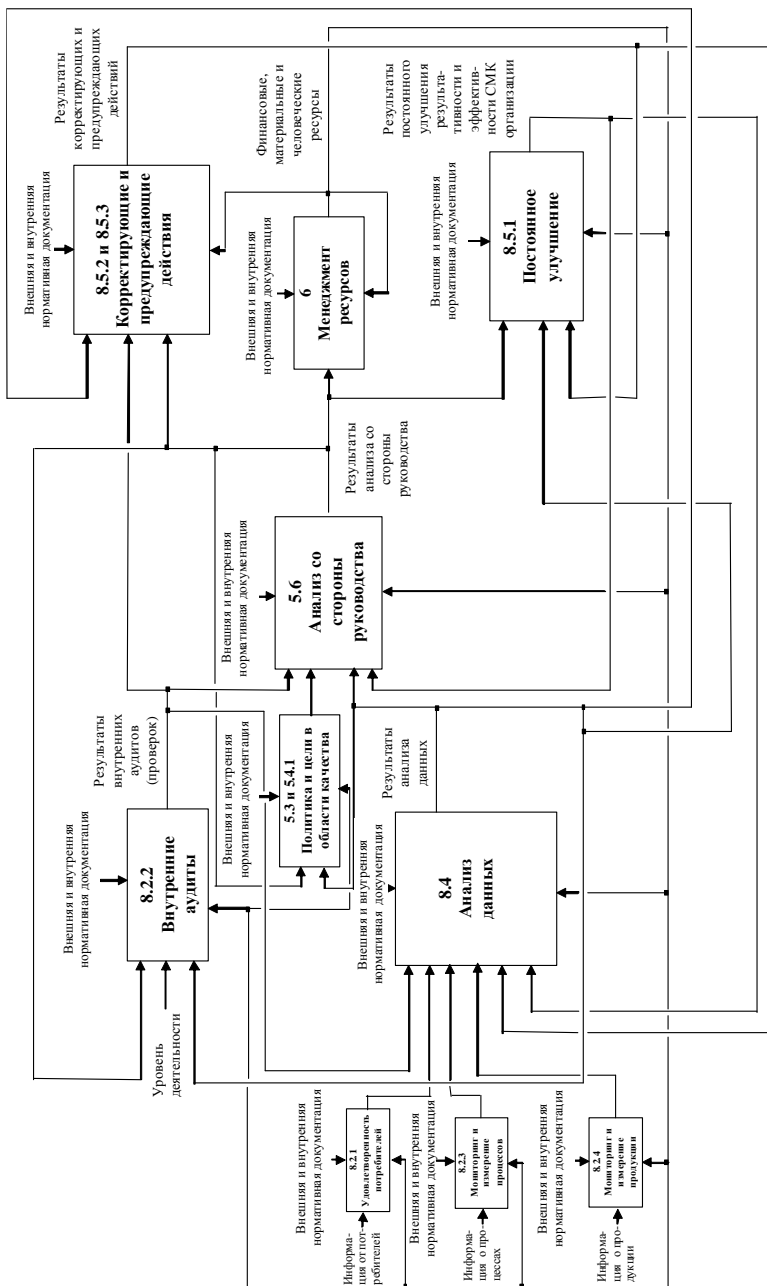


Рис. В.3. Взаимосвязь процесса постоянного улучшения с другими процессами СМК

Из этой графической модели видно, что одним из главных входов процесса постоянного улучшения являются результаты анализа со стороны руководства, так как именно высшее руководство выделяет финансовые и другие виды ресурсов, необходимые для выполнения проектов усовершенствования качества в организации. Другими основными входами процесса постоянного улучшения являются:

- результаты анализа данных (степени удовлетворенности потребителей, мониторинга и измерения как процессов, так и продукции);
- результатов корректирующих и предупреждающих действий.

В свою очередь, входами процесса «Анализ со стороны руководства», наряду с результатами анализа реализации политики и целей в области качества, являются также выходы процессов:

- внутренние аудиты;
- анализ данных;
- постоянное улучшение.

Следует обратить внимание читателей на то, что все процессы системы менеджмента качества (в [55] перечислены 52 элемента-процесса СМК) взаимосвязаны с процессами «Постоянное улучшение» и «Анализ со стороны руководства». Однако, на рис. В.3 приведены только те процессы, которые, по мнению авторов данного учебного пособия, наиболее тесно связаны с процессом «Постоянное улучшение».

### **В.3. Основные стадии выполнения очередной итерации процесса постоянного улучшения**

#### **В.3.1. Выбор процесса**

На первой стадии каждой итерации *процесса постоянного улучшения* осуществляется выбор процесса, который на данный момент является наиболее критическим (дефектоносным) и в первую очередь нуждается в усовершенствовании, либо представляет наибольшие возможности для улучшения.

При выборе такого процесса следует использовать [65]:

- результаты внутренних и внешних аудитов (п. 8.2.2 [65]);
- результаты анализа данных, предоставляющих информацию:
  - а) об удовлетворенности потребителей (п. 8.2.1 [65]),
  - б) по определению требований к продукции (п. 7.2.1 [65]),
  - в) по мониторингу и измерению процессов (п. 8.2.3 [65]) и продукции (п. 8.2.4 [65]);
- результаты корректирующих (п. 8.5.2 [65]) и предупреждающих (п. 8.5.3 [65]) действий;

– результаты анализа со стороны руководства (п. 5.6 [65]), в том числе, анализа политики (п. 5.3 [65]) и целей в области качества (п. 5.4.1 [65]).

Перечисленные выше процессы (со ссылками на пункты ГОСТ Р ИСО 9001–2008 [65]) представляют собой входы рассматриваемого процесса постоянного улучшения.

В результате выполнения первой стадии должно быть сделано следующее:

1) осуществлен выбор критического процесса, который представляет собой наиболее серьезную проблему, либо наибольшие возможности для усовершенствования;

2) создана команда из специалистов подразделений, имеющих отношение к рассматриваемому процессу, которая в дальнейшем будет заниматься улучшением этого процесса;

3) определены цели усовершенствования.

### **В.3.2. Описание и оценка процесса**

На второй стадии специалисты созданной команды определяют границы и описывают ранее выбранный процесс в том виде, в каком он осуществляется до последнего времени. При необходимости, путем проведения мониторинга и измерений в ходе процесса, проверяют – верно ли понят и описан этот процесс, удовлетворяет ли он требованиям потребителей. Мониторинг и измерения в ходе действующего процесса позволяют:

- локализовать симптомы имеющейся проблемы;
- понять возможные причины этой проблемы;
- определить возможные пути улучшения процесса;
- сформировать мнение о требующихся изменениях;
- обеспечить уверенность, что требования потребителей будут выполнены;

- определить существующее положение дел как основу для последующего сравнения;

- сформировать индикаторы (показатели) для оценки уровня выполнения процесса.

Выполнение процесса может быть описано и оценено с применением:

- основных (простых, старых) методов и инструментов контроля и управления качеством, рассмотренных ниже в главе 1;

- новых методов и инструментов улучшения качества, обсуждаемых в главе 2;

- комплексных инструментов и методологий улучшения качества, сведения о которых приведены ниже в главе 3.

При описании процесса «как есть» рекомендуется использовать поточные диаграммы (см. главу 2), часто называемые картами или блок-схемами процессов. На этих поточных диаграммах должны быть представлены места (точки контроля), в которых следует проводить измерения для того, чтобы сначала проконтролировать, а затем уменьшить вариацию (изменчивость) процесса с целью достичь неизменного (стабильного) качества.

При оценке уровня выполнения процесса можно рекомендовать использование следующих показателей-индикаторов [8, 63]:

- характеристики качества продукции;
- время выполнения процесса;
- результативность процесса, например, отношение достигнутых результатов к запланированным показателям;
- эффективность процесса, например, соотношение между фактическим и запланированным расходом ресурсов;
- добавленная в ходе процесса ценность, например, разница между отпускной ценой и себестоимостью продукции.

После выполнения второго этапа должны быть сформированы [63]:

1) описание рассматриваемого процесса «как есть» в виде поточных диаграмм (блок-схем, карт процесса);

2) определены показатели-индикаторы качества осуществления этого процесса и фактические значения этих показателей, которые в дальнейшем будут использоваться в качестве базы для оценки достигнутого улучшения;

3) намечены возможные пути улучшения процесса.

### **В.3.3. Улучшение процесса и стандартизация достигнутого совершенствования**

На этой стадии осуществляется собственно улучшение процесса. При этом следует использовать методологию решения проблем, приведенную ниже в п. 3.9, представляющую собой детализированный вариант цикла улучшения Plan–Do–Check–Act (PDCA) Деминга [1, 2, 6, 8 – 12, 62].

Цикл улучшения PDCA Деминга включает в себя четыре фазы и предусматривает выполнение следующих действий [1, 2, 6, 8 – 12]:

○ *Планируйте (Plan)* улучшение. Отберите, идентифицируйте и определите проблему, разработайте анкету (опросный лист), соберите необходимую информацию, проанализируйте доступные данные о процессе, определите критические факторы успеха, определите показатели (индикаторы) и критерии осуществления процесса, установите цели улучшения, генерируйте множество возможных решений про-

блемы, отберите наиболее перспективное решение (основываясь на затратах и/или выгодах) и выработайте план действий, позволяющий осуществить это решение. Несмотря на то, что большая часть этих подготовительных действий была уже выполнена на первых двух этапах (см. п. В.3.1 и п. В.3.2), желательно на этом этапе рассмотреть их еще раз и заново обдумать.

○ *Делайте (Do)*, выполняйте запланированное. Сначала осуществите план или решение в малом масштабе, проверьте выбранное решение и, если надо, выполните эксперименты. Опишите подлежащий улучшению процесс, осуществите причинно-следственный анализ (диаграмма Исикавы), идентифицируйте корневые (главные) причины. Проведите тренировку членов команды по использованию методов и средств улучшения качества.

○ *Проверяйте (Check)*. Оцените результаты осуществления запланированного с помощью показателей (индикаторов) и критериев выполнения процесса, проверьте, достигнуты ли цели, и сравните результаты с нормами или теорией. При необходимости (если улучшение не достигнуто) начните работу с начала цикла PDCA.

○ *Действуйте (Act)*. Достигнутое улучшение процесса должно быть превращено в стандартную процедуру, в соответствии с которой в каждый последующий момент времени этот процесс мог быть осуществлен одинаковым образом при минимальной изменчивости (вариации) его характеристик [1, 2, 6, 8 – 12].

Процесс стандартизации – это средство, позволяющее охарактеризовать и определить границы процесса, а также обеспечить гарантию, что каждый будет понимать и, главное, исполнять этот процесс соответствующим образом. В результате появляется детальная документированная рабочая процедура (методика), представляющая собой не только описание лучшего из известных способов исполнения процесса, но и средство для предотвращения возможных повторений старых ошибок работниками, осуществляющими процесс. Это описание порядка осуществления действий включает в себя и все относящиеся к делу требования к контролируемым параметрам качества процесса. Эти требования основаны на измерениях (оценках), а также на учете требований и ожиданий потребителей. При этом определяют как верхние, так и нижние предельные значения контролируемых параметров процесса, основываясь на предоставленной потребителями обратной связи и с учетом реальных возможностей процесса. Таким путем порядок осуществления процесса может быть зарегистрирован и, в конечном счете, отрегулирован и приведен в порядок.

Изложите в письменном виде (на бумаге) стандартные процедуры осуществления процесса, доведите эти процедуры до работников и

создайте благоприятные условия для внедрения этих процедур в практическую деятельность предприятия. Разрабатывать стандарты осуществления процесса и его процедур должны специалисты, которые не только занимались улучшением процесса, но и будут участвовать в выполнении этого процесса в дальнейшем. Оцените результаты, документируйте извлеченные на этой фазе работы уроки, осуществляйте улучшение и мониторинг процесса, стандартизируйте корректировку (регулировку) процесса. Это предполагает изменение или замену существующих документированных рабочих процедур и доведение информации об этом до всех работников, участвующих в выполнении процесса. Новые стандарты (правила и нормы) осуществления процесса должны быть незамедлительно доступны для всех работников, вовлеченных в процесс. Благодаря этому все смогут начать извлекать выгоду из самого последнего усовершенствования.

После успешного выполнения третьей стадии должны появиться:

- 1) экспериментально проверенное решение, обеспечивающее достижение поставленных целей улучшения;
- 2) результаты оценки и подтверждения степени улучшения рассматриваемого процесса по сравнению с положением дел на момент начала работы;
- 3) разработана и утверждена документированная процедура (рабочая инструкция) осуществления улучшенного процесса;
- 4) план действий по внедрению достигнутого улучшения процесса в полном масштабе.

#### **В.3.4. Полномасштабное внедрение улучшенного процесса и выполнение стандартизированной процедуры**

Если запланированное и осуществленное в малом масштабе усовершенствование привело к необходимому улучшению процесса, то полученные результаты надо внедрить в практическую деятельность организации.

При полномасштабном внедрении и выполнении стандартизированной процедуры улучшенного процесса следуйте рекомендациям цикла обеспечения качества Standardize–Do–Check–Act (SDCA) Деминга [1, 8, 63]:

- *Стандартизируйте (Standardize)*. Осуществите внедрение изложенного в стандартной процедуре и ранее испытанного (проверенного) улучшения в практическую деятельность организации. Примите меры для переподготовки, обучения и тренировки персонала, чтобы гарантировать правильное выполнение требований стандартов (норм и правил).



○ *Выполняйте (Do)*. Обучите и, если надо, потренируйте работников в деле использования этих процедур, сделайте эти процедуры доступными и настойчиво требуйте их применения.

○ *Проверяйте (Check)*. Измеряйте и контролируйте осуществление процесса в соответствии с установленными процедурами и реагируйте на выявленные проблемы, идентифицируйте причины оставшейся нестабильности процесса и проверяйте показатели правильности выполнения процесса с применением всех доступных средств и методов.

○ *Действуйте (Act)*. Реализуйте собственно выполнение документально оформленной процедуры улучшенного процесса. Обязательное выполнение требований стандартизированной процедуры является приоритетом данной стадии. Под установленными требованиями подразумевается:

- область применения документированной процедуры;
- распределение ответственности за выполнение требований документированной процедуры и управление описываемым процессом;
- требования к входам и выходам описываемого процесса;
- определение поставщиков и потребителей описываемого процесса;
- описание основных ресурсов;
- определение показателей оценки процесса;
- внесение изменений в описание процесса (в зависимости от результатов проверки) для сведения причин нестабильности (изменчивости) процесса к минимуму и пр.

Документируйте предпринимаемые корректирующие и предупреждающие действия, направленные на снижение изменчивости процесса, уточните (приведите в порядок) процедуры и документально зафиксируйте извлеченные на этом этапе уроки, знания и опыт.

Обязательное выполнение требований стандартизированной процедуры персоналом организации, на который распространяется область действия документально оформленной процедуры улучшенного процесса, приведет к тому, что процесс будет осуществляться одинаковым образом при минимальной изменчивости (вариации) его характеристик в каждый последующий момент времени.

Прежде чем перейти к решению следующей проблемы (см. рис. В.2), важно для усовершенствованного процесса рассмотреть его результативность, например:

- улучшение рабочей окружающей обстановки;
- выбор оптимальной организации процесса;
- использование систем технического обслуживания и технического ремонта.

После завершения четвертой стадии должно быть достигнуто следующее [63]:

1) внедрена документированная процедура (рабочая инструкция) осуществления улучшенного процесса;

2) осуществлена подготовка персонала, например, путем обучения и тренировки на рабочих местах;

3) осуществлено внедрение улучшенного процесса в масштабе всей организации;

4) опыт, накопленный командой, занимавшейся решением задачи улучшения процесса, должен быть доведен до всех подразделений организации с целью широкого использования этого опыта.

\* \* \*

Благодаря бесперебойному использованию процесса постоянного улучшения, базирующегося на применении методологии решения проблем (см. главу 3), PDCA и SDCA циклов Деминга, постоянно достигается снижение изменчивости наиболее важных процессов в организации, а результаты деятельности организации постоянно улучшаются. Постоянная обратная связь, поступающая от потребителей, совершенно необходима на всех четырех стадиях процесса постоянного улучшения для того, чтобы продолжить удовлетворение потребностей и ожиданий потребителей.

Стадия «Выбор процесса» (на каждой итерации процесса постоянного улучшения качества) должна постоянно осуществляться для того, чтобы соответствовать современным (текущим) изменяющимся потребностям потребителей и правильно выбрать очередной критический процесс, требующий улучшения. Это проиллюстрировано на рис. В.2 с использованием блока проверки условия «Все процессы улучшены?» При ответе «Нет» на этот вопрос – от стадии «Полномасштабное внедрение улучшенного процесса и выполнение стандартизированной процедуры» вновь следует возвратиться на начало процесса постоянного улучшения, а именно, на стадию «Выбор процесса». В результате непрерывного повторения процесса постоянного улучшения ожидания потребителя постоянно удовлетворяются.

Восемь шагов методологии решения проблемы (см. главу 3) должны постоянно применяться на всех четырех стадиях рассматриваемого здесь процесса улучшения качества. Таким образом, методология решения проблемы является неотъемлемой частью обсуждаемого процесса постоянного улучшения качества.

В заключение следует отметить, что при осуществлении процесса постоянного улучшения качества рекомендуется [8, 63]:

- оценивать работу в команде и результаты выполнения очередного проекта после его завершения;
- планировать и осуществлять дальнейшие шаги после завершения каждого проекта, а именно:
  - документировать то, чему научились;
  - демонстрировать признательность членам команды за их усилия;
  - сертифицировать (верифицировать, осуществлять валидацию, подтверждать, утверждать) улучшенный процесс.

После завершения очередной итерации процесса постоянного улучшения применительно к ранее самому критическому процессу, необходимо (см. рис. В.2) выбрать новый процесс, подлежащий усовершенствованию, и вновь осуществить все четыре стадии, постоянно повторяемые на каждой итерации процесса постоянного улучшения.

# Глава 1. ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ, АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

---

Среди простых статистических методов и инструментов [1, 8 – 11, 30 – 45, 63], названных так ввиду их сравнительной несложности, убедительности и доступности, наибольшее распространение получили семь методов, выделенных в начале 1950-х гг. японскими специалистами под руководством К. Исикавы. В своей совокупности эти методы образуют эффективную систему методов контроля и анализа качества. С их помощью, по свидетельству самого К. Исикавы, может решаться до 95% всех проблем, находящихся в поле зрения производителей. Согласно К. Исикаве в число семи простых методов входят: контрольный листок, гистограмма, расслоение (стратификация) данных, причинно-следственная диаграмма Исикавы, диаграмма Парето, диаграмма разброса и контрольная карта.

Рассматриваемые в данной главе инструменты часто называют «Семь простых японских статистических методов контроля, анализа и управления качеством». Использование слова «статистические» в этом названии обусловлено тем фактом, что большинство этих методов-инструментов предназначены для работы с числовыми (статистическими) данными, собранными в ходе контроля и управления процессом. Исключением является только четвертый метод-инструмент «Причинно-следственная диаграмма Исикавы», оперирующий преимущественно с вербальной (представленной в словесной форме) информацией.

## 1.1. КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК

Контрольный лист (листок) – это форма для систематического сбора данных и автоматического их упорядочивания для облегчения дальнейшего использования собранной информации [1, 9 – 11, 38 – 45, 63].

Контрольный листок – это бумажный бланк, на котором заранее напечатаны названия и диапазоны контролируемых показателей с тем, чтобы можно было легко и точно записать данные измерений и упорядочить их для дальнейшего использования. Этот инструмент (контрольный листок) служит средством для сбора и упорядочения первичных данных. Он используется для получения ответа на вопрос: «Как часто встречаются изучаемые события?»

Применяются следующие виды контрольных листов:

- контрольный листок для регистрации измеряемого параметра в ходе производственного процесса;
- контрольный листок для регистрации видов несоответствий;
- контрольный листок для оценки воспроизводимости и работоспособности технологического процесса и т.п.

Этапы выполнения сбора данных с использованием контрольных листов [1, 9 – 11, 30 – 45, 63]:

1. Сформулируйте соответствующие вопросы относительно конкретных требований по качеству.
2. Выберите необходимые методы анализа данных и удостоверьтесь в их эффективности.
3. Правильно обозначьте точки сбора данных в технологическом процессе.
4. Назначьте добросовестного рабочего для сбора данных.
5. Оцените способности и возможности рабочего по своевременному сбору данных.
6. Разработайте формы бланков для сбора данных (формы контрольных листов).
7. Подготовьте инструкции по выполнению сбора данных.
8. Тщательно проверьте разработанные бланки и инструкции.
9. Проведите инструктаж и обучение рабочих.
10. Периодически проверяйте осуществление процесса сбора данных и получаемые результаты.

Форма контрольного листка разрабатывается в соответствии с конкретной ситуацией. В любом случае в нем указываются:

- объект изучения (например, наименование и/или чертеж изделия или детали);
- таблица регистрации данных о контролируемом параметре (например, линейный размер изделия или детали);
- место контроля (цех, участок);
- должность и фамилия работника, регистрирующего данные;
- дата сбора данных;
- продолжительность наблюдения и наименование контрольного прибора (если он применяется в ходе наблюдения).

В регистрационной таблице в соответствующей графе проставляются точки, черточки, крестики и другие условные знаки, соответствующие количеству наблюдаемых событий.

При регистрации количества событий могут быть использованы следующие символы:

Количество событий	Первый вариант регистрации	Второй вариант регистрации
1	/	•
2	//	• •
3	///	• • •
4	////	• • • •
5	####	• • • •
6	####/	• — • • •
7	####//	• — • • — • • •
8	####///	• — • • — • • — • • •
9	####////	• — • • — • • — • • — • • •
10	#### ####	• — • • — • • — • • — • • — • • •
11	#### ####/	• — • • — • • — • • — • • — • • — • • •

Диапазон применения контрольных листков очень широк, а их виды весьма разнообразны. При подготовке контрольных листков нужно следить за тем, чтобы использовались наиболее простые способы их заполнения (цифры, условные значки), чтобы число контролируемых параметров было по возможности наименьшим, чтобы форма листка была проста для заполнения и анализа. Бланки контрольных листков должны быть напечатаны на бумаге, исключаящей расплывание чернил, и иметь удобный для хранения и использования формат.

*Примечание:* в современных условиях, когда для контроля и/или управления производственными процессами используются компьютеры, контрольные листки предпочтительно заполнять непосредственно в памяти компьютера, отказавшись от использования бумажных бланков.

В качестве примеров контрольных листков можно назвать:

- график температуры больного;
- контрольный листок для сбора данных об отказавших деталях телевизоров;
- контрольный листок для сбора информации о дефектах при производстве тентовых материалов и т.д.

Ниже приведены примеры контрольных листков для сбора информации.

### Контрольный листок 1.1

для сбора данных о пороках  
при производстве тентового материала

Наименование продукции материал с поливинилхлоридным покрытием для автотранспорта

Артикул ткани ЗС-81-96-03

Цех 7 Участок 2 Контролер Петрова И.С.

Дата 19.03.10

Наименование порока	Номер партии	Общее количество пороков, метр погонный (м.п.)
	П-253	
	Результат контроля / Количество пороков (м.п.)	
Концевые	☒☒☒☒☒	50
Складки	∴	3
Засечки	∴	4
Вмятины	┌.	6
Грязь	.	1
Прочие дефекты	∴	4
Итого:		68

Контролер \_\_\_\_\_  
(ПОДПИСЬ)

Петрова И.С.  
(Ф.И.О.)

По результатам сбора данных, произведенным для нескольких партий с использованием рассмотренного выше контрольного листка, может быть составлена сводная таблица.

**Таблица 1.1**

Результаты сбора информации о пороках в производстве  
тентового материала с поливинилхлоридным покрытием  
для автотранспорта

Наименование порока	Номер партии				Общее количество пороков, метр погонный (м.п.)
	П-253	П-254	П-255	П-256	
	Результат контроля / Количество пороков (м.п.)				
Концевые	50	50	20	39	159
Складки	3	10	18	20	51
Засечки	4	10	10	12	36
Вмятины	6	5	8	5	24
Грязь	1	2	2	7	12
Прочие дефекты	4	3	6	5	18
Итого:	68	80	64	88	300

Мастер \_\_\_\_\_  
(подпись)

Иванов И.И.  
(Ф.И.О.)

**Задание № 1.1.** Разработайте контрольный листок применительно к вашему производству. Заполните его данными.

## 1.2. ГИСТОГРАММА

Гистограмма – это инструмент [1, 9 – 11, 30, 38 – 45, 63], позволяющий зрительно оценить:

- закон распределения статистических данных;
- величину разброса данных;
- принять решение о том, на чем следует сфокусировать внимание для целей улучшения процесса.

Гистограмма отображается серией столбиков одинаковой ширины, но разной высоты. Ширина столбика представляет интервал в диапазоне наблюдений. Высота столбика представляет количество наблюдений (измерений), попавших в данный интервал. При нормальном законе распределения данных существует тенденция расположения



большинства результатов наблюдений ближе к центру распределения (к центральному значению) с постепенным уменьшением при удалении от центра.

Гистограмма применяется главным образом для анализа значений измеренных параметров, но может использоваться и для оценки показателей возможностей процессов [1, 9 – 11, 15, 35, 63].

Систематизируя показатели качества и анализируя построенную для них гистограмму, можно легко понять вид распределения, а определив среднее значение показателя и стандартное отклонение, можно провести сравнение показателей качества с контрольными нормативами и таким образом получить информацию высокой точности.

### 1.2.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О НОРМАЛЬНОМ ЗАКОНЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

В связи с тем, что теория управления качеством продукции во многих случаях базируется на использовании так называемого нормального закона распределения, рассмотрим этот закон подробнее.

Плотность  $p(x)$  нормального распределения случайной величины  $x$  выражается функцией

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (1.1)$$

зависящей от двух параметров, а именно, от  $\mu$  – математического ожидания и  $\sigma$  – среднеквадратического отклонения нормального распределения.

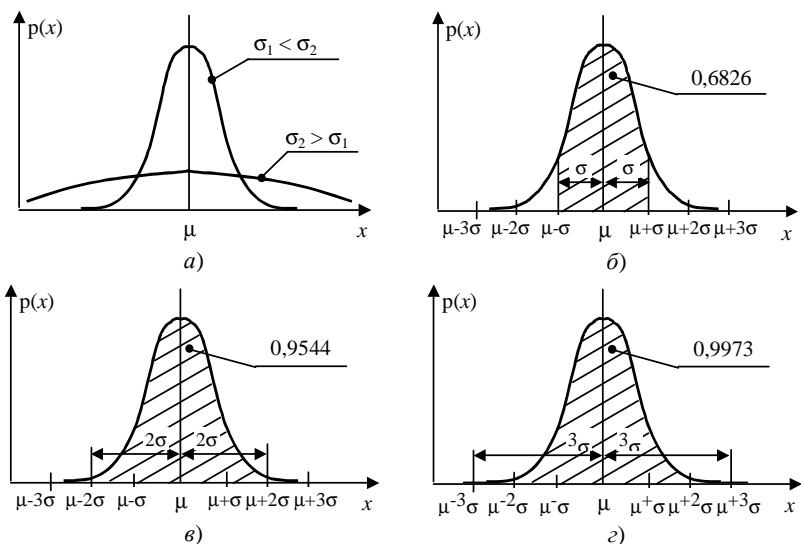
При статистической обработке экспериментально полученных результатов наблюдений  $x_1, x_2, \dots, x_n$  случайной величины  $x$  приближенные оценки значений  $\mu$  и  $\sigma$  могут быть получены по формулам:

$$\mu \approx \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n},$$

$$\sigma \approx S_n = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}.$$

При стремлении  $n \rightarrow \infty$ , оценки  $\bar{x}$  и  $S_n$  стремятся к  $\mu$  и  $\sigma$ , т.е.  $\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{x} = \mu$ ,  $\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \sigma$ .

Графики функции (1.1) приведены на рис. 1.1.



**Рис. 1.1. Нормальный закон распределения**

На рисунке 1.1, *a* приведены графики функции (1.1) при двух значениях параметра  $\sigma$ . Видно, что при меньшем значении  $\sigma_1 < \sigma_2$  колоколообразная кривая падает по обе стороны от вершины более круто, чем при  $\sigma_2$ , имеющем большее значение. С увеличением параметра  $\sigma$  кривая становится более покатой. Однако, независимо от значения параметра  $\sigma$ , площадь под кривой, представляющей собой функцию (1.1), равна единице. Колоколообразная кривая имеет две точки перегиба, расстояние от которых до ординаты вершины, т.е. до вертикали, проведенной через математическое ожидание  $x = \mu$ , равно среднему квадратическому отклонению  $\sigma$ . Заштрихованная на рис. 1.1, *б* площадь криволинейной трапеции, заключенная между ординатами  $x = \mu - \sigma$  и  $x = \mu + \sigma$ , равна 0,6826.

Это означает, что вероятность того, что случайная величина  $x$ , распределенная в соответствии с нормальным законом (1.1), находится в интервале  $(\mu - \sigma < x < \mu + \sigma)$  и равна 0,6826, т.е.

$$\text{Вер} (\mu - \sigma < x < \mu + \sigma) = 0,6826.$$

Если рассмотреть (см. рис. 1.1, *в*) интервал  $(\mu - 2\sigma < x < \mu + 2\sigma)$ , то

$$\text{Вер} (\mu - 2\sigma < x < \mu + 2\sigma) = 0,9544.$$

Аналогично (см. рис. 1.1, *г*) получается

$$\text{Вер} (\mu - 3\sigma < x < \mu + 3\sigma) = 0,9973.$$

Приведем дополнительные сведения о вероятности попадания случайной величины  $x$ , распределенной по нормальному закону, в часто используемые интервалы

$$\text{Вер} (\mu - 1,96\sigma < x < \mu + 1,96\sigma) = 0,95,$$

$$\text{Вер} (\mu - 2,57\sigma < x < \mu + 2,57\sigma) = 0,99,$$

$$\text{Вер} (\mu - 3,291\sigma < x < \mu + 3,291\sigma) = 0,999.$$

## 1.2.2. ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ ГИСТОГРАММЫ

Рассмотрим порядок построения гистограммы, характеризующей управляемость процесса производства валиков, с использованием данных приведенного ниже контрольного листка.

Построение гистограммы, как правило, включает в себя следующие этапы [1, 9 – 11, 38 – 42, 45].

**1. Разработка формы контрольного листка** для сбора первичных данных (см. параграф 1.1). Пример такого контрольного листка для процесса производства валиков приведен ниже.

### Контрольный листок 1.2

для сбора данных для построения гистограммы,  
характеризующей управляемость процесса производства валиков

Дата 01.03.10

Наименование продукции Валик Пр 21/02-01

Участок № 3

Цех № 14

Интервалы размеров	Количество деталей, попадающих в интервал	Количество $k_i$ , шт.	Частота $f_i$ , %
9,975 ... 9,980		0	0
9,980 ... 9,985		0	0
9,985 ... 9,990		1	1,14
9,990 ... 9,995		4	4,55
9,995 ... 10,000	#	20	22,73
10,000 ... 10,005	#          #	35	39,76
10,005 ... 10,010	#      #	21	23,86
10,010 ... 10,015		6	6,82
10,015 ... 10,020		1	1,14
10,020 ... 10,025		0	0
	Итого:	88	100

Рабочий \_\_\_\_\_ / С.С. Сидоров /  
подпись

**2. Сбор статистических данных**  $x_i, i = 1, 2, \dots, N$ , характеризующих ход процесса, и заполнение второго столбца контрольного листка.

После заполнения контрольного листка приступают собственно к построению гистограммы.

**3. Вычисление диапазона данных** (выборочного размаха)

$$R = x_{\max} - x_{\min},$$

где  $x_{\max}$  – наибольшее наблюдаемое значение;  $x_{\min}$  – наименьшее наблюдаемое значение.

В нашем случае  $x_{\max} = 10,020$  мм,  $x_{\min} = 9,985$  мм, т.е.

$$R = 10,020 \text{ мм} - 9,985 \text{ мм} = 0,035 \text{ мм} = 35 \text{ мкм.}$$

**4. Определение количества интервалов**  $n$  на гистограмме часто осуществляют по формуле Стерджесса [29,30]

$$n \approx 1 + 3,322 \lg N,$$

где  $N$  – общее количество собранных данных в выборке.

Рекомендуемое число интервалов гистограммы, которое получается при использовании формулы Стерджесса, представлено в табл. 1.2.

По данным рассматриваемого нами контрольного листка  $N = 88$ , соответственно  $n = 1 + 3,322 \lg 88 = 7,46 \approx 7$ .

**5. Определение размеров интервалов** осуществляют так, чтобы размах, включающий максимальное и минимальное значения, делился на интервалы равной ширины. Для получения ширины интервалов

$$h = R / n$$

размах  $R$  делят на полученное выше количество интервалов  $n$ .

В нашем случае  $h = 0,035 \text{ мм} / 7 = 0,005 \text{ мм} = 5 \text{ мкм.}$

**1.2. К выбору рекомендуемого числа интервалов на гистограмме**

Количество данных в выборке	Число интервалов
23...45	6
46...90	7
91...180	8
181...361	9
362...723	10
724...1447	11
1448...2885	12

*Внимание:* желательно, чтобы размер интервала был не менее двух делений шкалы измерительного прибора (в рассматриваемом примере данные контрольного листка были получены с использованием микрометрической головки часового типа с ценой деления 1 мкм, т.е. один интервал соответствует 5 делениям шкалы прибора).

**6. Определение границ интервалов.** Сначала определяют нижнюю границу первого интервала и прибавляют к ней ширину этого интервала, чтобы получить границу между первым и вторым интервалами. Далее продолжают прибавлять найденную ширину интервала  $h$  к предыдущему значению для получения второй границы, затем третьей и т.д. После завершения такой работы можно удостовериться, что верхняя граница последнего интервала совпадает с максимальным значением  $x_{\max}$ .

**7. Вычисление частот.** В третий столбец таблицы контрольного листка вносят количество  $k_i$  валиков, попавших в каждый интервал. По результатам наблюдений, отмеченных черточками во втором столбце этой таблицы, подсчитывают общее количество наблюдений (в нашем случае  $N = 88$ ), а затем в четвертый столбец записывают относительные частоты, выраженные в процентах и подсчитанные по формуле

$$f_i = \frac{k_i}{N} \cdot 100\% .$$

**8. Построение горизонтальной и вертикальной осей графика.** Берется миллиметровая бумага, на ней наносятся горизонтальная и вертикальная оси, а затем на каждой оси выбираются масштабы.

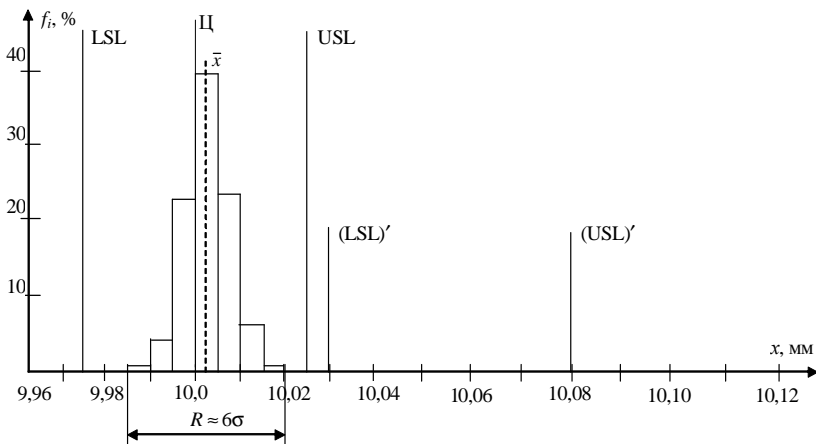


Рис. 1.2. Гистограмма, построенная по данным контрольного листка 1.2

**9. Построение графика гистограммы.** На горизонтальную ось следует нанести границы интервалов. На оси абсцисс с обеих сторон (перед первым и после последнего интервалов) следует оставить место, не менее размера одного интервала. Пользуясь шириной интервалов как основанием, строят прямоугольники, высота каждого из которых равна частоте попадания результатов наблюдений в соответствующий интервал. На график (см. рис. 1.2) следует нанести линию, представляющую среднее арифметическое значение  $\bar{x}$ , а также линии, представляющие границы поля допуска, если они имеются.

### 1.2.3. ВЫЧИСЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА ПО ГИСТОГРАММЕ

Построение гистограммы на практике производят для того, чтобы оценить качество выпускаемой продукции и качество процесса производства этой продукции. Наиболее часто для оценки качества процесса используют следующие характеристики [9, 10, 34, 39, 41]:

$P_p$  – индекс пригодности процесса удовлетворять технический допуск (без учета положения среднего значения);

$k$  – показатель настроенности процесса на целевое значение;

$P_{pk} = P_p(1 - k)$  – оценка индекса пригодности процесса удовлетворять технический допуск с учетом положений среднего значения.

Ниже рассмотрены примеры вычисления перечисленных выше индексов (показателей) по параметрам построенной гистограммы.

В нашем случае, на рис. 1.2 обозначены:

– среднее арифметическое значение  $\bar{x}$  результатов наблюдений  $x_i$   $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = 10,0025$  мм;

– размах результатов наблюдений  $R \approx 6\sigma = 0,035$  мм, равный ширине основания гистограммы и, в большинстве случаев, близкий к шести значениям стандартных отклонений  $\sigma$ ;

*примечание:* в качестве приближенного значения стандартного отклонения  $\sigma$  часто используют среднее квадратическое отклонение

$$\sigma \approx S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2};$$

- нижняя граница поля допуска LSL = 9,975 мм;
- верхняя граница поля допуска USL = 10,025 мм;
- середина поля допуска (целевое значение)

$$\Pi = (LSL + USL) / 2 = (10,025 + 9,975) / 2 = 10,000 \text{ мм};$$

– дополнительные (гипотетические) значения нижней (LSL)' и верхней (USL)' границ поля допуска, которые нам потребуются ниже.

По имеющимся на рис. 1.2 данным могут быть вычислены следующие величины, характеризующие качество процесса производства валиков:

– оценка индекса пригодности процесса удовлетворять технический допуск (без учета положения среднего значения  $\bar{x}$ ) [34]

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \approx \frac{USL - LSL}{R} = \frac{10,025 - 9,975}{0,035} \approx 1,43;$$

*примечание 1:* если  $P_p \geq 1$ , то ширина гистограммы укладывается в пределах ширины поля допуска, т.е. процесс является управляемым; точнее говоря, имеется возможность осуществить процесс так, что 99,73% изделий будут попадать в пределы поля допуска; если  $P_p < 1$ , то процесс является неуправляемым, так как размеры части изделий неизбежно будут выходить за пределы поля допуска; большинство российских заводов работают при значениях  $P_p \approx 0,95 \dots 1,3$ , а японским специалистам по управлению качеством продукции во многих случаях удается поддерживать на своих предприятиях значения индекса пригодности процессов  $P_p \approx 1,5 \dots 4,0$ , что позволяет ограничить дефектность продукции единицам бракованных изделий на миллион выпускаемых изделий;

*примечание 2:* для того, чтобы проиллюстрировать, почему  $P_p$  называется индексом *пригодности* процесса, рассмотрим гипотетическую ситуацию, когда нижняя и верхняя границы допуска равны (LSL)' = 10,03 мм, (USL)' = 10,08 мм; тогда получим значение индекса пригодности процесса

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \approx \frac{(USL)' - (LSL)'}{R} = \frac{10,08 - 10,03}{0,035} \approx 1,43;$$

видно, что при (LSL)' = 10,03 мм, (USL)' = 10,08 мм, когда (при представленной на рис. 3.2 гистограмме) ни одно изделие не попадает в пределы границ поля допуска, все равно  $P_p \approx 1,43$ ; именно поэтому этот индекс  $P_p$  называется индексом пригодности процесса (он совершенно не учитывает смещение центра  $\bar{x}$  случайного распределения размеров деталей относительно середины поля допуска  $L$ );

– смещение гистограммы относительно середины поля допуска может быть охарактеризовано показателем настроенности процесса на целевое значение

$$k = \frac{|\bar{x} - \Pi|}{\frac{USL - LSL}{2}},$$

который в нашем примере равен

$$k = \frac{|10,0025 - 10,0000|}{\frac{10,025 - 9,975}{2}} = 0,1;$$

*примечание:* если среднее значение  $\bar{x}$  случайного распределения результатов наблюдений сместится относительно середины  $\Pi$  поля допуска на величину половины поля допуска  $(USL - LSL) / 2$ , то показатель настроенности процесса станет равен  $k = 1$ ; если же  $\bar{x} = \Pi$ , то показатель  $k = 0$ ;

– наиболее полно качество протекания процесса может быть охарактеризовано [19] величиной индекса пригодности процесса удовлетворять технический допуск с учетом положения среднего значения  $\bar{x}$

$$P_{pk} = P_p \cdot (1 - k),$$

который в рассматриваемом нами примере равен

$$P_{pk} = 1,43 \cdot (1 - 0,1) \approx 1,29.$$

Таким образом, для повышения качества процесса (уменьшения уровня дефектности) необходимо обеспечить высокое значение индекса  $P_p$  и низкое значение показателя  $k$ .

*Примечания:*

1. Для лучшего понимания смысла индексов  $P_p$ ,  $P_{pk}$  рекомендуем Вам внимательно изучить рекомендации ГОСТ Р 50779.44–2001 «Статистические методы. Показатели возможностей процессов. Основные методы расчета» [34].

2. Согласно [34] индексы  $P_p$ ,  $P_{pk}$  могут быть использованы в качестве индексов пригодности процессов, стабильность которых по настройке подтверждена, а по разбросу – не подтверждена.

3. В случае, когда подтверждена стабильность процесса по разбросу, то вместо индексов пригодности  $P_p$ ,  $P_{pk}$  используются [34]:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} - \text{индекс воспроизводимости процесса, оценивающий возможности удовлетворять технический допуск без учета}$$



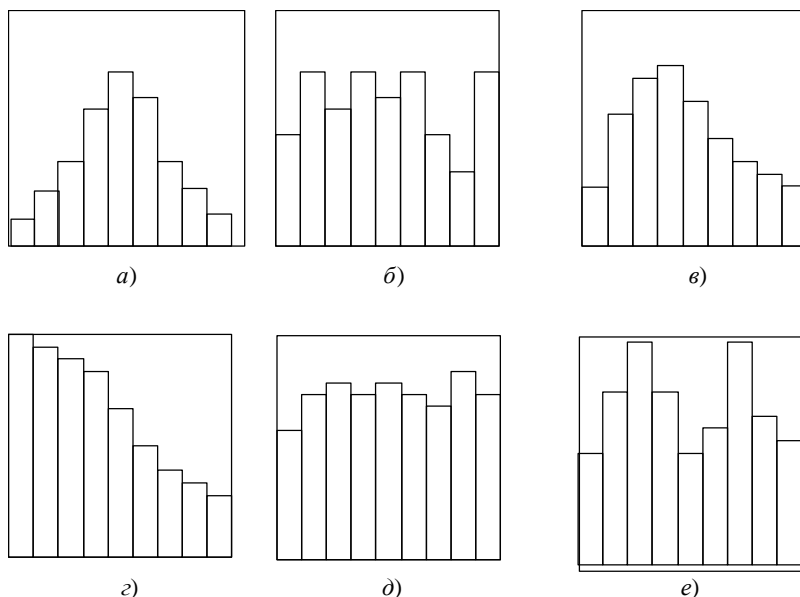
положения среднего значения  $\bar{x}$  и применяемые для стабильных по разбросу процессов;

$C_{pk} = C_p \cdot (1-k)$  – индекс воспроизводимости процесса, оценивающий возможности удовлетворять технический допуск с учетом фактического положения среднего значения  $\bar{x}$  и применяемый для стабильных и по разбросу и по настройке процессов.

#### 1.2.4. ТИПОВЫЕ ФОРМЫ ГИСТОГРАММ

На рисунке 1.3 приведены наиболее часто встречающиеся на практике формы (типы) гистограмм [1, 9 – 11, 30, 38 – 42].

Полезную информацию о характере распределения случайной величины можно получить, взглянув на форму гистограммы. Формы, представленные на рис. 1.3, типичны, и вы можете воспользоваться ими как образцами при анализе процессов.



**Рис. 1.3. Основные формы гистограмм:**

*a* – колоколообразная симметричная; *б* – гребенка;

*в* – положительно скошенное распределение;

*г* – распределение с обрывом слева; *д* – равномерное распределение (плато);

*е* – двухпиковая (бимодальная) форма

а) **Обычный тип** (симметричный или колоколообразный). Среднее значение гистограммы приходится на середину размаха данных. Наивысшая частота оказывается в середине и постепенно снижается к обоим концам. Форма симметрична.

*Примечание.* Это именно та форма, которая встречается чаще всего.

б) **Гребенка**. Интервалы через один имеют более низкие (высокие) частоты.

*Примечание.* Такая форма встречается, когда число единичных наблюдений, попадающих в интервал, колеблется от интервала к интервалу или когда действует определенное правило округления данных.

в) **Положительно скошенное распределение** (отрицательно скошенное распределение). Среднее значение гистограммы локализуется слева (справа) от центра размаха. Частоты довольно резко спадают при движении влево (вправо) и, наоборот, медленно – при движении вправо (влево). Форма асимметрична.

*Примечание.* Такая форма встречается, когда левое (правое) значение поля допуска недостижимо.

г) **Распределение с обрывом слева** (распределение с обрывом справа). Среднее арифметическое гистограммы локализуется далеко слева (справа) от центра размаха. Частоты резко спадают при движении влево (вправо) и, наоборот, медленно вправо (влево). Форма асимметрична.

*Примечание.* Это одна из тех форм, которые часто встречаются при 100%-ной разбраковке изделий из-за плохой управляемости процесса, а также когда проявляется резко выраженная положительная (отрицательная) асимметрия.

д) **Плато** (равномерное или прямоугольное распределение). Частоты в разных интервалах образуют плато, поскольку все интервалы имеют более или менее одинаковые ожидаемые частоты.

*Примечание.* Такая форма встречается в смеси нескольких распределений, имеющих различные средние значения.

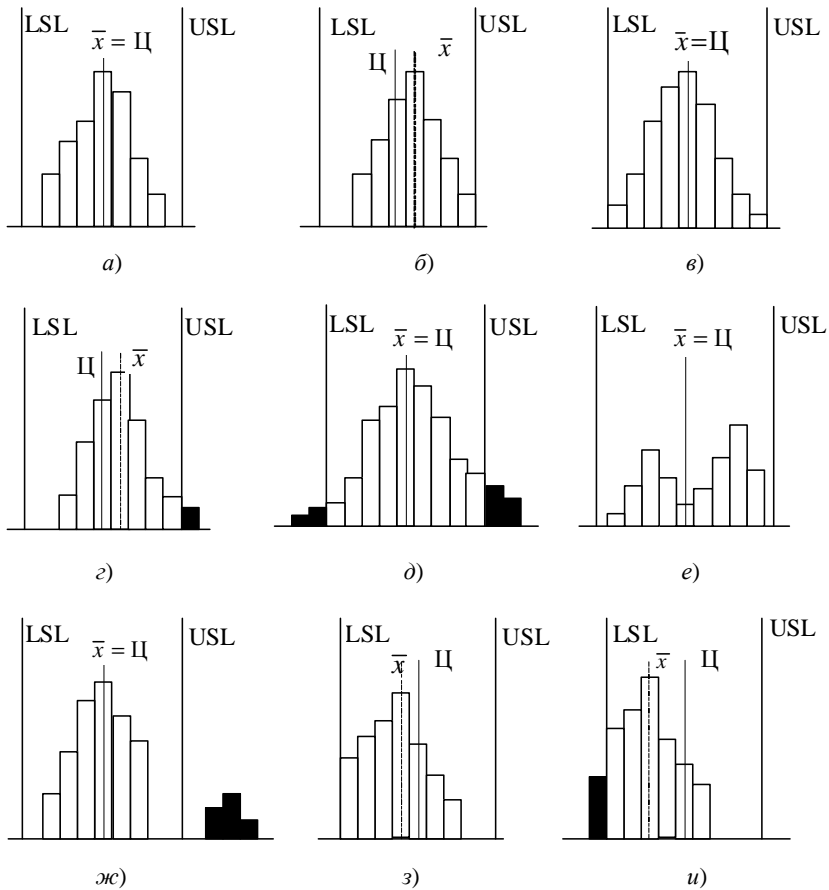
е) **Двухпиковый тип** (бимодальный тип). В окрестностях центра диапазона данных частота низкая, зато есть по пику с каждой стороны.

*Примечание.* Такая форма встречается, когда смешиваются два распределения с далеко отстоящими средними значениями.

### 1.2.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИСТОГРАММ ПРИ ОЦЕНКЕ И АНАЛИЗЕ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ

Анализ формы гистограммы и ее расположения по отношению к технологическому допуску позволяет делать заключения о состоянии изучаемого процесса и выработать надлежащие меры. На рисунке 1.4 показаны возможные варианты расположения гистограммы по отношению к допуску [38].

На рисунке 1.4 *a* левая и правая стороны гистограммы симметричны, следовательно, форма гистограммы удовлетворительна. Если сравнить ширину гистограммы с шириной поля допуска, то она составляет приблизительно 3/4 (что соответствует  $P_p \approx 1,33$ ), т.е. в поле допуска имеется достаточный запас. Поскольку центр  $\bar{x}$  распределения и центр Ц поля допуска совпадают (что соответствует  $k \approx 0$  и  $P_{pk} \approx 1,33$ ), то качество партии деталей находится в удовлетворительном состоянии. Таким образом, в данной ситуации технологическая операция не нуждается в корректировке [38].



**Рис. 1.4.** Варианты расположения гистограммы по отношению к технологическому допуску [38]

На рисунке 1.4, б гистограмма сдвинута вправо. В связи с этим имеется опасение, что среди деталей могут находиться некондиционные единицы (выходящие за пределы допуска). В этом случае необходимо проверить, не вносят ли систематическую ошибку используемые средства измерения. Если средство измерения находится в удовлетворительном состоянии, следует продолжить изготовление деталей, отрегулировав технологическую операцию так, чтобы центр  $\bar{x}$  гистограммы совпадал с центром Ц поля допуска [38].

На рисунке 1.4, в центр гистограммы расположен правильно, т.е. совпадает с центром поля допуска. Однако, поскольку ширина гистограммы, характеризующая реальный разброс значений контролируемого показателя, совпадает с шириной поля допуска, то имеется опасение, что со стороны верхнего и нижнего допуска могут появиться некондиционные детали. Следовательно, чтобы сузить ширину гистограммы, необходимо принять меры для обследования технологической операции с точки зрения точности оборудования, условий обработки, технологической оснастки и т.д. В случае невозможности найти техническое решение по данному вопросу, рекомендуется (если есть такая возможность) расширить допуск, либо требования к качеству деталей в данном случае являются трудно выполнимыми [38].

На рисунке 3.4, г центр гистограммы смещен, причем, выход одного интервала гистограммы за верхнюю границу допуска USL свидетельствует о наличии дефектных деталей. Кроме того, поскольку ширина гистограммы и ширина поля допуска почти одинаковы, необходимо срочно отрегулировать технологическую операцию, переместив центр гистограммы  $\bar{x}$  в центр поля допуска Ц, либо уменьшить ширину гистограммы, либо изменить допуск [38].

На рисунке 1.4, д центр гистограммы совпадает с центром поля допуска, но так как ширина гистограммы превышает ширину поля допуска, то обнаруживаются детали несоответствующего качества, о чем свидетельствует выход гистограммы за обе стороны поля допуска. В этом случае целесообразно реализовать рассмотренные выше меры [38].

На рисунке 1.4, е в гистограмме имеются два пика, хотя образцы деталей взяты из одной партии. Это явление объясняется либо тем, что исходный материал для деталей был двух разных сортов, либо в процессе изготовления деталей была изменена настройка оборудования, либо тем, что в одну партию включили детали, обработанные на двух разных станках. Очевидно, следует провести (см. подробнее параграф 1.3) расслоение (стратификацию) гистограммы, т.е. разбить ее на две [38].

На рисунке 1.4, ж главные характеристики гистограммы (ширина и центр) в норме, однако значительная часть деталей выходит за верхний предел допуска и, отделяясь, образует обособленный «островок».

Детали в этом «островке», возможно, представляют часть тех деталей несоответствующего качества, которые вследствие небрежности были перемешаны с доброкачественными в общем потоке. В данной ситуации должны быть приняты меры для выяснения самых различных и внезапно возникающих обстоятельств, должным образом объясняющих причину этого явления [38].

На рисунке 1.4, *з* центр распределения смещен к нижнему пределу допуска. Так как левая сторона гистограммы на границе нижнего предела допуска имеет вид «отвесного берега», можно сделать заключение, что фактически это была партия, которую предварительно рассортировали из-за наличия в ней деталей несоответствующего качества в левой стороне гистограммы (т.е. выходящих за нижний предел допуска), или же детали несоответствующего качества левой стороны при выборочном контроле умышленно распределили как годные для включения в пределы допуска. Следовательно, необходимо выявить причину, которая могла повлечь за собой данное явление [38].

На рисунке 1.4, *и* показан случай, аналогичный варианту «з». Возможно, что используемое измерительное средство было неисправно. В связи с этим необходимо обратить внимание на калибровку (поверку) измерительного средства, равно как и на повторное обучение правилам выполнения измерений [38].

### **1.3. МЕТОД СТРАТИФИКАЦИИ (ГРУППИРОВКИ, РАССЛАИВАНИЯ) СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Стратификация – разделение полученных данных на отдельные группы (слои, страты) в зависимости от выбранного стратифицирующего фактора [1, 9, 10, 38 – 43].

В качестве стратифицирующего фактора могут быть выбраны любые параметры, определяющие особенности условий возникновения и получения данных:

- различное оборудование;
- операторы, производственные бригады, участки, цехи, предприятия и т.п.;
- время сбора данных;
- разные виды сырья;
- различие используемых станков, средств измерения и т.д.

При отсутствии учета стратифицирующего фактора (расслоения данных) происходит их объединение и обезличивание, затрудняющее установление действительной взаимосвязи между полученными данными и особенностями их возникновения.

Например, при анализе источника дефектной продукции, поставляемой предприятию несколькими сторонними поставщиками, целесообразно в качестве стратифицирующего фактора выбрать поставщиков и произвести стратификацию дефектной продукции по поставщикам.

В японских журналах, посвященных работе кружков качества, неоднократно публиковались статьи о повышении качества продукции после многократного (до 50 – 80 раз) применения [1, 9, 10, 41] метода стратификации для анализа проблем, возникавших в производственных процессах.

### 1.3.1. МНЕМОНИЧЕСКИЙ ПРИЕМ 4М...6М

Специалисты по управлению качеством продукции очень часто используют в своей работе английский язык, поэтому в зарубежной литературе при стратификации (расслаивании) статистических данных рекомендуется использовать мнемонический прием 4М...6М, позволяющий легко запомнить типовые причины (факторы), по которым может быть произведена группировка (стратификация, расслаивание) статистических данных. Этот мнемонический прием основан на том, что в английском языке были подобраны слова, начинающиеся на одну букву М и определяющие основные группы причин (факторов), по которым наиболее часто производят стратификацию статистических данных.

Ниже приведены эти английские слова, определяющие основные причины (факторы) стратификации данных [1, 9, 10, 39 – 41].

1. Manpower (персонал) – расслаивание по исполнителям (по их квалификации, стажу работы, полу и т.п.).

2. Machine (машина) – стратификация по машинам, станкам, оборудованию (по новому и старому оборудованию, по марке, по конструкции, по выпускающей фирме и т.п.).

3. Material (материал) – группировка по виду материала, сырья, комплектующих (по месту добычи или производства, по фирме-изготовителю, по партии сырья, по сорту материала и т.п.).

4. Method (метод, технология) – расслаивание по способу производства (по температурному режиму, по технологическому приему, по номеру цеха, бригады, участка, по смене, по рабочим и т.п.).

5. Measurement (измерение) – по методу измерения, по типу измерительных средств, по классу точности прибора и т.п.

6. Media (окружающая среда) – по температуре, влажности воздуха в цехе, по магнитным и электрическим полям, по солнечному излучению и т.п.

Наиболее часто производится группировка статистических данных по первым четырем причинам (мнемонический прием 4М). Если к этим

четырем причинам (факторам) необходимо добавить пятую или шестую, то получаются, соответственно, мнемонические приемы 5М и 6М.

*Примечание:* В некоторых зарубежных публикациях, например в [44], этот же мнемонический прием представляют в виде сочетания букв РММММЕ, образованных от английских слов:

- Personnel (персонал, люди)
- Machine (машина, оборудование, станки)
- Material (материал, сырье, комплектующие)
- Method (метод, технология, режим)
- Measurement (измерение)
- Envirement (окружающая среда).

### 1.3.2. ПРИМЕНЕНИЕ СТРАТИФИКАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

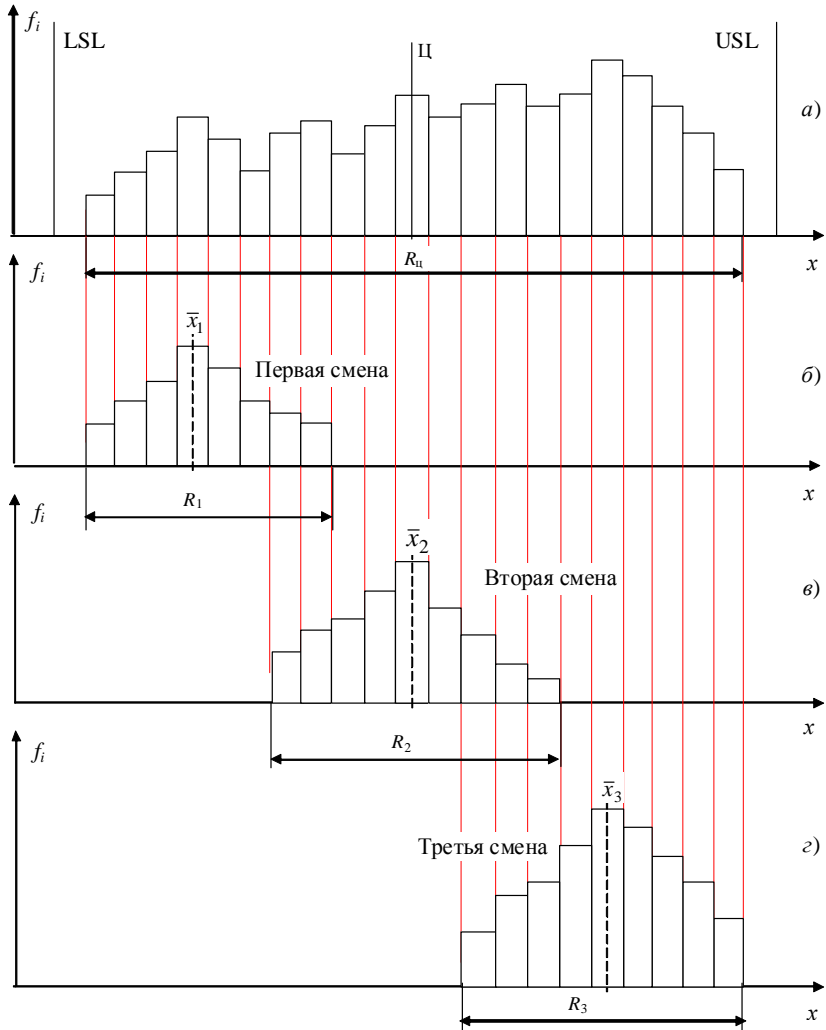
При практическом использовании метода стратификации рекомендуется действовать следующим образом [1, 45].

1. Выберите данные, представляющие интерес для изучения.
2. Выберите стратифицирующий фактор и категории (группы), на которые будут разделяться данные.
3. Произведите группировку данных на основании выбранных категорий.
4. Оцените результаты группировки по каждой из категорий.
5. Соответствующим образом представьте полученные результаты.
6. Проанализируйте необходимость дополнительного изучения данных.
7. Спланируйте последующую работу для дополнительного подтверждения полученных результатов.

Рассмотрим применение метода стратификации на примере анализа качества изделий в одном из цехов предприятия. Пусть после сбора статистических данных была построена гистограмма, отображающая случайное распределение главного параметра  $x$  качества продукции, представленная на рис. 1.5, *а*. Из этого рисунка видно, что распределение близко к равномерному, размах  $R_{ц}$  статистических данных для этого цеха занимает почти все поле допуска, индекс пригодности процесса  $P_p \approx 1,09$  ненамного больше единицы.

В процессе стратификации осуществим группировку (расслаивание) статистических данных по трем сменам, работающим в цехе. Результаты такой работы представлены на рис. 1.5, *б*, *в*, *г*. Видно, что распределение статистических данных в каждой из трех смен близко к нормальному закону распределения, причем, размахи  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  (ширина основания гистограмм для каждой смены) относительно невелики, а

средние арифметические значения  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$  главного параметра качества продукции в каждой смене сильно отличаются друг от друга.



**Рис. 1.5. Стратификация (расслаивание) статистических данных о качестве продукции цеха по трем сменам:**

*a* – гистограмма для всего цеха; *б, в, г* – соответственно гистограммы для 1, 2 и 3 смен; *д* – гистограмма распределения главного параметра качества продукции цеха после совмещения средних значений  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$  для каждой смены с серединой Ц поля допуска



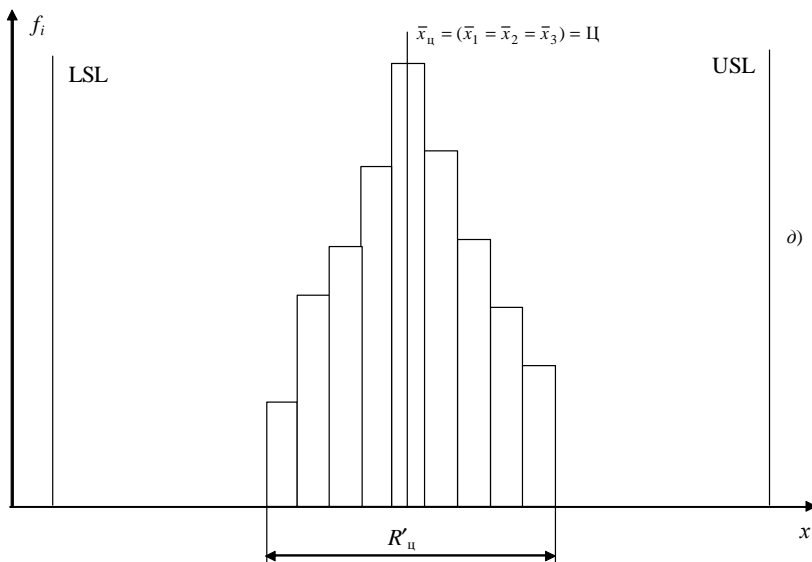


Рис. 1.5. Окончание

По результатам стратификации статистических данных (см. рис. 1.5, б, в, г) могут быть сформулированы следующие предложения по улучшению качества продукции цеха. Например, качество продукции может быть повышено за счет проведения только организационно-технических мероприятий без капитальных вложений в новые более точные станки и оборудование, а именно, после разработки и внедрения мероприятий, направленных на то, чтобы средние арифметические значения  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$  в каждой смене максимально приблизились к значению середины поля допуска Ц. После выполнения этих мероприятий суммарная гистограмма для цеха в целом примет вид, показанный на рис. 1.5, д.

Из рисунка 1.5, д видно, что при совмещении средних арифметических значений главного параметра качества  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$  для каждой смены с серединой Ц поля допуска, суммарная гистограмма для цеха в целом имеет значительно меньший размах  $R'_ц < R_ц$ , что соответствует значению индекса пригодности процесса  $P_p \approx 2,56$ .

*Примечание:* рассмотренный в данном параграфе учебный пример может создать у вас неправильное впечатление о легкости использования метода стратификации (раслаивания) статистических данных; помните, что это только лишь специально подобранный учебный при-

мер, в котором все получается очень просто и быстро; японским специалистам удавалось на практике достичь положительных результатов только после 50 – 70 попыток [1, 9,10, 41] применить метод стратификации для анализа имевшихся у них статистических данных.

Расслоение данных позволяет получить представление о скрытых причинах дефектов или выявить неочевидные пути улучшения качества продукции. При расслоении данных следует стремиться к тому, чтобы различие внутри каждой группы (страты, слоя) было как можно меньше, а различие между группами – как можно больше.

**Задание № 1.2.** Проведите анализ причин дефектности продукции или возможных путей улучшения качества применительно к вашему процессу производства (предоставления услуги), воспользовавшись методом стратификации (расслоения, группировки) данных по одной из категорий причин в соответствии с мнемоническим приемом 4М ... 6М.

#### **1.4. ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА ИСИКАВЫ**

Результат процесса построения причинно-следственной диаграммы Исикавы зависит от многочисленных факторов, между которыми существуют отношения типа причина–результат. Мы можем определить структуру или характер этих многофакторных отношений благодаря систематическим наблюдениям. Трудно решить сложные проблемы, не зная этой структуры, которая представляет собой цепь причин и результатов. Диаграмма причин и результатов – средство, позволяющее выразить эти отношения в простой и доступной форме [1, 8 – 10, 38 – 45].

В 1953 г. профессор Токийского университета Каоро Исикава, обсуждая проблему качества на одном заводе, суммировал мнение инженеров в форме диаграммы причин и результатов [1]. Она получила название «схема Исикавы» (в японской литературе эту диаграмму из-за ее формы часто именуют «диаграмма типа рыбы» или «рыбьим скелетом»).

##### **1.4.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ ДИАГРАММЕ ИСИКАВЫ**

Диаграмма представляет собой [1, 8 – 10, 38 – 45] средство графического упорядочения факторов, влияющих на объект анализа. Главным достоинством диаграммы Исикавы является то, что она дает наглядное представление не только о тех факторах, которые влияют на изучаемый объект, но и о причинно-следственных связях этих факторов. В основе построения диаграммы лежит определение (постановка) задачи, которую необходимо решать.

При вычерчивании [1, 8 – 10, 38 – 45] причинно-следственной диаграммы Исикавы наиболее значимые параметры и факторы располагают (см. рис. 1.6) наиболее близко к голове рыбьего скелета. Построение начинают с того, что к центральной горизонтальной стрелке, изображающей объект анализа, подводят большие первичные стрелки, обозначающие главные факторы (группы факторов), влияющие на объект анализа. Далее к каждой первичной стрелке подводят стрелки второго порядка, к которым в свою очередь подводят стрелки третьего порядка и т.д. до тех пор, пока на диаграмму не будут нанесены все стрелки, обозначающие факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа в конкретной ситуации. Каждая из стрелок, нанесенная на схему, представляет собой, в зависимости от ее положения, либо причину, либо следствие: предыдущая стрелка по отношению к последующей всегда выступает как причина, а последующая – как следствие.

Наклон и размер не имеют принципиального значения. Главное при построении схемы заключается в том, чтобы обеспечить правильную соподчиненность и взаимозависимость факторов, а также четко оформить схему, чтобы она хорошо смотрелась и легко читалась. Поэтому, независимо от наклона стрелки каждого фактора, его наименование всегда располагают в горизонтальном положении, параллельно центральной оси.

#### 1.4.2. ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ ДИАГРАММЫ

При построении диаграммы Исикавы рекомендуется (см. рис. 1.6) придерживаться следующего порядка действий [1, 8 – 10, 38 – 45].

1. Определите перечень показателей качества (видов неудач, дефектов, брака), которые следует проанализировать.

2. Выберите один показатель качества и напишите его в середине правого края чистого листа бумаги. Слева направо проведите прямую линию, которая будет представлять собой «хребет» будущей диаграммы Исикавы.

3. Запишите главные причины, влияющие на показатель качества.

*Примечание:* рекомендуем вам воспользоваться **мнемоническим приемом 4М ... 6М** при определении этих главных причин.

4. Соедините линиями («большими костями») главные причины с «хребтом», расположив основные из этих главных причин ближе к голове «рыбьего скелета».

5. Определите и запишите вторичные причины для уже записанных главных причин.

*Примечание:* используйте метод мозговой атаки, рассмотренный в главе 4, для выявления вторичных возможных причин выбранной проблемы качества.

6. Соедините линиями («средними костями») вторичные причины с «большими костями».

7. Проверьте логическую связь каждой причинной цепочки.

8. Нанесите всю необходимую информацию (надписи) и проверьте законченность составленной причинно-следственной диаграммы Исикавы.

Несмотря на относительную простоту, построение схемы Исикавы требует от ее исполнителей хорошего знания объекта анализа и понимания взаимозависимости и взаимовлияния факторов. Часто построение диаграммы сопровождается «мозговым штурмом». Это прекрасный метод приведения в действие творческого мышления группы для быстрого формулирования, разъяснения и оценки значительного перечня идей, проблем, причин, вопросов. Правила проведения «мозговой атаки (штурма)» рассмотрены ниже во второй главе.

#### 1.4.3. ПРИМЕР ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ ДИАГРАММЫ

Далее приведен пример причинно-следственной диаграммы Исикавы типа «рыбий скелет» по выявлению причины появления дефекта «концевые пороки» при производстве тентового материала с поливинилхлоридным покрытием для автотранспорта.

Для уменьшения размеров рис. 1.6, приведенная на нем диаграмма Исикавы была построена на основе использования мнемонического приема 4М, т.е. при построении этой диаграммы были приняты во внимание только четыре группы причин дефектов «концевые пороки», а именно: персонал, технология, машины и оборудование, сырье.

При построении диаграммы рекомендуется обозначать римскими цифрами главные причины обнаруженного несоответствия. Наиболее главная и вероятная причина несоответствия на рис. 1.6 обозначена римской цифрой I, менее главные причины соответственно римскими цифрами II и III.

Для установления действительных (истинных) причин рассматриваемой проблемы рекомендуется использовать инструмент «Почему? Почему?», рассмотренный ниже.

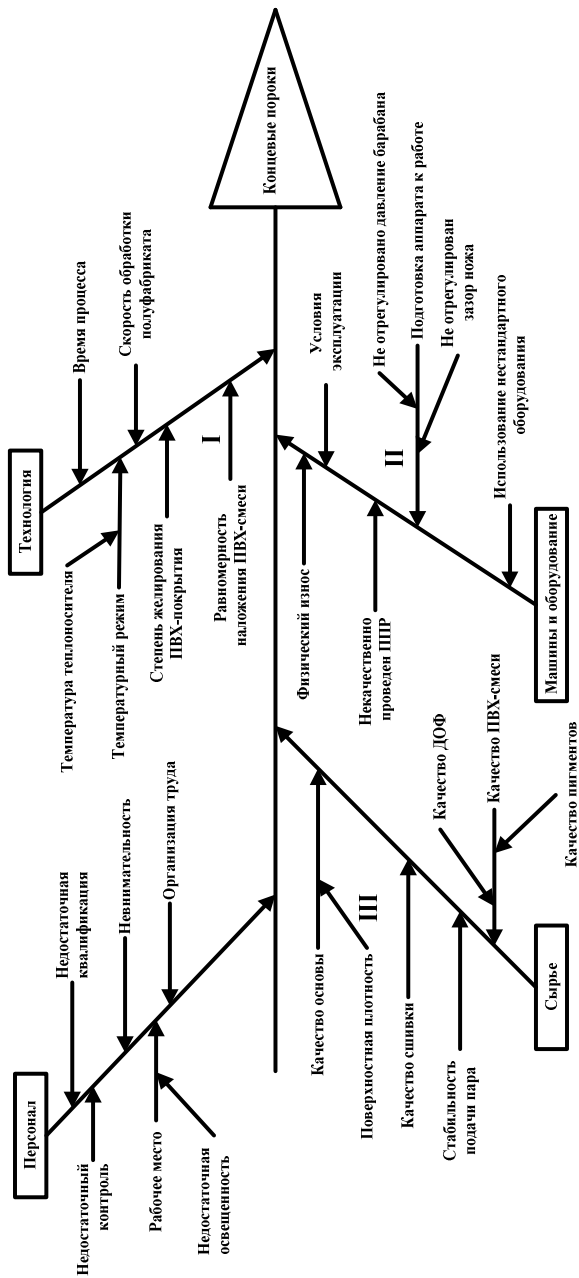


Рис. 1.6. Пример причинно-следственной диаграммы Исикавы

#### 1.4.4. МЕТОД АНАЛИЗА РАССМАТРИВАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ И ВЫЯВЛЕНИЯ КОРЕННОЙ ПРИЧИНЫ ИМЕЮЩЕГОСЯ НЕСООТВЕТСТВИЯ

Этот метод известен как карта «Почему? Почему?» или как метод «Задайте вопрос «Почему?» не менее пяти раз». Цель этого метода, как это показано в книге [54], заключается в нахождении коренной причины рассматриваемой проблемы.

Рассматриваемый метод удобно использовать совместно с рассматриваемой выше диаграммой Исикавы. При этом для каждой идентифицированной на диаграмме Исикавы причины применяется рассматриваемый метод «Задайте вопрос «Почему?» не менее пяти раз». Задавая вопросы «Почему?» нужно убедиться в том, что обозначенная на диаграмме Исикавы причина действительно является коренной причинной рассматриваемой проблемы (несоответствия, дефекта, отказа, убытка, неудачи в управлении качеством), а не симптомом какой-либо другой проблемы, либо более глубокой причиной проблемы более высокого уровня. Применение этого метода логично сравнить с процедурой очистки луковицы, когда после снятия одного слоя кожуры (шелухи) появляется еще один слой, затем следующий, и так до середины этой луковицы [54].

В книге [54] рекомендована следующая процедура анализа рассматриваемой проблемы и определения коренной глубинной, действительной проблемы несоответствия:

1) определите отправную точку, т.е. проблему или ранее выявленную причину, которая на самом деле может оказаться причиной более высокого уровня, требующей анализа (и поиска) для уточнения действительной глубинной причины рассматриваемой проблемы;

2) методом мозгового штурма определите (идентифицируйте) возможную причину, соответствующую уровню более низкому, чем уровень отправной точки;

3) для идентифицированной новой возможной причины поставьте вопрос: «Почему именно эта причина является коренной (действительной) причиной возникновения рассматриваемой проблемы?»;

после формулирования каждого нового ответа на поставленный вопрос «Почему?», задавайте его снова и снова до тех пор, пока никаких других ответов не останется. Как показывает практика, обычно требуется задавать вопрос «Почему...?» не менее пяти раз.

**Пример № 1.** На заводе, производящем автомобильные спойлеры, примерно через пять месяцев с момента начала постоянных поставок поступила претензия заказчика на отрыв части пластика от отверстия внутри спойлера. Общие убытки завода по этой претензии (поиск причины несоответствия, отзыв более 800 поставленных заказчику спойлеров и др.) превысили 32 000 долларов.

Иллюстрация применения метода «Почему?–Почему?» заимствована из интернета [59].

*Описание проблемы (несоответствия):* Отрыв части пластика от отверстия для подачи воздуха (при формировании спойлера), в результате чего спойлер превращается в погрешность.

№ п/п	Вопросы «Почему...?»	Ответы на вопросы «Почему...?»
1	Почему происходит отрыв части пластика от отверстия для подачи воздуха?	Из-за того, что игла, через которую подается сжатый воздух для формирования изделия, не прокалывает пластик, а продавливает его, оставляя наплыв
2	Почему игла не прокалывает пластик, как предусмотрено технологией процесса?	Игла не прокалывает пластик из-за затупления рабочей части
3	Почему проблема с затуплением иглы возникла в последнее время?	Отдел закупок сменил поставщика-производителя игл для подачи сжатого воздуха 2 месяца назад
4	Почему отдел закупок сменил поставщика-производителя?	Поставщик был заменен из соображения ценовой политики
5	Почему происходит затупление рабочей части иглы?	Твердость материала игл нового поставщика значительно уступает иглам прежнего производителя

**Пример № 2.** Примерно тридцать лет назад в одну из центральных газет бывшего Советского Союза пришло письмо, в котором возмущенный читатель сообщил об очень плохой работе лесосплавщиков. Из-за их неправильной работы большое количество бревен не доплыли

до места назначения, остались лежать на берегу реки Енисей среди молодых деревьев и в низкорослых кустарниках.

Редакцией газеты корреспондент был направлен в командировку в организацию, занимавшуюся сплавом леса по реке Енисей.

Прибыв на место, корреспондент задал вопрос: «Почему так случилось, что значительная часть сплавлявшихся бревен были потеряны и осталась на берегу реки Енисей?» На этот вопрос он получил следующий ответ: «Мы правильно выполняли все работы (процессы), но после начала сплава леса неожиданно повысился уровень воды в реке и, из-за этого, часть сплавлявшихся бревен застряли среди кустарников и небольших деревьев на берегу реки. Мы не виноваты в случившейся потере леса».

Корреспондент задал второй вопрос: «Почему произошло повышение уровня воды в реке Енисей?» Представитель лесосплавающей организации ответил: «Не знаю. Задайте этот вопрос руководству гидроэлектростанции, которая увеличила сброс воды и, из-за чего, мы потеряли значительную часть сплавлявшегося леса».

Прибыв на гидроэлектростанцию, корреспондент задал вопрос: «Почему?» в третий раз: «Почему так случилось, что гидроэлектростанция увеличила пропуск воды через плотину, что привело к росту уровня воды на большом участке реки ниже плотины, из-за чего была потеряна значительная часть сплавлявшегося леса?» В ответ он услышал: «Мы здесь ни при чем. Московская Центральная диспетчерская государственной энергетической службы страны дала нам указание увеличить выработку электрической энергии. Мы выполнили это указание. В результате возросло количество пропускаемой через плотину воды, и увеличился уровень воды в Енисее».

После возвращения из командировки в Москву корреспондент отправился на центральную диспетчерскую Единой энергосистемы бывшего Советского Союза и задал в четвертый раз вопрос: «Почему так случилось, что произошло, из-за чего Вы дали указание увеличить выработку электроэнергии на гидроэлектростанции, что привело к увеличению уровня воды в реке Енисей и к потерям значительной части сплавлявшегося леса?» В ответ корреспондент услышал следующее: «К сожалению, в это время произошел пожар на тепловой электростанции в Кузбассе. В результате были повреждены и вышли из строя турбины и генераторы в машинном зале этой тепловой электростанции. Для того чтобы восполнить потерянные энергетические мощности было принято решение увеличить выработку электрической энергии на той гидроэлектростанции, которую вы недавно посетили».

Для того чтобы завершить журналистское расследование, редакция газеты командировала корреспондента в Кузбасс. После прибытия



на тепловую электростанцию корреспондент в пятый раз задал вопрос: «Почему на вашей тепловой электростанции произошел пожар?» В ответ на этот вопрос он узнал следующее: «Проведенное расследование показало, что пожар произошел потому, что бригадир поручил выпускнику профтехучилища (накануне принятого на работу), подтянуть соединения на масляной гидравлической системе охлаждения электрогенератора, а сам ушел заниматься другой работой. Выпускник профтехучилища по неопытности сорвал гайку на медной трубке системы охлаждения. В результате масло стало вытекать на пол машинного зала. Опытный слесарь заткнул бы трубу рукой и дождался бы появления какого-либо сотрудника, чтобы позвать на помощь, а работавший лишь второй день молодой рабочий испугался и побежал искать бригадира. За время этих поисков натекла большая лужа масла и начался пожар. В результате несколько агрегатов машинного зала были повреждены и выведены из строя. Во всем виноват выпускник профтехучилища».

На этом статья, опубликованная в центральной газете бывшего Советского Союза заканчивалась.

У Вас, по-видимому, возник шестой вопрос «Почему?», а именно: «Почему так случилось, что из-за неудачных действий молодого рабочего произошла длинная цепочка событий, приведших к очень большим экономическим убыткам в нескольких местах на территории бывшего Советского Союза?» Можно утверждать, что ответом на этот вопрос является следующее утверждение: «Очевидно, что причиной неудачных действий молодого рабочего являлось отсутствие в составе системы менеджмента (тепловой электростанции) подсистемы, которая обеспечивала бы обучение и планомерный ввод молодых рабочих в практическую работу, т.е. ответственным за понесенные в то время огромные убытки в масштабе всей страны являлся не молодой рабочий, а высшее руководство тепловой электростанции». Вспомните утверждение У.Э. Деминга о том, что ответственность за неудачи в управлении качеством процессов в 95...98% случаев несет высшее руководство организации [12].

Надеемся, что приведенные выше примеры позволили читателям лучше понять сущность рассматриваемого метода.

#### 1.4.5. СОВЕТЫ ПО ПОСТРОЕНИЮ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ

При практическом построении причинно-следственной диаграммы советуем Вам воспользоваться следующими рекомендациями [1, 8 – 10, 38 – 45, 63].

1. Определите все факторы, имеющие отношение к рассматриваемой проблеме, путем наблюдений и опроса многих людей.

Из всех факторов, указанных на диаграмме, надо выделить те, которые оказывают наибольшее воздействие на показатель качества. Если на первоначальной стадии, еще до построения диаграммы, из вашего поля зрения выпал какой-то фактор, он не появится на более поздней стадии. Поэтому чрезвычайно важно на стадии подготовки диаграммы привлечь к обсуждению как можно больше людей, чтобы диаграмма была полной и в ней ничего не было упущено.

*Примечание:* для поиска действительной причины рассматриваемой проблемы воспользуйтесь инструментом «Почему? Почему?»

2. Сформулируйте показатель как можно точнее.

Если показатель сформулирован абстрактно, то будет построена диаграмма, основанная на общих соображениях. И хотя она будет правильной с точки зрения отношений причина–результат, в ней будет мало проку при решении конкретных проблем.

3. Воспользуйтесь разными классификациями (стратификацией) причин и постройте столько диаграмм причин и результатов, сколько показателей вы хотите исследовать.

Например, ошибки в весе и в размерах одного и того же изделия нужно анализировать с помощью двух разных диаграмм, так как их структуры в этом случае будут различными. Попытка объединить эти две диаграммы в одну приведет к тому, что она окажется большой и сложной, практически бесполезной, что только затруднит процесс принятия решений.

4. При построении диаграммы Исикавы старайтесь выбирать такие показатели качества и такие факторы, которые можно измерить.

После составления диаграммы причин и результатов надо с помощью объективных данных оценить силу отношений причина–результат. Чтобы это стало возможным, и показатель качества, и факторы, на него влияющие, должны быть измеримыми. Если их невозможно измерить, надо все-таки попытаться это сделать или найти показатели-заменители.

5. Отыщите факторы, по которым надлежит принять меры.

Если по обнаруженной причине нельзя предпринять никаких действий, проблема неразрешима. Чтобы процесс совершенствования стал эффективным, надо разбивать причины на подпричины до тех пор, когда по каждой из них можно предпринять действия по устранению причин дефектов (по улучшению качества), иначе сам процесс их выявления превратится в бессмысленное упражнение.

## 1.4.6. СОВЕТЫ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ДИАГРАММ

1. Установите важность каждой причины на основе объективных значений или данных.

Анализ факторов с помощью собственного опыта или знаний важен, но устанавливая их важность только на основе субъективных представлений или впечатлений опасно. Большинство проблем, которые разрешимы таким путем, вероятно, уже решены, а оставшиеся нерешенные проблемы решить так уже нельзя. Объективное установление важности факторов с помощью данных – более научный и логический подход.

*Примечание.* Пусть с использованием «мозговой атаки» построена диаграмма Исикавы и установлены N причин, вызывающих брак. Возникает вопрос, с какой из этих причин надо начинать бороться в первую очередь, чтобы наиболее эффективно повысить качество. Для ответа на этот вопрос и следует использовать диаграмму Парето, например так, как это рассмотрено ниже.

2. Старайтесь постоянно совершенствовать причинно-следственную диаграмму.

**Задание № 1.3.** Постройте причинно-следственные диаграммы для следующих показателей качества:

- низкое качество фотокопий;
- ошибка в машинописи;
- опоздание к назначенному сроку.

## 1.5. ДИАГРАММА ПАРЕТО

Диаграмма Парето [1, 8 – 10, 38 – 45, 63] – разновидность столбиковой диаграммы, применяемой для наглядного отображения рассматриваемых факторов в порядке уменьшения (возрастания) их значимости. Эта диаграмма является инструментом, позволяющим распределить усилия для разрешения возникающих проблем и выявить главные причины, с которых надо начинать действовать, например, позволяет точно определить и квалифицировать основные виды и/или причины брака при диагностировании процесса, установить – борьба с какими видами и/или причинами брака позволит наиболее эффективно и быстро повысить качество продукции.

### 1.5.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИНЦИПЕ ПАРЕТО

В основе рассматриваемого инструмента лежит так называемый *принцип Парето*. В 1897 г. итальянский экономист В. Парето (1845 – 1923) установил [1], что  $\approx 70...80\%$  доходов или благ в государстве в

большинстве случаев принадлежит 20...30% населения. Американский экономист М. Лоренц в 1907 г. независимо от Парето пришел к тому же выводу [1], осуществив дальнейшее развитие идей Парето (помимо так называемой столбиковой диаграммы им было предложено использовать кумулятивную кривую, которую часто называют кривой Лоренца).

Идея применения столбиковой диаграммы Парето и кумулятивной кривой Лоренца в сфере контроля и управления качеством (процессов и продукции) принадлежит патриарху (гуру) качества доктору Дж. Джурану [1]. Ученый использовал инструмент для анализа и соответствующей классификации проблем качества по их последствиям и причинам:

- на немногочисленные, но существенно важные несоответствия (дефекты) и/или причины;
- и на многочисленные, но несущественные проявления (несоответствия, дефекты) и/или причины (факторы),

*Диаграмма Парето* – это инструмент, позволяющий распределить усилия для разрешения имеющихся проблем качества, в том числе:

- выявить наиболее дорого обходящиеся виды дефектов (несоответствий),
- установить наиболее важные причины (факторы) этих наиболее существенных видов дефектов (борьбу с которыми необходимо вести в первую очередь при решении задач улучшения качества процессов и продукции).

### 1.5.2. ПРИНЦИП ПАРЕТО ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРОБЛЕМАМ КАЧЕСТВА

Принцип Парето применительно к проблемам управления качеством можно сформулировать следующим образом:

Пусть в процессе производства некоторого вида продукции имеют место  $k$  видов несоответствий (дефектов) и эти несоответствия вызывают потери (убытки) в общей сумме  $\Pi$ .

*Принцип Парето (применительно к видам несоответствий)* состоит в том, что 70...80% от общей суммы потерь  $\Pi$  обычно бывают обусловлены 20...30% от списка несоответствий  $N_1, N_2, N_3, \dots, N_k$ , включающего в себя  $k$  наименований, например, несоответствиями  $N_1, N_2, N_3$ . Отсюда следует очевидная рекомендация, что улучшение качества процесса следует начинать с устранения именно этих несоответствий  $N_1, N_2, N_3$ .

После установления наиболее существенного несоответствия  $N_1$ , можно выявить перечень причин (этого несоответствия  $N_1$ ), включающий в себя  $t$  наименований.

*Принцип Парето (применительно к перечню причин наиболее существенного несоответствия  $N_1$ )* состоит в том, что 70...80% от общей суммы потерь (от несоответствия  $N_1$ ) обычно бывают обусловлены 20...30% видов причин от их общего перечня  $n_1, n_2, n_3, \dots, n_m$ , например причинами  $n_1, n_2$ .

Очевидно, что для устранения выявленного наиболее существенного несоответствия  $N_1$  необходимо в первую очередь бороться с этими немногочисленными причинами  $n_1$  и  $n_2$ .

**Пример № 1.** Пусть в учебной группе учатся 20 студентов.

Из принципа Парето следует следующее:

- примерно 70...80% успехов в учебе в этой группе обычно обеспечивают 20...30% студентов, т.е. 4 – 6 студентов вносят наиболее существенный вклад в успешное освоение профессиональных знаний (в виде информации, умений (навыков), профессиональной культуры);

- ориентировочно 70...80% неудач в освоении учебного материала в этой группе тоже обычно бывает обусловлено 20...30% студентов, т.е. другие 4 – 6 студентов обычно создают 70...80% неудач в освоении профессиональных знаний;

- остальные 40...60% студентов (8 – 12 человек) спокойно (на оценки «хорошо» и «удовлетворительно») осваивают учебный материал, не проявляя больших успехов в учебе и не ощущая существенных неудач в освоении учебных материалов.

**Пример № 2.** Если через 30 лет после окончания университета собрать сведения о годовых доходах бывших студентов этой группы, то по принципу Парето с высокой вероятностью будет получен следующий результат:

- примерно 20...30% бывших студентов этой группы (не обязательно ранее являвшихся отличниками) будут получать 70...80% от общей суммы годового дохода всех студентов этой группы;

- остальные 70...80% бывших студентов этой группы (не обязательно ранее отстававших в учебе) будут получать 20...30% от общей суммы годового дохода.

### 1.5.3. ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО

Рекомендуется порядок построения диаграммы Парето, включающий в себя следующие этапы [45].

**1.** Решите, какие проблемы надлежит исследовать и как собирать данные, в частности:

1) Какого типа проблемы вы хотите исследовать?

*Например:* дефектные изделия, потери в деньгах, несчастные случаи.

2) Какие данные надо собрать и как их классифицировать?

*Например:* по видам дефектов, по месту их появления, по процессам, по рабочим.

3) Установите метод и период сбора данных.

2. Разработайте контрольный листок для регистрации данных (о частоте возникновения дефектов в зависимости от вызывающих их причин) с перечнем видов собираемой информации.

3. Заполните контрольный листок регистрации данных и подсчитайте необходимые итоговые данные (см., например, табл. 1.1, приведенную в параграфе 1.1).

4. Для построения диаграммы Парето разработайте бланк таблицы (см. например, табл. 1.3) для обработки статистических данных, имеющихся в контрольном листке. В этой таблице следует предусмотреть графы для регистрации:

- числа зарегистрированных дефектов каждого типа как в единицах их измерения, так и в процентах к общему количеству дефектов;
- накопленной суммы числа дефектов, выраженной в единицах измерения дефектов;
- накопленной суммы числа дефектов, выраженной в процентах к общему итогу (накопленного процента).

5. Заполните таблицу, расположив данные, полученные по каждому проверяемому признаку (типу дефекта), в порядке убывания их значимости.

### 1.3. Данные для построения диаграммы Парето

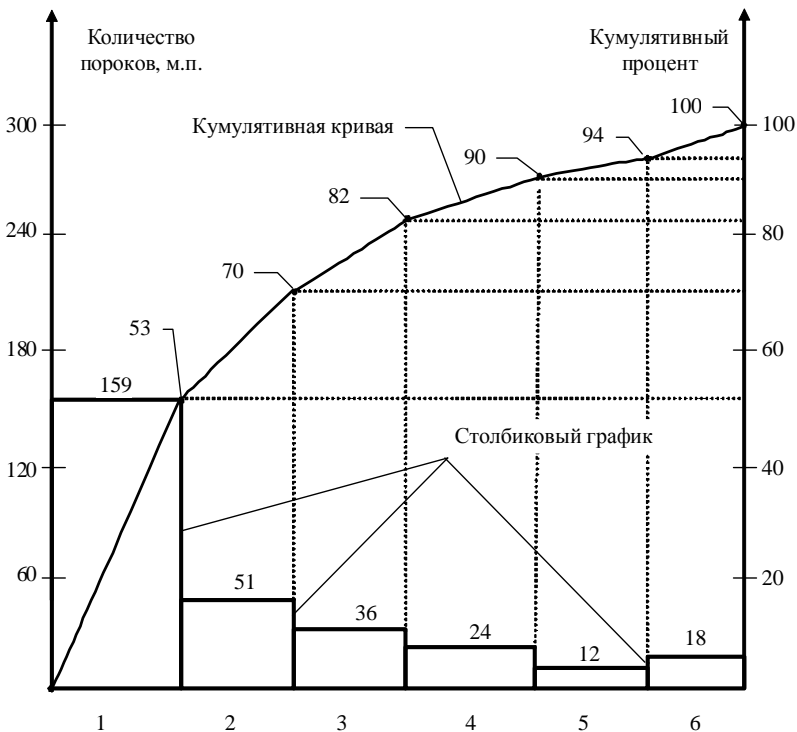
Типы дефектов (пороков)	Число дефектов (пороков), м. п.	Накопленная сумма числа дефектов, м.п.	Процент числа дефектов по каждому признаку к общей сумме	Накопленный процент
1	2	3	4	5
Концевые	159	159	53	53
Складки	51	210	17	70
Засечки	36	246	12	82
Вмятины	24	270	8	90
Грязь	12	282	4	94
Прочие дефекты	18	300	6	100
Итого	300	–	100	–

*Примечание:* группу «прочие» надо поместить в последнюю строку таблицы вне зависимости от того, насколько большим получилось число, так как ее составляет совокупность признаков, числовой результат по каждому из которых меньше, чем самое маленькое значение, полученное для признака, выделенного в отдельную строку.

В качестве примера смотрите табл. 1.3.

**6.** Начертите (см. рис. 1.7) одну горизонтальную и две вертикальные оси.

1) Сначала постройте горизонтальную ось. Разделите эту ось на интервалы в соответствии с числом контролируемых признаков (типов дефектов).



**Рис. 1.7. Диаграмма Парето по видам пороков тентового материала:**

1 – концевые; 2 – складки; 3 – засечки;  
4 – вмятины; 5 – грязь; 6 – прочие пороки

2) Затем постройте вертикальные оси с левой и правой стороны графика:

- на левую ось нанесите шкалу с интервалами (делениями) от 0 до числа, соответствующего общему итогу (суммарному числу дефектов);
- на правую ось нанесите шкалу с интервалами (делениями) от 0 до 100%.

7. Постройте столбиковую диаграмму.

8. Начертите кумулятивную кривую (кривую Лоренца).

На вертикалях, соответствующих правым концам каждого интервала на горизонтальной оси, нанесите точки накопленных сумм (результатов или процентов) и соедините отрезками прямых.

9. Нанесите на диаграмму все обозначения и надписи:

- надписи, касающиеся диаграммы (название, разметка числовых значений на осях);
- надписи, касающиеся данных;
- сведения о месте и времени сбора и обработки данных;
- сведения о персонале, принимавшем участие в работе;
- любые другие сведения, которые могут быть полезными в последующей работе с построенной диаграммой Парето.

Определяющим достоинством диаграммы Парето является то, что она дает возможность разгруппировать факторы на значительные, т.е. встречающиеся наиболее часто и на незначительные, т.е. встречающиеся относительно редко. Диаграмма Парето показывает в убывающем порядке относительное влияние каждой причины на общую проблему.

После проведения корректирующих мероприятий диаграмму Парето можно вновь построить для изменившихся в результате коррекции условий и проверить эффективность проведенных улучшений. В новой диаграмме Парето (построенной после выполнения корректирующих действий и сбора новых данных о частоте возникающих дефектов) на первом месте, как правило, оказывается столбец, ранее занимавший вторую позицию, а столбец, стоявший на первой позиции, перемещается на 3 – 5 позиции.

*Примечание:* В статье [67] сформулировано следующее: 1) традиционный подход к построению новой диаграммы Парето после выполнения улучшений (когда столбец, ранее занимавший первую позицию перемещается на 3 – 5 позиции) часто затрудняет изучение динамики работ по снижению дефектности процессов и их анализа, так как трудно сравнивать между собой диаграммы Парето, построенные за несколько лет, в которых столбцы каждый раз меняют свое положение; 2) при анализе результатов нескольких улучшений конкретного



процесса на всех последующих диаграммах Парето целесообразно сохранять такое же расположение столбцов, каким оно было на первой диаграмме Парето.

В сложной экономической жизни предприятия проблемы могут возникнуть в любой момент в любом подразделении. Анализ этих проблем всегда целесообразно начинать с составления диаграммы Парето.

#### 1.5.4. СОВЕТЫ ПО ПОСТРОЕНИЮ ДИАГРАММ ПАРЕТО

При практическом построении диаграммы Парето можно рекомендовать следующее [1, 45].

1. Воспользуйтесь разными классификациями причин (т.е. произведите стратификацию имеющихся у вас данных) и составьте много диаграмм Парето. Суть проблемы можно уловить, наблюдая явление с разных точек зрения, поэтому важно опробовать различные пути классификации данных, пока не выявятся немногочисленные существенно важные факторы, что и служит целью анализа Парето.

2. Нежелательно, чтобы группа «прочие факторы» составляла большой процент. Если такое происходит, значит объекты наблюдения классифицированы неправильно и слишком много объектов попало в эту группу. В этом случае надо использовать другой принцип классификации.

3. Если данные можно представить в денежном выражении, то именно так и надо поступить (лучше всего показать это на вертикальных осях диаграммы Парето). Если нельзя оценить существующую проблему в денежном выражении, само исследование может оказаться неэффективным. Затраты – важный критерий принятия решений в управлении.

При использовании построенной диаграммы Парето рекомендуется [1]:

- если нежелательный существенный фактор (причину) можно устранить с помощью простого решения, это надо сделать незамедлительно;

- в первую очередь следует рассматривать только немногочисленные существенные факторы (причины);

- если относительно неважная причина (фактор) устраняется простым путем, то это тоже следует сделать, так как приобретенный опыт и моральное удовлетворение окажут большое воздействие на дальнейшую процедуру решения проблемы.

**Задание № 1.4.** Разработайте форму контрольного листка для сбора данных применительно к вашему производству (работе), обработайте собранные данные и постройте диаграмму Парето.

## 1.6. ДИАГРАММА РАЗБРОСА (РАСSEИВАНИЯ)

На практике часто важно изучить зависимости между парами каких-либо переменных. Как можно, например, установить, зависит ли вариация размеров детали от изменений скорости вращения шпинделя токарного станка? Или, допустим, мы хотим управлять концентрацией материала, но предпочитаем заменить измерение концентрации измерением плотности, поскольку на практике ее гораздо легче мерить. Для изучения зависимостей между двумя переменными, такими, как скорость вращения шпинделя токарного станка и размер детали (или концентрация и плотность), мы можем воспользоваться так называемой *диаграммой рассеивания* [1, 8 – 10, 63].

Диаграмма разброса (рассеивания) – инструмент [1, 8 – 10, 38 – 43], позволяющий определить вид и тесноту связи между парами соответствующих переменных.

Эти две переменные  $x$  и  $y$  могут относиться [1, 63]:

- а) к характеристике качества  $y$  и к влияющему на нее фактору  $x$ ;
- б) к двум различным характеристикам качества  $x$  и  $y$ ;
- в) двум факторам  $x$  и  $y$ , влияющим на одну характеристику качества  $z$ .

Для выявления связи между ними и служит диаграмма разброса (рассеивания), которую также часто называют *полем корреляции* [1]. При выяснении тесноты связи между парами переменных важно, прежде всего, построить диаграмму рассеивания и понять ситуацию в целом.

### 1.6.1. ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММЫ РАЗБРОСА (РАСSEИВАНИЯ)

Можно рекомендовать следующий порядок построения диаграммы разброса (рассеивания) [1, 45, 63].

1. Соберите парные данные  $(x, y)$ , между которыми вы хотите исследовать зависимость, и расположите их в таблице. Было бы хорошо иметь, по меньшей мере, 30 пар данных.

#### 1.4. Данные для построения диаграммы разброса (рассеивания)

$x$	$x_1$	$x_2$	...	$x_i$	...	$x_{n-1}$	$x_n$
$y$	$y_1$	$y_2$	...	$y_i$	...	$y_{n-1}$	$y_n$

2. Найдите максимальные и минимальные значения для  $x$  и для  $y$ . Выберите шкалы на горизонтальной и вертикальной осях так, чтобы обе длины рабочих частей осей  $x$  и  $y$  получились приблизительно одинаковыми (чтобы они уместились на экране компьютера или на стандартном листе бумаги), тогда диаграмму будет легче читать. При определении масштабов возьмите на каждой оси от 3 до 10 градационных делений и, при обозначении этих делений, используйте (для облегчения чтения) круглые числа. Если одна переменная – фактор, а вторая – характеристика качества, то выберите для фактора горизонтальную ось  $x$ , а для характеристики качества – вертикальную ось  $y$ .

3. На экране компьютера (на отдельном листе бумаги) начертите график и нанесите на него данные. Если в разных наблюдениях получаются одинаковые значения, покажите эти точки либо рисуя концентрические кружки  $\odot$ , либо нанося вторую точку рядом с первой.

4. Нанесите на диаграмму все необходимые обозначения, например:

- а) название диаграммы;
- б) интервал времени сбора данных;
- в) число пар данных;
- г) названия и единицы измерения для каждой оси;
- д) дата составления диаграммы;
- е) имя (и прочие данные) человека, который составлял эту диаграмму.

Убедитесь, что перечисленные выше данные, отраженные на диаграмме, понятны любому человеку, а не только тому, кто делал диаграмму.

Типичные виды диаграмм разброса (рассеивания) приведены на рис. 1.8.

После построения диаграммы рассеивания необходимо изучить связи между  $x$  и  $y$ , но для установления силы связи в количественных терминах полезно вычислить коэффициент корреляции в соответствии со следующим определением [1, 45, 63]:

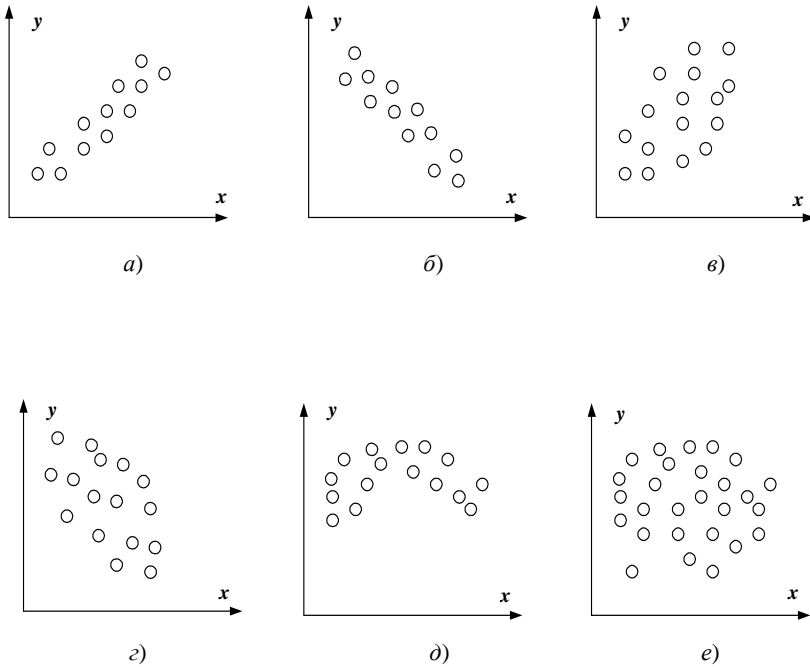
$$r = \frac{S(xy)}{\sqrt{S(xx)S(yy)}} ,$$

$$S(xx) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 ,$$

$$S(yy) = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 ,$$

$$S(xy) = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}),$$

где  $n$  – число пар данных;  $x_i, y_i$  – собранные статистические данные;  $\bar{x}, \bar{y}$  – средние арифметические значения соответствующих факторов  $x$  и  $y$ ;  $r$  – коэффициент корреляции, который принимает значение из диапазона  $-1 \leq r \leq 1$ . Если абсолютное значение  $r$  окажется больше 1, то совершенно ясно, что произошла ошибка, и вы должны пересчитать результат.



**Рис. 1.8. Типичные виды диаграмм разброса (рассеивания):**

- a* – сильная положительная корреляция;
- б* – сильная отрицательная корреляция;
- в* – слабая положительная корреляция;
- г* – слабая отрицательная корреляция;
- д* – криволинейная корреляция;
- е* – отсутствие корреляции

## 1.7. КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ПРОЦЕССОВ И ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ

### 1.7.1. ПОНЯТИЕ О ВРЕМЕННОМ РЯДЕ

Временные ряды [44, 63] применяются, когда требуется самым простым способом представить ход изменения наблюдаемых данных за определенный промежуток времени.

Временной ряд предназначен для наглядного представления данных, он очень прост в построении и использовании. Точки наносятся на график в том порядке, в каком они были собраны. Поскольку они отображают изменение характеристики во времени, очень существенна последовательность данных.

Одно из наиболее эффективных применений временного ряда заключается в выявлении существенных тенденций или изменений как мгновенных (индивидуальных), так и средних значений величины, характеризующей качество продукции. Пример построения временного ряда представлен на примере анализа сбыта (рис. 1.9) за 2010 – 2011 гг.

Временные ряды могут быть очень полезны [44] при интерпретации и анализе статистических данных. Рассмотрим один из интересных случаев, иллюстрирующих успешное применение временных рядов [44, 63].

В таблице 1.5 приведены статистические данные, описывающие протекание трех процессов. В нижней части табл. 1.5 представлены рассчитанные значения:

- средних арифметических значений  $\bar{x} = 34,9$  ;
- среднеквадратичных отклонений  $S_n = 3,59$ .

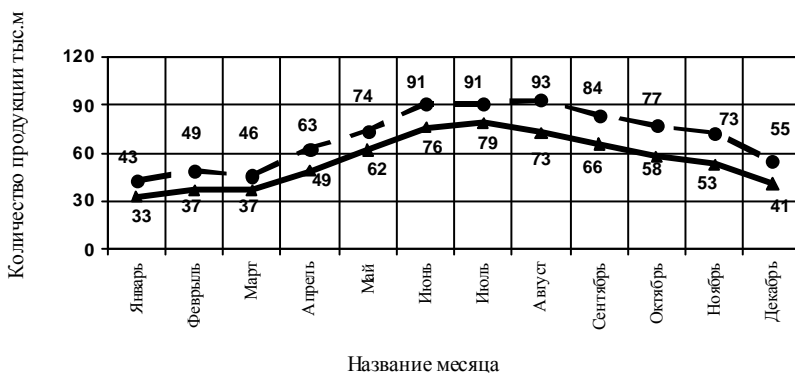


Рис. 1.9. Сравнительный анализ сбыта продукции за:  
— — — — — 2010 г.; — — — — — 2011 г.

**1.5. Статистические данные,  
описывающие протекание трех процессов**

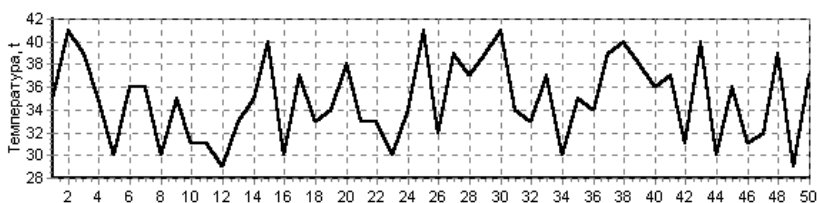
1	2	3	4	1	2	3	4
1	35	32	29	27	39	40	35
2	41	34	29	28	37	38	35
3	39	30	30	29	39	39	36
4	35	35	30	30	41	36	36
5	30	31	30	31	34	41	36
6	36	34	30	32	33	41	36
7	36	29	30	33	37	37	37
8	30	30	30	34	30	39	37
9	35	29	31	35	35	37	37
10	31	35	31	36	34	37	37
11	31	30	31	37	39	39	37
12	29	33	31	38	40	40	38
13	33	33	32	39	38	40	38
14	35	30	32	40	36	36	39
15	40	32	33	41	37	37	39
16	30	31	33	42	31	39	39
17	37	33	33	43	40	35	39
18	33	33	33	44	30	37	39
19	34	31	33	45	36	41	40
20	38	34	34	46	31	35	40
21	33	31	34	47	32	36	40
22	33	33	34	48	39	39	41
23	30	34	34	49	29	38	41
24	34	30	35	50	37	35	41
25	41	30	35	$\bar{x}$	34,9	34,9	34,9
26	32	36	35	$S_n$	3,59	3,59	3,59

Видно, что средние арифметические значения и среднеквадратичные отклонения для всех трех процессов совпадают. В этом случае напрашивается вывод, что все три процесса можно считать одинаково-

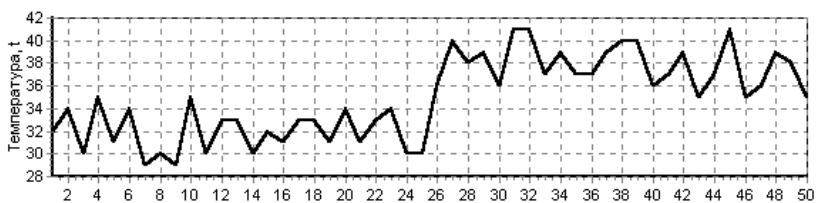
выми. Многие начинающие исследователи, не имеющие опыта работы со статистическими методами обработки данных, сделали бы именно такой вывод. Однако, так ли это на самом деле?

Временные ряды позволяют получить наиболее убедительный ответ на вопрос: «Являются ли три процесса, представленные в табл. 1.5 и имеющие одни и те же значения характеристик ( $\bar{x} = 34,9$  и  $S_n = 3,59$ ), одинаковыми?» Для этого статистические данные следует представить в виде временных рядов, приведенных на рис. 1.10.

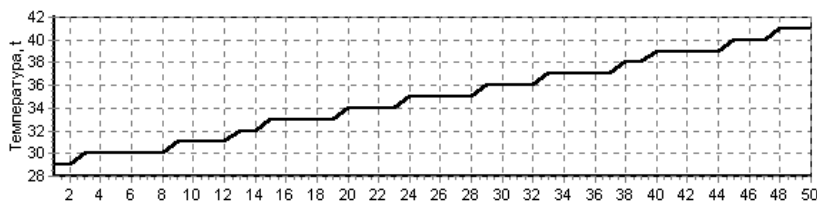
По рисунку 1.10, *а* видно, что процесс № 1 является случайным процессом, который может быть охарактеризован средним арифметическим значением  $\bar{x} = 34,9$  и среднеквадратичным отклонением  $S_n = 3,59$ .



*а)*



*б)*



*в)*

**Рис. 1.10. Временные ряды, иллюстрирующие протекание трех процессов, построенные по данным:**

*а* – второго столбца; *б* – третьего столбца; *в* – четвертого столбца табл. 1.5

Временной ряд, изображенный на рис. 1.10, б, говорит о том, что процесс № 2 имеет значительно меньший разброс данных (по сравнению с процессом № 1) как на протяжении первой ( $S_n = 1,84$ ), так и второй ( $S_n = 1,92$ ) своей половины протекания. По рисунку 1.10, б видно, что на 25 – 27 шагах было осуществлено вмешательство в ход процесса № 2. В результате перенастройки процесса № 2, первоначально характеризовавшегося средним арифметическим значением ( $\bar{x} = 31,9$ ) и среднеквадратичным отклонением ( $S_n = 1,84$ ), параметры этого процесса изменились и приобрели значения  $\bar{x} = 37,9$  и  $S_n = 1,92$ .

Процесс № 3 представляет собой (см. рис. 1.10, в) пример закономерно возрастающего изменения характеристики процесса (так называемого «тренда»). Этот процесс имеет относительно небольшой случайный разброс, причем, для него лучше не указывать какие-либо среднее арифметическое значение и среднеквадратичное отклонение (значения  $\bar{x} = 34,9$  и  $S_n = 3,59$ , приведенные в нижней части четвертого столбца табл. 1.5, не имеют реального физического смысла).

### 1.7.2. ПОНЯТИЕ О КОНТРОЛЬНЫХ КАРТАХ

Контрольные карты [1, 8 – 10, 30 – 45, 63] – это представление полученных в ходе технологического процесса данных в виде точек (или графика) в порядке их поступления во времени. Они позволяют контролировать текущие рабочие характеристики процесса, показывают отклонения этих характеристик от целевого или среднего значения, а также уровень статистической стабильности (устойчивости, управляемости) процесса в течение определенного времени. Их можно использовать для изучения возможностей процесса, чтобы помочь определить достижимые цели качества и выявить изменения средних характеристик и изменчивость процесса, которые требуют корректирующих или предупреждающих действий.

Контрольные карты впервые были предложены в 1924 г. У. Шухартом с намерением исключить необычные вариации, т.е. отделять вариации, которые обусловлены определенными причинами, от тех, что обусловлены случайными причинами.

*Контрольные карты основываются на четырех положениях [1, 8 – 10, 15, 30 – 45]:*

- все процессы с течением времени отклоняются от заданных характеристик;
- небольшие отклонения отдельных точек являются непрогнозируемыми;



- стабильный процесс изменяется случайным образом, но так, что группы точек стабильного процесса имеют тенденцию находиться в прогнозируемых границах;

- нестабильный процесс отклоняется в силу неслучайных факторов, и неслучайными обычно считаются те отклонения, которые находятся за пределами прогнозируемых границ.

Контрольные карты позволяют использовать текущие данные процесса, чтобы установить статистически нормальные рабочие границы (границы регулирования), в которых должны находиться характеристики процесса.

Постоянное использование контрольной карты может помочь определить факторы, вызывающие отклонения процесса от заданных требований, и исключить их влияние.

Результаты измерений характеристики процесса в течение определенного времени сравниваются с требованиями к процессу для установления, что контролируемая характеристика процесса [1, 8 – 10, 30, 38 – 45]:

- выходит за установленные границы поля допуска, но размах (разброс параметров) процесса не превышает ширины поля допуска, что сохраняет возможность удовлетворить требования потребителя путем наладки или настройки процесса, например, за счет совмещения среднего арифметического значения  $\bar{x}$  характеристики процесса с серединой поля допуска CL;

- выходит за установленные границы поля допуска, причем, среднее значение  $\bar{x}$  близко к середине поля допуска CL, а размах  $R$  (разброс параметров) процесса превышает ширину поля допуска, что не позволяет удовлетворить требования потребителя (необходимо улучшение процесса, а именно, уменьшение размаха  $R$  за счет использования более точного станка или уменьшения влияния внешних факторов, вызывающих повышенную изменчивость процесса);

- среднее значение  $\bar{x}$  характеристики процесса далеко от середины поля допуска CL и величина размаха  $R$  превышает ширину поля допуска (для улучшения качества процесса требуется как его настройка/наладка, так и уменьшение размаха (разброса) характеристики процесса).

При разработке контрольной карты самым важным является способ определения *контрольных границ*. Для определения контрольных границ необходимо собрать большое количество данных (называемых предварительными данными), характеризующих состояние процесса, и на их основе рассчитать (по установленным формулам) контрольные границы. В производственной практике используются различные виды

контрольных карт, отличающиеся друг от друга характером используемых данных.

Существуют два класса контрольных карт: один для непрерывных значений, а второй – для дискретных. Сведения об основных типах контрольных карт [1, 8, 33, 37 – 43, 45] приведены в табл. 1.6.

Приведенная в таблице 1.6 классификация контрольных карт требует некоторых пояснений.

Контрольная карта индивидуальных (измеряемых) значений ( $x$  – карта) строится следующим образом (см. рис. 1.11).

Через определенный промежуток времени (на очередном шаге контроля) рабочий снимает с конвейера по одной детали, измеряет значение  $x$  их характеристики качества и на бланке контрольной карты точками (крестиками, кружочками или другими знаками) отмечает значение этой характеристики (см. рис. 1.11).

### 1.6. Основные типы контрольных карт

Значения характеристики (показателя качества)	Название
Непрерывные значения	$x$ – карта (индивидуальных значений $x_i$ , карта измеряемых значений) $(\bar{x} - S)$ – карта (средних значений $\bar{x}$ и среднеквадратичных отклонений $S$ ) $(\bar{x} - R)$ – карта (средних значений $\bar{x}$ и размахов $R$ ) $(\tilde{x} - R)$ – карта (медиан $\tilde{x}$ и размахов $R$ ) $(\tilde{x} - S)$ – карта (медиан $\tilde{x}$ и среднеквадратичных отклонений $S$ )
Дискретные значения	$p$ – карта (для контроля доли несоответствующих (дефектных) изделий в подгруппе) $np$ – карта (для контроля числа несоответствующих (дефектных) изделий в подгруппе определенного объема $n$ ) $c$ – карта (для контроля числа несоответствий (дефектов) в подгруппе) $u$ – карта (для контроля числа несоответствий (дефектов), приходящихся на единицу продукции в подгруппе)

Если эти значки группируются вблизи середины  $x = CL$  поля допуска и не выходят за пределы верхней USL и нижней LSL границ поля допуска, то это означает, что процесс идет в управляемых условиях. Если же на каком либо шаге контроля эти значки приблизятся или даже выйдут за пределы поля допуска (см. шаги № 13 – 15 на рис. 1.11), то это означает, что оператор должен вмешаться в ход процесса (произвести подстройку процесса, заменить износившийся инструмент и т.п.).

Опыт практической работы с  $x$ -картами показал, что они не всегда удобны в работе. Поэтому, вместо карт индивидуальных значений ( $x$ -карт) чаще используют  $(\bar{x} - S)$ -,  $(\bar{x} - R)$ -,  $(\tilde{x} - R)$ -карты;  $(\tilde{x} - S)$ -карты на практике используются очень редко.

Рассмотрим обозначения  $\bar{x}$ ,  $S$ ,  $\tilde{x}$ ,  $R$  использованные в табл. 1.6. Эти обозначения имеют следующий смысл:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{– среднее арифметическое значение}$$

характеристик качества  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , измеренных рабочим на очередном шаге контроля;

$$S = S_n = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{– среднее квадратическое отклонение}$$

характеристик качества  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , измеренных рабочим на очередном шаге контроля.

В современных условиях контроля производственных процессов (с использованием компьютеров), вычисление среднего арифметического  $\bar{x}$  и среднего квадратического отклонения  $S$  не вызывает затруднений. Однако, при внедрении контрольных карт на японских заводах в 50-е гг. XX в., компьютеров, пригодных для контроля производственных процессов, еще не было.

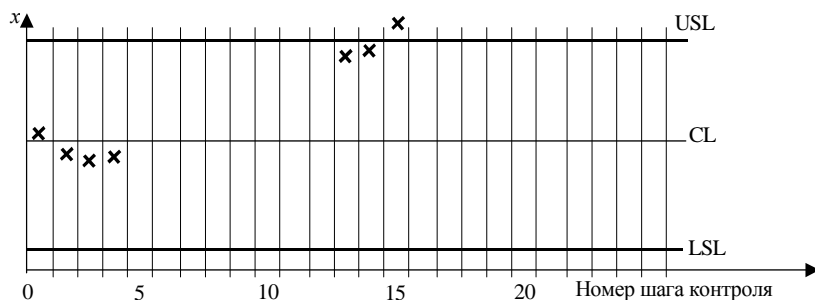


Рис. 1.11. Пример контрольной  $x$ -карты индивидуальных значений

Поэтому вместо среднего арифметического значения  $\bar{x}$  удобнее было использовать так называемую медиану  $\tilde{x}$ , значение которой определяется значительно проще (без каких-либо вычислений). Если полученные при измерениях значения  $x_1, x_2, \dots, x_n$  характеристики качества расположить в возрастающем или убывающем порядке, то при нечетном числе измерений  $n$  медианой будет значение, занимающее срединное положение в этом ряду. При четном числе  $n$  медиана  $\tilde{x}$  будет равна среднему арифметическому двух значений, расположенных в середине ряда.

При использовании медианы  $\tilde{x}$  вместо среднего арифметического значения  $\bar{x}$ , целесообразно производить нечетное количество измерений.

Аналогично, вместо среднего квадратического отклонения  $S = S_n$  оказалось удобнее использовать так называемый размах  $R = x_{\max} - x_{\min}$ , т.е. разность между наибольшим  $x_{\max}$  и наименьшим  $x_{\min}$  значениями из ряда наблюдений  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , выполненных на очередном шаге контроля. Правомерность замены среднего квадратического отклонения  $S = S_n$  на размах  $R$  обоснована в [30] результатами расчета теоретического коэффициента корреляции между  $R$  и  $S$ , который оказался равен  $r = 0,977$ . Поэтому при использовании статистических методов управления качеством, рассеяние процесса можно контролировать с помощью  $R$ -карты вместо  $S$ -карты.

Сведения о  $np$ -,  $p$ -,  $c$ - и  $u$ -картах приведены в правой части табл. 1.6 и в специальной литературе [1, 8, 38, 45].

**Задание № 1.5.** На очередном шаге контроля на двух рабочих местах получены:

1) пять значений характеристики качества:  $x_1 = 173,3$  мм;  $x_2 = 173,2$  мм;  $x_3 = 173,5$  мм;  $x_4 = 173,1$  мм;  $x_5 = 173,4$  мм.

2) шесть значений характеристики качества:  $x_1 = 293,3$  мм;  $x_2 = 293,2$  мм;  $x_3 = 293,5$  мм;  $x_4 = 293,1$  мм;  $x_5 = 293,4$  мм;  $x_6 = 293,1$  мм.

Для первого и второго случая найти значение  $\bar{x}$ ,  $\tilde{x}$ ,  $S$  и  $R$ .

### 1.7.3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

Рассмотрим этапы построения контрольной карты на примере  $(\bar{x} - R)$ -карты. Эта карта используется для анализа и управления процессами, показатели качества которых представляют собой непрерывные величины (длина, вес, концентрация) и несут наибольшее количество информации о процессе. Величина  $\bar{x}$  – есть среднее арифметическое значение для подгруппы, а  $R$  – выборочный размах для той же подгруппы. Обычно  $R$ -карту используют (вместе с  $\bar{x}$ -картой) для контроля и управления разбросом (размахом) внутри подгруппы.

Перед практическим использованием  $(\bar{x} - R)$ -карты необходимо подготовить бумажный бланк (или графические формы для отображения контрольной карты на экране компьютера), на котором эта контрольная карта будет изображаться (см. рис. 1.12). Для этого надо собрать данные о качестве протекания процесса и обработать их так, как это рассмотрено ниже [1, 8, 38, 45, 63].

**1. Сбор данных.**

Пример результатов сбора исходных данных для построения контрольной карты типа  $(\bar{x} - R)$  приведен в табл. 1.7.

**2. Вычисление средних арифметических значений  $\bar{x}_k$  для каждой  $k$ -й подгруппы наблюдаемых значений:**

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{n}.$$

Этот результат  $\bar{x}_k$  обычно подсчитывается с одним лишним десятичным знаком по сравнению с исходными данными  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

*Примечания:*

1) для получения этих данных рабочий периодически (например, раз в час или после изготовления определенного количества деталей) снимает с производственного потока  $n$  деталей, измеряет их размеры  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и для каждой подгруппы вычисляет среднее значение  $\bar{x}_k$ .

2) приведенные в табл. 1.7 данные содержат по пять значений в каждой подгруппе, что соответствует  $n = 5$ .

**3. Вычисление общего среднего значения  $\bar{\bar{x}}$  по всем имеющимся подгруппам данных по формуле:**

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \bar{x}_k = \frac{(\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_K)}{K},$$

путем деления итога столбца  $\bar{x}_k$  на число подгрупп  $K$ .

Этот результат  $\bar{\bar{x}}$  надо вычислять с одним дополнительным знаком по сравнению с ранее вычисленными значениями  $\bar{x}_k$  (с двумя лишними знаками по сравнению с измеренными значениями  $x_1, x_2, \dots, x_n$ ).

*Примечание.* Приведенные в табл. 1.7 данные содержат пять подгрупп, что соответствует  $K = 5$ .

**4. Вычисление размаха  $R_k$  в каждой подгруппе путем вычитания минимального значения в подгруппе из максимального**

$$R_k = x_{\max} - x_{\min}.$$

5. Вычисление среднего арифметического значения размахов  $\bar{R}$  для всех подгрупп данных

$$\bar{R} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K R_k = \frac{(R_1 + R_2 + \dots + R_K)}{K},$$

путем деления итога столбца размахов  $R_k$  для всех подгрупп на их число  $K$ . Этот результат надо вычислять с двумя лишними знаками по сравнению с измеренными значениями  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

#### 6. Вычисление контрольных линий

Вычислите значения, характеризующие положение каждой контрольной линии для  $\bar{x}$ -карты и для  $R$ -карты по следующим формулам.

##### $\bar{x}$ -карта.

Центральная линия (Central Line)  $CL = \bar{\bar{x}}$ .

Верхний контрольный предел (Upper Control Limit)  $UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R}$ .

Нижний контрольный предел (Lower Control Limit)  $LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}$ .

##### $R$ -карта.

Центральная линия  $CL = \bar{R}$ .

Верхний контрольный предел (уровень)  $UCL = D_4 \bar{R}$ .

Нижний контрольный предел (уровень)  $LCL = D_3 \bar{R}$ .

Нижний предел не рассматривается, когда  $n$  меньше 7.

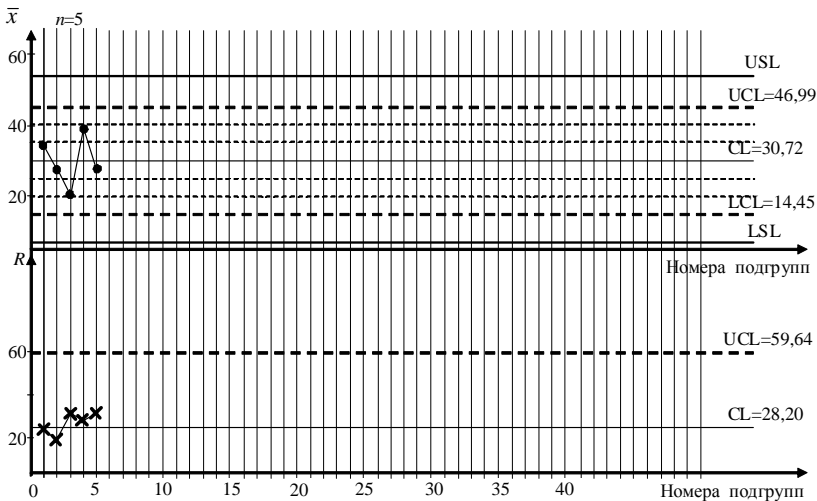
Константы  $A_2, D_4, D_3$  – коэффициенты, определяемые объемом подгрупп  $n$ , приведены в табл. 1.8, заимствованной из [37].

#### 7. Нанесение контрольных линий.

Приготовьте лист бумаги в клеточку, затем нанесите слева вертикальные оси со значениями  $\bar{x}$  и  $R$  и горизонтальные оси с номерами подгрупп. Разметьте верхний USL и нижний LSL пределы так, чтобы между ними оказалось 30...50 мм. Центральную линию CL начертите сплошной линией, а контрольные пределы – пунктирными линиями. Нанесите также на  $\bar{x}$ -карту (жирными сплошными линиями) значения верхней USL и нижней LSL границ поля допуска (если эти значения USL и LSL имеются).

#### 8. Нанесение точек.

Выберите и разметьте масштабы по осям  $\bar{x}$  и  $R$ , а по каждой горизонтальной оси нанесите номера подгрупп с небольшим интервалом 2...5 мм. Для удобства дальнейшего одновременного использования  $\bar{x}$ -карты и  $R$ -карты, можно рекомендовать нанесение тонких вертикальных линий для обозначения границ интервалов каждой подгруппы, причем, эти тонкие линии должны проходить непрерывно через всю  $(\bar{x} - R)$ -карту так, как это показано на рис. 1.12.



**Рис. 1.12. Форма бланка контрольной карты ( $\bar{x} - R$ )-типа**

Чтобы легче было различать  $\bar{x}$  и  $R$ , возьмем для изображения  $\bar{x}$  один вид знака (например, точку), а для  $R$  – другой (например, крестик), а для тех значений, которые выходят за пределы контрольных линий – кружочки.

9. Запишите необходимую информацию, например, объем подгрупп ( $n = 5$ ) в верхнем левом углу  $\bar{x}$ -карты. Запишите также и другие необходимые сведения, имеющие отношение к изучаемому процессу, такие как название процесса и продукции, период времени ведения контрольной карты, метод измерения, условия работы, смена, сведения о рабочем и т.п.

*Внимание.* На этом процесс подготовки формы (бланка) контрольной карты заканчивается.

Рассмотрим пример построения контрольной карты с использованием данных, приведенных в табл. 1.7.

Из таблицы видно, что для первой подгруппы

$$\bar{x}_1 = (47 + 32 + 44 + 35 + 20) / 5 = 35,6;$$

$$R = 47 - 20 = 27.$$

Выполнив аналогичные подсчеты для других подгрупп, вычислим:

$$\bar{\bar{x}} = (35,6 + 29,2 + 20,2 + 39,4 + 29,2) / 5 = 30,72;$$

$$\bar{R} = (27 + 18 + 33 + 30 + 33) / 5 = 28,2,$$

**1.7. Данные для подготовки к построению контрольной карты  
( $\bar{x} - R$ )-типа [45]**

Номер подгруппы	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$\sum_{i=1}^5 x_i$	$\bar{x}_k$	$R_k$
1	47	32	44	35	20	178	35,6	27
2	19	37	31	25	34	146	29,2	18
3	19	11	16	11	44	101	20,2	33
4	29	29	42	59	38	197	39,4	30
5	28	12	45	36	25	146	29,2	33
Итого							153,6	141
Средние значения:							$\bar{\bar{x}} = 30,72$	$\bar{R} = 28,20$

**1.8. Коэффициенты для вычисления контрольных линий  
 $\bar{x}$ -карт и  $R$ -карт [37]**

Объем подгруппы, $n$	$A_2$	$D_3$	$D_4$	$d_2$
2	1,880	–	3,267	1,128
3	1,023	–	2,575	1,693
4	0,729	–	2,282	2,059
5	0,577	–	2,115	2,326
6	0,483	–	2,004	2,534
7	0,419	0,076	1,924	2,704
8	0,373	0,136	1,864	2,847
9	0,337	0,184	1,816	2,970
10	0,308	0,223	1,777	3,078

а затем определим для  $\bar{x}$ -карты

$$CL = \bar{\bar{x}} = 30,72;$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} = 30,72 + 0,577 \times 28,2 = 46,99;$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} = 30,72 - 0,577 \times 28,2 = 14,45$$



и для  $R$ -карты

$$CL = \bar{R} = 28,2;$$

$$UCL = D_4 \bar{R} = 2,115 \times 28,2 = 59,64;$$

$LCL = D_3 \bar{R}$  – не рассматривается, так как  $n = 5 < 7$ .

По полученным данным строим контрольную карту. Обратите внимание, что интервалы ( $UCL - CL$ ) и ( $CL - LCL$ ) следует разделить на три равные части, например, так, как это показано на рис. 1.12.

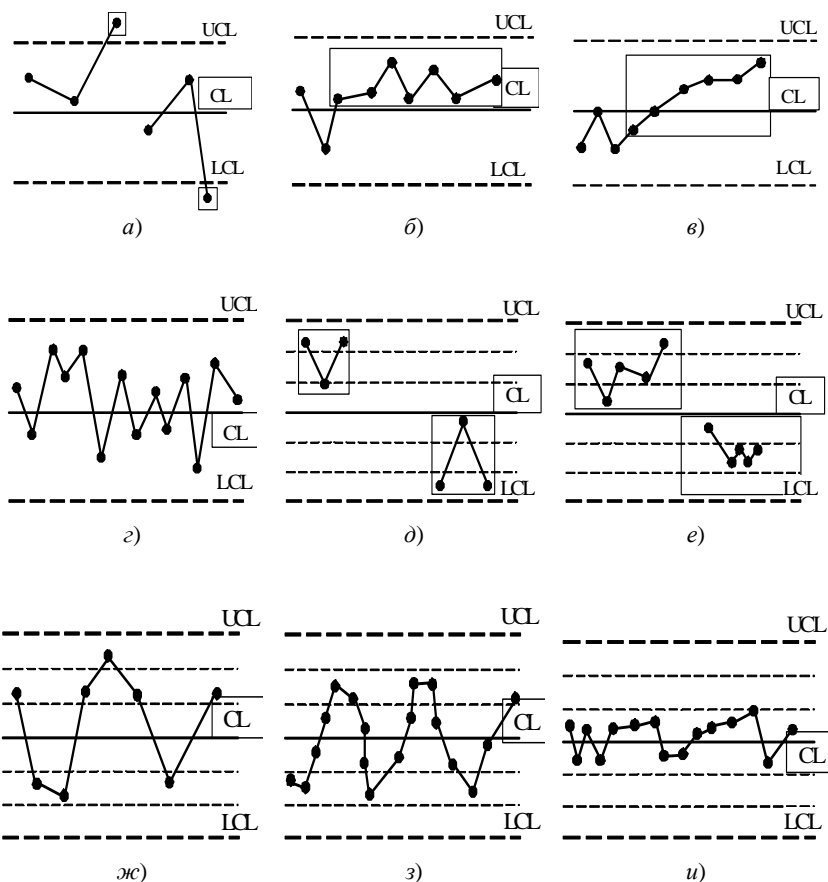
#### 1.7.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ПРИ КОНТРОЛЕ И РЕГУЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ

Что важнее всего в процессе управления, так это точное понимание состояния объекта управления с помощью чтения контрольной карты и быстрое осуществление подходящих действий, как только в объекте обнаружится что-нибудь необычное [45]. Контролируемое состояние объекта – это такое состояние, когда процесс стабилен, а его среднее значение  $\bar{x}$  и разброс данных (размах  $R$ ) не меняются (остаются близкими к  $\bar{x}$  и  $\bar{R}$ , т.е. не выходят за пределы верхнего  $UCL$  и нижнего  $LCL$  контрольных уровней).

Находится ли процесс в контролируемом состоянии или нет, определяется по контрольной карте, на основании которой осуществляется либо простой контроль без вмешательства в ход процесса (когда процесс идет успешно), либо воздействие на процесс (его регулирование) при отклонении условий протекания процесса от нормальных.

Одной из основных рекомендаций оператору, осуществляющему управление процессом с использованием контрольной карты, является: «Не дергайся понапрасну, не вмешивайся в ход процесса без достаточных на то оснований». Дело в том, что во многих случаях неопытные операторы, увидев незначительное отклонение хода процесса от центральной линии  $CL$ , стараются «улучшить» ход процесса. На самом деле такие попытки «улучшить» процесс (существует жаргонный термин – попытки «пощипать» процесс), приводят к резкому ухудшению качества процесса (с точки зрения теории автоматического управления происходит «раскачивание» процесса, что увеличивает отклонения  $\bar{x}$  и  $R$  от центральных линий). В теории управления качеством операторам рекомендуется осуществлять вмешательство в ход процесса только при появлении на контрольной карте следующих сигнальных признаков [9, 39, 40, 45, 63].

1. Одна или более точек оказались за верхним или нижним контрольными пределами (рис. 1.13, *a*).



**Рис. 1.13. Сигнальные признаки, свидетельствующие о неслучайном характере появившихся отклонений характеристики качества процесса:**  
*а* – одна или более точек за верхним или нижним контрольными пределами;  
*б* – семь или более точек с одной стороны от центральной линии;  
*в* – шесть точек образуют ряд монотонно возрастающих (убывающих) значений; *г* – четырнадцать точек скачут вверх-вниз; *д* – две из трех точек под-ряд оказались в крайней трети диапазона контрольных пределов;  
*е* – четыре из пяти последовательных точек находятся с одной стороны от средней линии вне центральной трети диапазона контрольных пределов;  
*ж* – восемь точек расположены с двух сторон от средней линии и не попадают в центральную треть диапазона контрольных пределов;  
*з* – периодичность изменения контролируемой характеристики;  
*и* – пятнадцать точек подряд в пределах центральной трети диапазона контрольных пределов

2. Серия из семи или более точек сразу оказалась с одной стороны от центральной линии (рис. 1.13, б).

В данном случае, под серией понимается проявление такого состояния процесса, когда точки неизменно оказываются по одну сторону от средней линии. Ряд таких точек называется серией. Серия длиной в 7 точек рассматривается как ненормальная.

*Примечание.* Даже если длина серии оказывается менее 7 или даже менее 6 точек, в ряде случаев ситуацию следует рассматривать как ненормальную, например, когда:

а) не менее 10 из 11 точек оказываются по одну сторону от центральной линии;

б) не менее 12 из 14 точек оказываются по одну сторону от центральной линии;

в) не менее 16 из 20 точек оказываются по одну сторону от центральной линии.

3. Шесть или более точек подряд образуют ряд непрерывно возрастающих (убывающих) значений – проявление так называемого тренда или дрейфа (рис. 1.13, в).

Если точки образуют непрерывно повышающуюся или понижающуюся кривую, говорят, что имеет место тренд (дрейф). Это говорит о ненормальности технологического процесса (изменение характеристики качества процесса происходит не из-за случайных вариаций условий протекания процесса, а из-за проявления неслучайной (специальной) причины, приводящей к изменению условий протекания процесса). Например, при обработке детали на токарном станке появление тренда (дрейфа) может быть вызвано повышенным износом резца. При этом оператор должен заменить резец на новый, чтобы не допустить выход характеристики качества процесса за контрольные пределы LCL или UCL.

4. Четырнадцать точек скачут вверх-вниз (рис. 1.13, г).

При работе на токарном станке этот сигнальный признак может свидетельствовать о том, что ослабло крепление резца. Оператор должен проверить это предположение и при необходимости закрепить инструмент.

5. Две из трех точек подряд оказались в крайней трети диапазона контрольных пределов (приближение к контрольным пределам UCL и LCL) (рис. 1.13, д).

Рассматриваются точки, которые располагаются в крайних 3-сигмовых зонах контрольных пределов, причем если две из трех точек

оказываются за 2-сигмовыми линиями, то такой случай надо рассматривать как ненормальный, требующий анализа и вмешательства в ход процесса.

6. Четыре из последовательных пяти точек находятся с одной стороны от центральной линии и не попадают в центральную треть диапазона контрольных пределов (рис. 1.13, *е*). Оператору совместно с технологом следует выяснить причины такой ненормальной ситуации и принять меры для их устранения.

7. Восемь точек расположены с двух сторон от средней линии, ни одна из которых не попадает в центральную треть диапазона контрольных пределов (рис. 1.13, *ж*). Оператору следует самостоятельно или с помощью инженера-технолога найти и устранить ненормальное протекание процесса.

8. Периодичность изменения контролируемой характеристики качества процесса (рис. 1.13, *з*).

Если точки укладываются на кривую, имеющую повторяющуюся форму (структуру) «то подъем, то спад» с примерно одинаковыми интервалами (периодами) времени, это тоже ненормально. Оператору и технологу следует найти и устранить причины этой ненормальности.

9. Пятнадцать точек подряд оказались в пределах центральной трети диапазона контрольных пределов (рис. 1.13, *и*).

При проведении занятий со студентами или с инженерами промышленных предприятий, после формулирования этого сигнального признака, преподаватели часто задают вопрос: «Что в этом случае надо делать?» В ответ на этот вопрос очень часто поступают ответы, сводящиеся к следующему: «Делать ничего не надо, так как процесс идет хорошо».

Японские и западноевропейские специалисты по качеству с этим не согласны. Они считают, что в этой ситуации нельзя бездействовать. Оператору необходимо срочно пригласить инженеров-технологов, так как в этот промежуток времени сложились очень благоприятные условия для проведения процесса. Эти условия следует зафиксировать, а затем превратить в нормативные (стандартные) условия осуществления этого процесса в будущем.

После этого придется пересчитать уменьшившееся среднее значение размахов  $\bar{R}$  и, возможно, изменившееся значение  $\bar{\bar{x}}$ . Затем следует определить новые значения контрольных пределов UCL, LCL и подготовить новую форму контрольной карты, с помощью ко-

торой будет осуществляться дальнейший контроль и регулирование процесса.

*Примечание.* По мнению авторов книги [45], приближение большинства точек к центральной линии иногда может не означать, что достигнуто контролируемое состояние процесса. Напротив, если точки лежат в пределах полутора третьей диапазона контрольных пределов, например,

$$CL - \frac{1}{2}(CL - LCL) < \bar{x} < CL + \frac{1}{2}(UCL - CL),$$

то это может быть следствием того, что в подгруппах смешиваются данные из различных распределений, что делает размах контрольных пределов  $(UCL - LCL)$  слишком широким. В этом случае следует [45, 63] изменить способ разбиения на подгруппы.

## Глава 2. НОВЫЕ МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ, РАБОТАЮЩИЕ С ВЕРБАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ

---

В главе 1 были рассмотрены семь основных (простых, старых) инструментов контроля качества, большинство из которых основаны на анализе численных данных. Это вполне соответствует принципу менеджмента качества: «Принятие решений, основанное на фактах».

Однако факты не всегда бывают численными по своей природе. Принятие решений в этом случае должно базироваться [1, 9 – 12, 39 – 43]:

- на знании закономерностей поведения людей (поведенческой науки);
- на знании операционного анализа;
- на знании статистики;
- на знании теории оптимизации.

В связи с этим был разработан очень полезный набор инструментов, позволяющих облегчить решение проблем управления качеством при анализе различного рода фактов, представленных преимущественно не в численной, а в какой-либо другой форме, например, в виде словесных (устных) описаний. Информацию, представленную в виде словесных (устных) описаний, часто называют вербальной информацией.

Эти инструменты в книге [1] были названы «новыми инструментами управления качеством». К этим новым инструментам относятся:

- мозговая атака (штурм, осада) и атака разносом;
- анализ поля сил, действующих «за» и «против» выполняемого процесса улучшения;
- диаграмма сродства (affinity diagram);
- диаграмм (график) связей (interrelationship diagram);
- древовидная диаграмма, или дерево решений (tree diagram);
- матричная диаграмма, или таблица качества (matrix diagram or quality table);
- стрелочная диаграмма (arrow diagram);
- поточная диаграмма процесса (flow chart);
- диаграмма процесса осуществления программы (process decision program chart – PDPC);
- матрица приоритетов (анализ матричных данных) (matrix data analysis).

Сбор исходных данных для новых инструментов управления качеством обычно осуществляют с применением так называемых «мозговых атак» (штурмов и осад), рассмотренных в начале этой главы. После проведения мозговой атаки собранные данные анализируют, группируют и, на основе их использования, составляют различные диаграммы в соответствии с рекомендациями для рассматриваемых ниже новых инструментов управления качеством.

Отметим, что рассмотренная в главе 1 «диаграмма Исикавы», предназначена для работы не с числовой, а с вербальной информацией. По этому признаку «диаграмма Исикавы» должна быть отнесена к группе новых методов и инструментов в управлении качеством. Однако, в связи с тем, что этот инструмент традиционно рассматривается в составе семи простых японских инструментов контроля и управления качеством, причинно-следственная диаграмма Исикавы была обсуждена в первой главе.

Новые инструменты являются средствами решения проблем [8, 63], рассматриваемых в теории TQM. Эти инструменты наиболее успешно могут быть использованы в рамках групповой работы в командах, создаваемых в организациях для поиска и выработки решения проблем качества. Рассматриваемые ниже новые инструменты управления качеством лежат в основе новейшей процедуры преобразования требований потребителей сначала в параметры качества ожидаемой им продукции, а затем в параметры качества процессов производства этой продукции. Эта новейшая процедура, разработанная и впервые примененная в Японии на верфи компании «Mitsubishi Heavy Industries» в городе Кобе, в настоящее время получила название «Развертывание функции качества» (Quality Function Deployment – QFD). Из-за специфической формы матричной диаграммы, используемой в рамках процедуры QFD, эту процедуру часто называют «Дом качества» (The Quality House) [1, 63].

## **2.1. «МОЗГОВАЯ АТАКА» (ШТУРМ, ОСАДА) И «АТАКА РАЗНОСОМ»**

«Мозговая атака» используется [1, 8 – 10, 39, 41, 63] в качестве средства генерирования идей для целей идентификации возможных причин неудач и потенциальных возможностей улучшения качества. Мозговая атака была придумана [1, 63] А.Ф. Осборном в США и может быть широко использована не только при построении причинно-следственных диаграмм Исикавы типа «рыбий скелет», но и в процессе использования большинства других «основных», «новых» и «комплексных» инструментов управления качеством, рассматриваемых в первой, второй и третьей главах.

Задачей мозговой атаки является не допустить исключения из поля зрения возможных причин брака или путей улучшения качества.

Процедура «мозговой атаки» длится 1 – 1,5 часа и включает в себя следующее [1, 8 – 10, 39, 41, 63]:

1) организатор создает группу людей (порядка 5 – 9 человек), знакомых с той областью, где возникла проблема;

*примечание:* желательно, чтобы в эту группу, наряду со специалистами, глубоко знающими проблему, входили специалисты из смежных (близких) областей знаний;

2) ясно, но не слишком конкретно (чтобы не сузить область поиска возможных решений), объявляется задача собрания для «мозговой атаки»

*примечания:*

– на этом этапе полезно специалистов, впервые участвующих в «мозговой атаке», ознакомить с основным содержанием и этапами предстоящей работы, рассмотренными ниже;

– полезно обратиться к участникам «мозговой атаки» с просьбой о том, чтобы они, при появлении даже казалось бы самых «бредовых» идей, незамедлительно и не задумываясь сообщали об этих идеях участникам «мозговой атаки», так как именно кажущиеся «бредовыми» идеи (которые не могут прийти в голову специалистам, глубоко знающим проблему) во многих случаях позволяют найти неожиданное и наиболее эффективное решение проблемы;

3) все члены группы выступают по очереди и высказывают по одной идее, что позволяет создать обстановку соревнования в процессе работы (возможен вариант, когда каждый участник в течение 5...15 минут записывает свои предложения на листе бумаги);

4) по возможности члены коллектива развивают и дополняют идеи, высказанные другими участниками;

*примечание:* на этом этапе не допускается какая-либо критика или простое обсуждение высказанных идей – разрешается только поддержка и углубление (развитие, дополнение) высказанных предложений;

5) высказанные идеи записывают (например, на специально подготовленных карточках) так, чтобы все их видели;

6) процесс выдвижения идей продолжается до тех пор, пока не прекратится их поток;

7) высказанные идеи группируются, например, с использованием мнемонического приема 4М...6М или по другим соображениям;

8) все высказанные идеи обсуждаются и рассматриваются для уточнения их формулировок, правильности их включения в конкретную группу причин и формирования результатов работы, например, диаграммы Исикавы типа «рыбья кость».



«Мозговой штурм» [1], в отличие от «мозговой атаки» длится 3–4 часа (половина рабочего дня). «Мозговая осада» [1] – от одного до нескольких рабочих дней. Например, «мозговая осада» может включать в себя шесть «мозговых атак», каждая из которых возможно будет посвящена построению одной из шести «больших костей» диаграммы Исикавы, отражающих влияние на качество:

- персонала;
- машин, станков и оборудования;
- сырья, материалов, комплектующих;
- технологий производства;
- средств измерения и методов контроля;
- производственной и окружающей среды.

«Атака разносом» [1], как это следует из ее названия, направлена на критический анализ, например, подготовленного проекта. При «атаке разносом» все внимание коллектива должно быть направлено исключительно на поиск имеющихся недостатков предмета анализа, высказывание положительных отзывов и какая-либо поддержка запрещены. Во избежание психологических срывов и душевных травм, нежелательно присутствие авторов проекта при анализе результатов их работы с применением «атаки разносом».

Помимо рассмотренных выше «мозговой атаки» (штурма, осады) и «атаки разносом», в качестве инструментов и методов генерации идей (используемых как при поиске причин неудач, так и при разработке предложений по усовершенствованию имеющихся процессов) могут быть применены [54].

1. *Письменный вариант мозговой атаки*, предусматривающий непосредственное изложение идей в письменной форме с использованием карточек или стендов [54].

В случае использования карточек, они передаются (циркулируют) среди участников работы для добавления сопутствующих идей или расширения ранее высказанных идей.

Во втором варианте идеи записывают на больших досках или стендах. При этом участники работы ходят около стендов, расставленных в помещении, и добавляют сопутствующие идеи, развивают предложенные другими идеи, добавляют новые элементы.

Недостаток письменного варианта – сложно обеспечить анонимность высказанных идей и предложений.

2. *Метод анкетирования Кроуфорда* можно рассматривать [54] как специфический случай письменного варианта мозговой атаки с использованием карточек, когда нет циркуляции карточек среди участников работы. За счет этого легко обеспечивается анонимность высказан-

ных предложений и идей. После завершения работы идеи сортируются на классы одним человеком. Получившийся итоговый документ, в котором выполнено предварительное суммирование всех идей, уже может открыто обсуждаться специалистами, входящими в состав группы.

Достоинство метода анкетирования Кроуфорда – он может применяться в случаях, когда имеются конфликты в группе специалистов, выдвигающих идеи.

## **2.2. АНАЛИЗ ПОЛЯ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ «ЗА» И «ПРОТИВ» ВЫПОЛНЯЕМОГО ПРОЕКТА УЛУЧШЕНИЯ**

Важными условиями успешного осуществления любого проекта улучшения процессов в организации является «создание подходящих условий для правильного восприятия предлагаемых изменений, а также создание благоприятного климата для внедрения [54]». Выполнение этих условий требует высокого уровня понимания психологии, закономерностей и методов работы с персоналом с целью его вовлечения в деятельность организации.

Для успешного выполнения этих условий в книге Б. Андерсена сформулированы два совета [54]:

1) чем больше информации будет предоставлено тем, кого будут касаться проводимые изменения, тем меньшее сопротивление будет оказано соответствующим мероприятиям;

2) для создания подходящих условий для правильного восприятия изменений надо установить хороший контакт со всеми, кого будут касаться эти изменения, и со всеми, кто может организовать противодействия эффективному внедрению усовершенствования.

При предоставлении такой информации и установлении хороших контактов необходимо в первую очередь уделять внимание [54]:

– представителям высшего руководства, так как они наделены полномочиями принимать решения о внедрении усовершенствований и о выделении требуемых для этого ресурсов;

– всем, кто вовлечен в процесс, подвергаемый переменам, поскольку это важно для их мотивации на перемены и скорейшего снижения возможного уровня сопротивления персонала предстоящим изменениям;

– поставщикам (на входе) и потребителям (на выходе) улучшаемого процесса, поскольку они также влияют на результативность и эффективность перемен;

– другим конкретным людям, обладающим влиянием на работу предприятия в целом и его подразделений, способных повлиять на выполнение проекта усовершенствования.

Когда дело доходит до создания благоприятного климата для надвигающихся перемен, *анализ поля сил «За» и «Против»* обычно является полезным инструментом для обеспечения положительного восприятия ситуации и выработки плана возможных действий для улучшения имеющейся ситуации [54]. Рассматриваемый здесь инструмент основан на предположении, что любая ситуация есть результат действия сил «За» и «Против». Обычно до начала проекта усовершенствования эти силы находятся в состоянии равновесия. Уменьшение или увеличение интенсивности действия одной из этих сил обычно приводит к осознанию (специалистами и руководителями организации и/или подразделений) необходимости инициировать и осуществить проект усовершенствования. При подготовке к осуществлению внедряемого проекта улучшения полезно использовать рассматриваемый инструмент *анализ сил, действующих «За» и «Против» выполняемого проекта улучшения*.

В книге [54] сформулированы следующие рекомендации по применению этого инструмента:

1) четко определите, какие перемены желательны; эту информацию обычно можно взять из целей проекта улучшения и плана его внедрения;

2) в процессе мозгового штурма следует выявить все силы в организации, которые могут выступать «За» и «Против» планируемых изменений (перемен);

3) оцените интенсивность каждой выявленной силы и обозначьте ее стрелкой на диаграмме поля сил (рис. 2.1), причем, чем больше интенсивность силы, тем крупнее должна быть стрелка на диаграмме;

4) для каждой силы (и особенно для самых мощных сил) определите планы мероприятий, которые могут привести к уменьшению действия сил, направленных против проекта, и к увеличению действия сил, способствующих успешному выполнению проекта изменения;

5) используя запланированные мероприятия, добейтесь такого соотношения сил «За» и «Против», которое будет способствовать успешному выполнению запланированного проекта улучшения.

В книге Б. Андерсена [54] рассмотрен пример успешного применения рассматриваемого инструмента в работе библиотеки, приведенный ниже.

После идентификации потенциальных проблем, которые могут возникнуть в процессе внедрения новой компьютерной системы регистрации, а также после определения контрмер для противодействия потенциальным проблемам, руководство библиотеки решило провести анализ поля сил, чтобы уяснить отношения членов коллектива к вводимой радикальной перемене.



**Рис. 2.1. Анализ поля сил для внедрения в библиотеке новой компьютерной системы**

Были выявлены важные силы, действующие «За»:

- 1) новая система радикально улучшит условия труда для сотрудников, так как регистрация книг, находящихся в библиотеке и выданных книг, упростится;
- 2) система будет автоматически напоминать о задолжниках книг, таким образом освобождая сотрудников от постоянной ручной работы;
- 3) поиск книг по каталогу и другие услуги читателям будут оказываться быстрее и легче;

4) если внедряемая система будет работать как задумано, она радикально улучшит уровень обслуживания читателей.

Были обнаружены и силы, действующие «Против» внедрения системы:

1) общий скептицизм в отношении компьютеров вообще среди большинства сотрудников старше 42 лет;

2) опасения, связанные с возникновением специальных (особых) проблем работы с компьютерами;

3) страх быть уволенным по сокращению штатов.

Если все обозначения, указанные с помощью стрелок соответствующей величины силы изобразить на схеме сил «За» и «Против», то получится рис. 2.1.

Для каждой из указанных сил были найдены несколько контрмер, которые могли изменять интенсивность их действия и направлять их в нужное русло (например, ознакомительные поездки в другие библиотеки, где уже подобные компьютерные системы были внедрены с хорошими результатами, предоставление сотрудникам общей информации, обучение сотрудников работе с компьютером и т.д.).

В книге [54] сформулированы следующие советы, способствующие созданию положительного отношения и внедрению проектов улучшения:

1) привлекайте всех, кто может оказать влияние на результаты внедрения, на свою сторону для обеспечения полной поддержки проводимым переменам;

2) организуйте дело так, чтобы люди, уже вовлеченные во внедрение, в свою очередь вовлекали в проект новых сторонников и вдохновляли их;

3) работайте по ясному и согласованному плану;

4) держите ваших сотрудников в курсе дел и информируйте их о полученных результатах;

5) подчеркивайте важность терпения для своих сотрудников – изменения не происходят сами собой.

Б. Андерсен считает, что самой большой трудностью в реализации проекта совершенствования является обеспечение *поддержки активности* сотрудников (членов команды, сформированной для выполнения проекта) для доведения работы до конца. По его мнению, нужны мониторинг процесса в ходе выполнения проекта для [54]:

- оценки фактических затрат времени по сравнению с плановыми;
- оценки фактических затрат ресурсов по сравнению с бюджетом проекта;

- оценки качества результатов.

Создание положительного отношения к внедрению проектов улучшения тесно связано с вопросами *преодоления сопротивления персонала изменениям*, рассмотренными в работах [8, 61, 68].

### 2.3. ДИАГРАММА СРОДСТВА

Диаграмма сродства [1, 8 – 10, 33, 43, 63] – это инструмент, позволяющий выявить основные нарушения процесса (или возможности его улучшения) путем объединения средствственных устных данных, собранных в результате «мозговой атаки».

Принцип создания диаграммы сродства и определения основных нарушений процесса, с целью принятия мер для их устранения, проиллюстрированы на рис. 2.2.

Как видно из рис. 2.2, диаграмма сродства позволяет распределить в несколько групп ( $X, Y$ ) большое количество ( $a, b, c, d$ ) идей, мнений и интересов, собранных специалистами по конкретной теме ( $Z$ ).

При сборе большого количества данных о различных идеях, мнениях и интересах, связанных с одной темой, диаграмма сродства дает возможность организовать информацию в группы на основе естественных связей, существующих между ними. Этот инструмент предназначен для стимуляции творческих способностей и полного вовлечения участников – членов команды. Он более эффективен в небольших группах (5 – 9 человек), в которых сотрудники привыкли работать вместе.

Диаграмму сродства часто используют для организации идей, возникших в ходе «мозговой атаки».

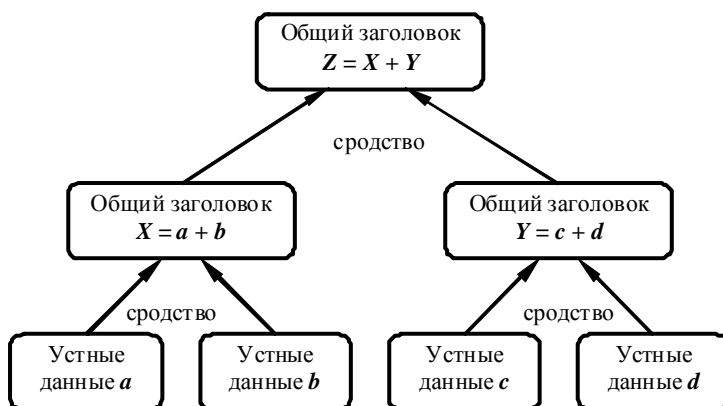


Рис. 2.2. Принцип построения диаграммы сродства

### 2.3.1. ПРИМЕРНЫЙ ПОРЯДОК ПОСТРОЕНИЯ ДИАГРАММЫ СРОДСТВА

При построении диаграммы сродства рекомендуется следующий порядок организации работы [1, 8 – 10, 33, 43].

1. Определите предмет, тему или проблему, которая является основой для сбора данных, в самых широких понятиях, так как излишние подробности могут вызвать предвзятость ответов участников работы.

Смутное определение типа: «Какие требования и ожидания покупателей (потребителей) могут быть в отношении продукта?» не только не вредно, но и полезно, потому что может помочь выявить новые пути подхода к проблеме.

2. Соберите данные по рассматриваемой проблеме, например, с применением «мозговой атаки». Каждое сообщение членов команды следует регистрировать на отдельной карточке.

3. Смешайте карточки и хаотически распределите их на большом столе.

4. Сгруппируйте взаимосвязанные карточки следующим образом:  
– рассортируйте карточки, которые кажутся взаимосвязанными, по нескольким группам;

– ограничьте количество групп (желательно не более 10) при условии, что одна карточка не может составлять всю группу;

– выберите из имеющихся карточек или придумайте карточку с заголовком, который отражает содержание каждой группы;

– поместите такую карточку с заголовком поверх карточек одной группы.

5. Перенесите информацию с карточек на бумагу, разбив полученные устные данные на группы.

### 2.3.2. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ ДИАГРАММЫ СРОДСТВА

Приведенная ниже диаграмма сродства, составленная применительно к телефонному автоответчику, заимствована из ИСО 9004-4:93 «Административное управление качеством. Элементы системы качества. Часть 4. Руководящие указания по улучшению качества» [43]. Результаты работы по составлению диаграммы сродства проиллюстрированы на рис. 2.3 и в табл. 2.1.

Работу по объединению хаотически расположенных карточек в конкретные группы следует проводить в тишине, избегая ненужных дискуссий, например, о схожем значении слов. Во время этого процесса возможны расхождения мнений в отношении взаимосвязи различных данных, однако, большая часть таких конфликтов рассеется в последующей работе.



**Рис. 2.3. Хаотическое расположение карточек на столе**

Работа считается завершенной, когда все данные будут приведены в порядок, т.е. собраны в предварительные группы родственных данных, а все упомянутые конфликты разрешены.

Попробуйте найти направленность каждой группы данных, резюмирующую средство. Напишите на отдельной карточке название каждой группы и поместите эту карточку поверх группы. Можно выбрать одну карточку из группы и установить ее во главе группы. Возможен вариант, когда на этом этапе формируется новая направленность групп.

Всю процедуру можно повторить, пробуя сформировать группы с иной направленностью.

Построение диаграммы средства заканчивают, когда сгруппируют данные в соответствии с подходящим количеством ведущих направлений.

Диаграмма средства может быть представлена графически в виде, аналогичном рис. 2.2, или таблично, например, так, как это показано в табл. 2.1.



## 2.1. Требования к телефонному автоответчику, распределенные по группам

Проблема, тема, предмет	Группы требований (или недостатков)	Идеи, мнения и интересы, собранные в процессе «мозговой атаки»
Какие требования потребителей могут быть в отношении автоответчиков?	Входящие сообщения	Сообщения переменной длины
		Отметка даты и времени
		Не подсчитывает количество случаев «повешенной трубки»
		Указывает количество сообщений
	Конфиденциальность	Секретный код доступа
		Розетка
	Инструкции	Ясные инструкции
		Карточка быстрой справки
	Элементы управления	Элементы управления имеют ясную маркировку
		Легко использовать
		Может работать от переносной телефонной трубки
	Стирание сообщений	Легко стереть сообщение
Стирание «избранных» сообщений		

## 2.4. ДИАГРАММА СВЯЗЕЙ

Диаграмма связей [1, 8 – 10, 33, 43, 63] – инструмент, позволяющий выявить логические связи между основной идеей, проблемой и различными данными.

Задачей этого инструмента является установление соответствия основных причин нарушения процесса, выявленных, например, с помощью диаграммы сродства, тем проблемам, которые требуют решения. Вот почему есть некоторые сходства между диаграммой связей и диаграммой Исикавы.

Классификация причин нарушения процесса по их важности осуществляется с учетом имеющихся у компании ресурсов, а также с учетом типовых данных, характеризующих причины.

Используемые в диаграмме связей данные могут быть получены (сгенерированы) с применением диаграммы средства и «мозговой атаки».

Диаграмма связей является, главным образом, *логическим* инструментом, противопоставленным диаграмме средства (или дополняющим диаграмму средства).

Примеры ситуаций, когда диаграмма связей может быть полезной:

1) тема (предмет, проблема) настолько сложна, что связи между различными идеями не могут быть установлены с помощью обычных рассуждений;

2) временная последовательность, согласно которой делаются шаги, является решающей;

3) есть подозрение, что проблема, затронутая в процессе работы, является всего лишь симптомом более фундаментальной и пока незатронутой проблемы.

Так же, как и в случае диаграммы средства, работа над диаграммой связей должна проводиться в соответствующих командах по улучшению качества, включающих в себя 5 – 9 человек.

Исследуемый предмет (результат, проблема) должен быть заранее определен.

Основные причины и данные, требуемые для выполнения работы, можно сгенерировать, например, с применением диаграммы средства или диаграммы Исикавы.

Принцип построения диаграммы связей приведен на рис. 2.4.

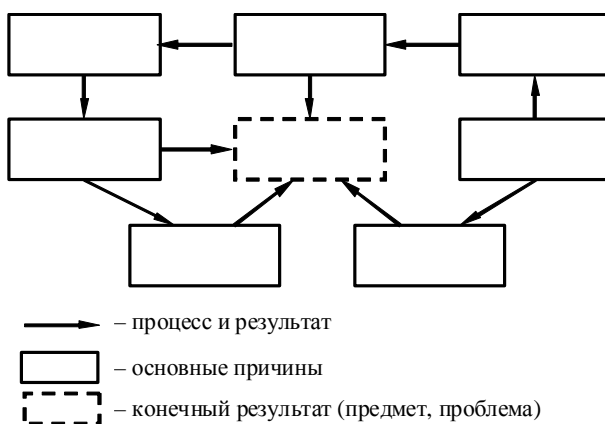


Рис. 2.4. Принцип построения диаграммы связей [1]

На рисунке 2.5 для примера показана диаграмма связей для решения проблемы: «Недосток понимания служащими компании необходимости продолжения улучшения качества».



Рис. 2.5 Диаграмма связей, построенная при рассмотрении проблемы «Недосток понимания служащими компании необходимости продолжения улучшения качества» [1]

## 2.5. ДРЕВОВИДНАЯ ДИАГРАММА

Древовидная диаграмма (систематическая диаграмма, дерево решений) – инструмент [1, 8 – 10, 33, 43, 63], который позволяет систематически рассматривать предмет (проблему) в виде составляющих элементов (причин) и показывать логические (и являющиеся следствием или продолжением) связи между этими элементами (причинами).

Древовидная диаграмма строится в виде многоступенчатой древовидной структуры, составными частями которой являются различные элементы (причины, средства, способы) решения проблемы. Принцип построения древовидной диаграммы проиллюстрирован на рис. 2.6.

Древовидная диаграмма применяется для выявления и показа связи между предметом (проблемой) рассмотрения и его компонентами (элементами, причинами), например, в следующих случаях:

- когда неясно сформулированные пожелания потребителя в отношении продукции преобразуются сначала в установленные и предполагаемые потребности, а затем в технические условия для этой продукции;
- когда необходимо исследовать все возможные части (элементы, причины), касающиеся рассматриваемого предмета (проблемы);
- когда краткосрочные цели должны быть достигнуты раньше результатов всей работы, например, на этапах планирования продукции, проектирования продукции и т.п.

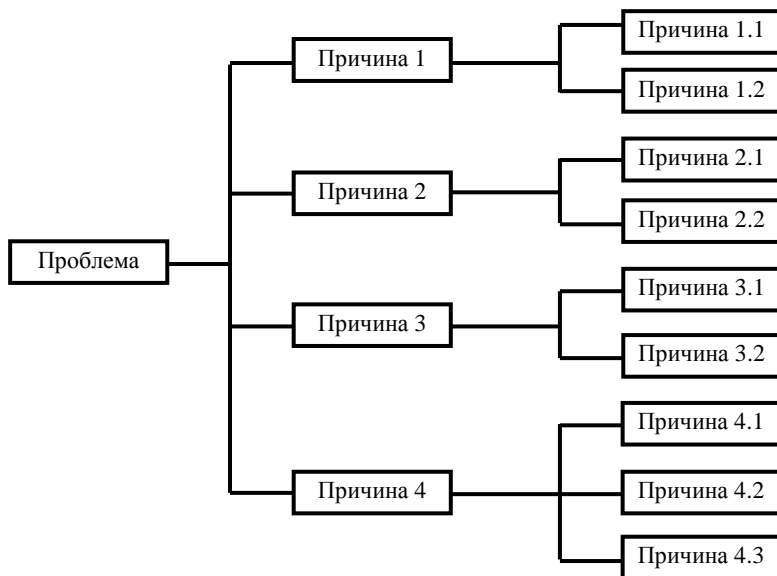


Рис. 2.6. Принцип построения древовидной диаграммы [1]

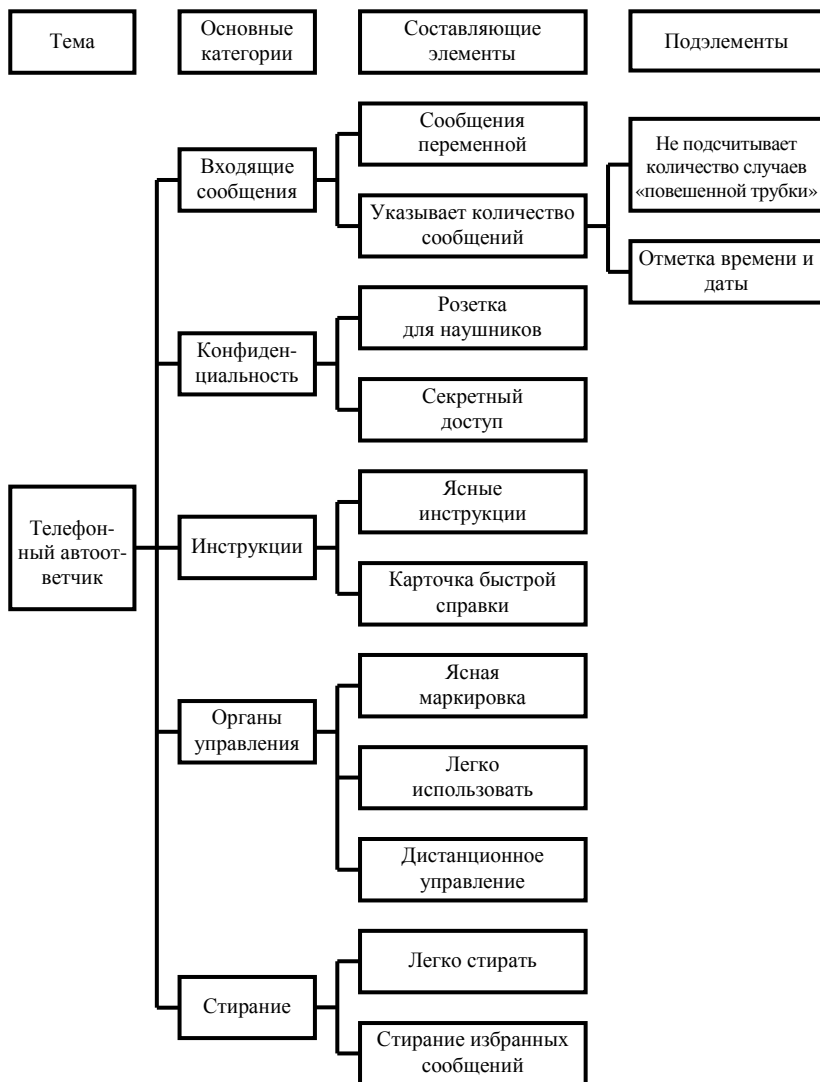


Рис. 2.7. Древоидная диаграмма для телефонного автоответчика [43]

Примерный порядок построения древоидной диаграммы состоит в следующем.

1. Ясно и просто объявите изучаемую тему (проблему) членам команды.

2. Определите основные категории (причины) рассматриваемой темы (проблемы); используйте «мозговую атаку» или карточки с заголовками и диаграммы средства.

3. Постройте древовидную диаграмму, расположив наименование темы (проблемы) в рамках с левой стороны и изобразив ответвления для основных категорий (причин) в поперечном направлении слева направо.

4. Для каждой основной категории определите составляющие элементы и любые подэлементы.

5. Проанализируйте диаграмму, чтобы убедиться в отсутствии пробелов в логике или последовательности этапов.

Пример древовидной диаграммы для телефонного автоответчика, заимствованный из ИСО 9004-4:93 [43], приведен на рис 2.7.

## **2.6. МАТРИЧНАЯ ДИАГРАММА (ТАБЛИЦА КАЧЕСТВА)**

Матричная диаграмма [1, 8 – 10, 41, 43] – инструмент выявления важности различных связей. Такие матричные диаграммы (таблицы качества) часто называют сердцем «инструментов управления качеством» и QFD-методологии (дома качества).

Таблицу качества используют для такой организации и представления большого количества данных (элементов), чтобы графически проиллюстрировать логические связи между различными элементами с одновременным отображением важности (силы) таких связей.

Цель матричной диаграммы – табличное представление логических связей и относительной важности этих связей между большим количеством словесных (вербальных) описаний, имеющих отношение к:

- задачам (проблемам) качества;
- причинам проблем качества;
- требованиям, установленным и предполагаемым потребностям потребителей;
- характеристикам и функциям продукции;
- характеристикам и функциям процессов;
- характеристикам и функциям производственных операций и оборудования.

Матричная диаграмма выражает соответствие определенных факторов (и явлений) различным причинам их проявления и средствам устранения их последствий, а также показывает степень (силу) зависимости этих факторов от причин их возникновения и/или от мер по их устранению.

Пример матричной диаграммы, часто называемой матрицей связей, приведен в табл. 2.2.

## 2.2. Матрица связей, составленная при изучении проблемы X

A	B						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
a1	Δ					⊙	
a2		Δ			○		
a3			⊙				
a4						○	
a5		○	Δ				
a6							⊙

В таблице 2.2 использованы следующие обозначения:

$A(a_1, a_2, \dots, a_6)$  – основные причины проблемы, представленные в виде компонентов  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ ;

$B(b_1, b_2, b_3, \dots, b_7)$  – возможные средства для устранения последствий этих причин, изображенных в виде элементов (компонентов)  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7$ .

Символ, стоящий на пересечении строки и столбца матричной диаграммы, указывает не только на наличие связи между компонентами, но и на тесноту этой связи (табл. 2.2).

Связь между компонентами  $A$  и  $B$  часто изображают в виде символов, характеризующих степень (силу) тесноты этих связей, например:

Δ – слабая связь, (1);

○ – средняя связь, (3);

⊙ – сильная связь, (9);

Каждому из используемых в табл. 2.2 символов часто ставят в соответствие определенное значение весового коэффициента, например, указанные выше в скобках значения: 1, 3 и 9.

В некоторых случаях возникает необходимость в более подробном отображении силы (тесноты) связей. Тогда можно использовать следующие символы и весовые коэффициенты:

Δ – слабая связь, (1);

□ – существенная связь, (3);

○ – средняя связь, (9);

⊙ – сильная связь, (16);

● – очень сильная связь, (25).

Часто связь между факторами может быть как положительной, так и отрицательной. В этом случае можно рекомендовать для использования представленные ниже символы и весовые коэффициенты;

- – сильная положительная связь, (+ 9);
- – средняя положительная связь, (+ 3);
- △ – слабая положительная связь, (+ 1);
- отсутствие связи, (0);
- ▽ – слабая отрицательная связь, (-1);
- – средняя отрицательная связь, (-3);
- – сильная отрицательная связь, (-9).

В практической работе применяют различные по своей компоновке матрицы связей. Наибольшее распространение получили матричные диаграммы, в виде *L*-карты, *T*-карты и *X*-карты, приведенные на рис. 2.8.

A	B						
	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
a1							
a2							
a3							
a4							
a5							
a6							

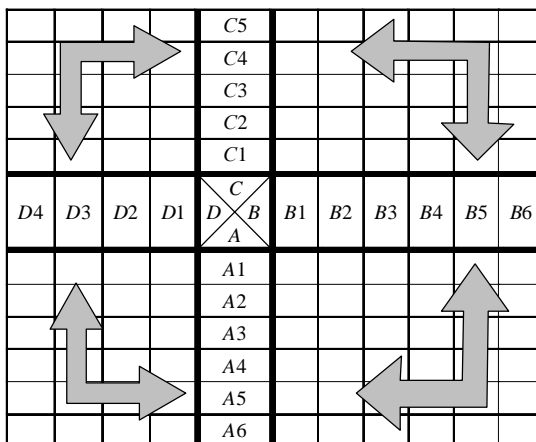
a)

c5						
c4						
c3						
c2						
c1						
$\begin{matrix} C \\ B \\ A \end{matrix}$	b1	b2	b3	b4	b5	b6
a1						
a2						
a3						
a4						
a5						
a6						

b)

Рис. 2.8. Примеры различных форм матричных диаграмм:  
a – *L*-карта; б – *T*-карта; в – *X*-карта





в)

Рис. 2.8. Окончание

Из рисунка 2.8 видно, что *L*-, *T*-, *X*-карты получили такие названия, потому что выделенные более жирными линиями строки и столбцы напоминают:

- повернутую на  $-90^\circ$  латинскую букву *L*;
- повернутую на  $+90^\circ$  букву *T*;
- повернутую на  $+45^\circ$  букву *X*.

Матричные диаграммы в виде *L*-карты применяют на практике наиболее часто, особенно при развертывании функции качества (QFD-методология, «дом качества»). Этим объясняется их второе название – таблицы качества.

При практическом построении матричной диаграммы (в процессе работы команды качества) рекомендуется следующее.

1. С применением метода мозговой атаки (штурма) сформулируйте перечень компонентов ( $a_1, a_2, \dots, a_n$ ), ( $b_1, b_2, \dots, b_k$ ), ( $c_1, c_2, \dots, c_m$ ), определяющих причины *A*, меры борьбы *B* с этими причинами и средства *C*, необходимые для достижения успеха.

2. Составьте форму матричной диаграммы (таблицы качества) в виде *L*-, *T*- или *X*-карты и подготовьте (напечатайте) необходимое количество экземпляров таких таблиц.

3. Предложите каждому участнику команды (кружка, группы) самостоятельно заполнить подготовленную таблицу качества символами, отображающими тесноту связи между рассматриваемыми компонентами.

4. Сравните получившиеся результаты и, в процессе обсуждения, выработайте общее мнение (придите к консенсусу).

5. Аккуратно оформите матрицу связей (таблицу качества), получившуюся в результате работы команды.

Не забудьте на получившемся документе указать сведения, которые позволят человеку, даже не принимавшему участия в работе команды, полностью понять и однозначно истолковать полученный результат.

Для этого рядом с таблицей качества (матричной диаграммой) следует указать:

- название, местоположение (цех, участок, отдел) и основные характеристики объекта исследования;
- состав команды и ее руководителя;
- главные результаты работы;
- даты начала и окончания работы;
- любые другие сведения, достойные внимания.

## 2.7. СТРЕЛОЧНАЯ ДИАГРАММА

Стрелочная диаграмма [1, 8 – 10, 41, 63] – инструмент, позволяющий спланировать оптимальные сроки выполнения всех необходимых работ для скорейшего и успешного достижения поставленной цели.

Применение этого инструмента рекомендуется после того, когда выявлены проблемы, требующие решения, определены необходимые меры, средства, сроки и этапы их осуществления, т.е. после использования хотя бы одного из рассмотренных выше инструментов:

- диаграммы средства;
- диаграммы связей;
- древовидной диаграммы;
- матричной диаграммы.

Стрелочная диаграмма обычно графически представляет ход проведения работ. Из стрелочной диаграммы должны быть наглядно видны порядок и сроки проведения различных этапов работы. Одновременно этот инструмент обеспечивает уверенность, что планируемое время выполнения всей работы и отдельных ее этапов является оптимальным при достижении конечной цели.

Стрелочные диаграммы широко применяются не только при планировании, но и для последующего контроля хода выполнения запланированных работ, в частности, при проектировании и разработке, а также при планировании и контроле производственной деятельности.

### 2.3. Пример диаграммы Ганта для планирования процесса строительства дома в течение 12 месяцев [1]

№ п/п	Операции (подпроцессы)	Месяцы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Фундамент	→	→										
2	Остов здания			→	→	→							
3	Сооружение крыши					→							
4	Электропроводка						→						
5	Водопровод и отопление						→	→					
6	Внутренняя отделка стен						→	→					
7	Двери и окна						→	→	→				
8	Внешняя отделка дома								→	→			
9	Покраска внутри дома								→	→	→		
10	Окончательная внутренняя отделка									→	→	→	
11	Конечная проверка качества												→
12	Сдача-приемка дома												→

Стрелочные диаграммы чаще всего представляют в виде одной из двух форм:

- в виде диаграммы Ганта (табл. 2.3);
- в виде сетевого графика (рис. 2.9).

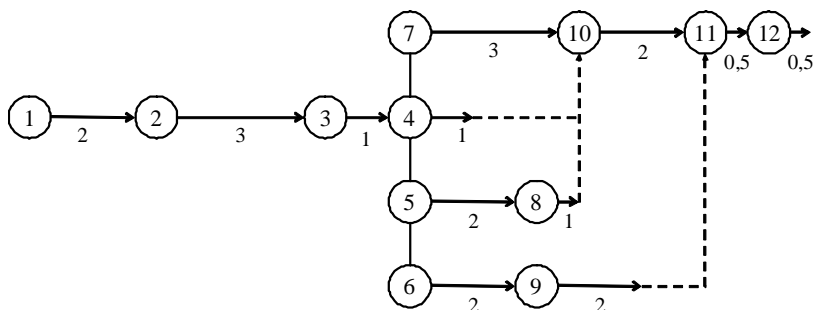


Рис. 2.9. Сетевой граф строительства дома [1]:

- — работа или мероприятие (длина стрелки пропорциональна времени);
- - - → — взаимосвязь между работами, не занимающая времени (показывает, до начала какой работы должна быть завершена предшествующая работа)

В таблице 2.3 приведены порядок и сроки выполнения работ при возведении дома «под ключ» в течение 12 месяцев, представленные в виде диаграммы Ганта.

Сетевой график, часто называемый сетевым графом, по выполнению тех же самых работ приведен на рис. 2.9. Цифры, стоящие в узлах графа, соответствуют порядковому номеру работ, приведенных выше в табл. 2.3. Цифры, стоящие под стрелками сетевого графа, соответствуют продолжительности (числу месяцев) выполнения конкретных видов работ, номер которых указан в узле графа, из которого исходит стрелка.

*Примечание.* Цифры в узлах сетевого графа соответствуют порядковым номерам операций (подпроцессов), приведенных в табл. 2.3.

## 2.8. ПОТОЧНАЯ ДИАГРАММА (FLOW CHART)

Этот инструмент [1, 8 – 10, 41, 43, 62] представляет собой графическое представление этапов процесса, удобное для исследования возможностей улучшения за счет накопления подробных сведений о фактическом протекании процесса. Рассматривая связь различных этапов процесса друг с другом, часто удается выявить потенциальные источники неприятностей.

В русскоязычном переводе ИСО 9004-4:93 [43] этот инструмент назван «карта технологического процесса». Карты технологического процесса могут применяться ко всем аспектам любого процесса, начиная с этапа маркетинговых исследований и вплоть до этапов продажи, а затем монтажа и обслуживания продукции у потребителя. Согласно ИСО 9004-4:93, такая карта используется [43]:

- либо для описания существующего процесса;
- либо при разработке нового процесса.

При графическом представлении карты процесса используют легко распознаваемые символы, приведенные на рис. 2.10.

При использовании поточной диаграммы для описания существующего процесса рекомендуется:

- идентифицируйте начало и конец процесса;
- наблюдайте процесс целиком от начала до конца;
- определите этапы процесса (действия, решения, входящие и выходящие потоки, операции контроля, ведение записей и очередность их выполнения);
- постройте черновой вариант поточной диаграммы;
- рассмотрите этот черновой вариант с сотрудниками, участвующими в осуществлении процесса;

- улучшите поточную диаграмму на основе этого рассмотрения;
- сверьте диаграмму с фактическими этапами процесса;
- отметьте на получившейся поточной диаграмме название и местоположение процесса, дату составления диаграммы, сведения об участниках работы по составлению диаграммы и любую другую информацию, достойную внимания.

При разработке нового процесса порядок составления поточной диаграммы аналогичен рассмотренному выше. Однако члены команды по улучшению качества при проектировании нового процесса:

- вместо наблюдения существующего процесса, должны мысленно представить себе этапы будущего процесса (действия, решения, операции контроля, ведение записей и т.п.);
- после определения этапов и построения чернового варианта поточной диаграммы, должны рассмотреть этот черновой вариант с сотрудниками, которые предположительно будут участвовать в осуществлении процесса, а затем внести улучшения на основе этого рассмотрения.

Полученная поточная диаграмма существующего (разрабатываемого) процесса служит документом о фактическом (предполагаемом) протекании процесса и может быть использована для поиска и идентификации возможностей его улучшения.

На рисунке 2.11 приведен пример [12] поточной диаграммы процесса выбора поставщиков при размещении заказов на закупки для нужд организации.



**Рис. 2.10. Символы, применяемые на поточных диаграммах процессов**

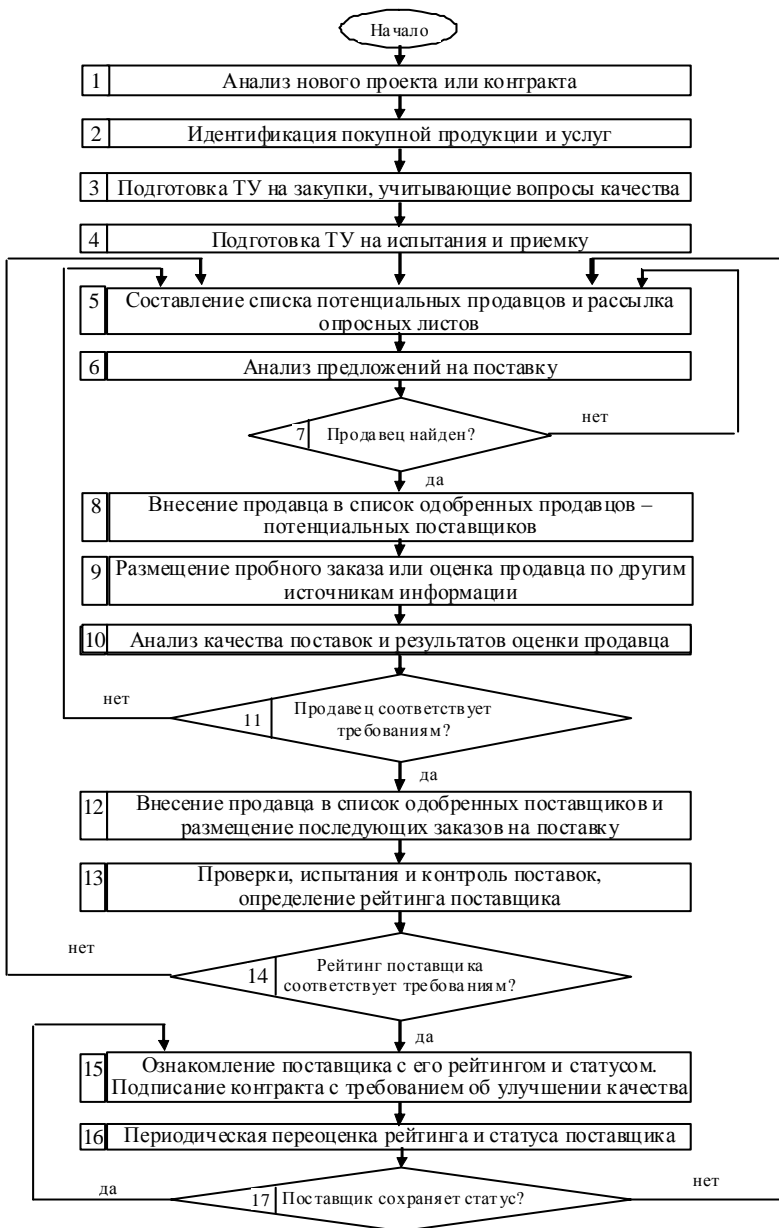


Рис. 2.11. Поточная диаграмма процесса выбора и контроля поставщиков

## 2.9. ДИАГРАММА ПРОЦЕССА ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОГРАММЫ

В книге [1], выпущенной под редакцией В.П. Глудкина, рассматривается инструмент, названный «Диаграмма процесса осуществления программы» (Process Decision Program Chart – PDPC). Этот инструмент (PDPC) представляет собой диаграмму, очень похожую на рассмотренную выше поточную диаграмму (карту технологического процесса). Диаграмма процесса осуществления программы обычно отображает последовательность действий и решений, необходимых для получения желаемого результата. PDPC-диаграмма может быть использована для оценки сроков и целесообразности проведения работ по выполнению программы, например, в соответствии со стрелочной диаграммой Ганта, как до их начала, так и в процессе выполнения этих работ (с возможной корректировкой сроков их выполнения).

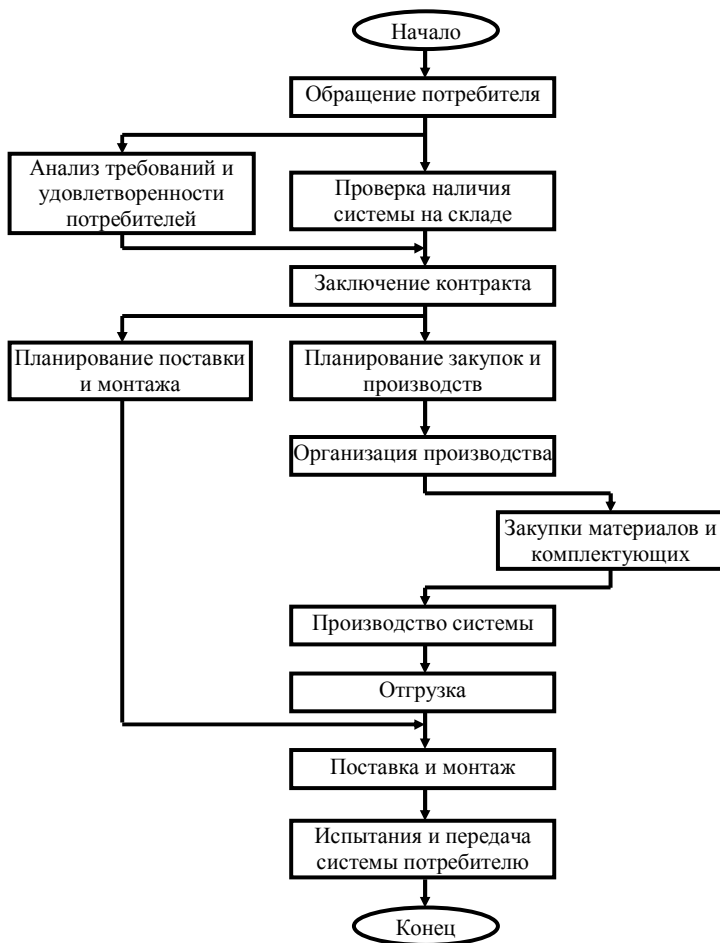
На рисунке 2.12 приведен пример PDPC-диаграммы [1], определяющей порядок действий и принятия решений от момента получения заказа от потребителя и до момента передачи ему готовой системы при минимально возможном времени.

Четкое соблюдение очередности и выполнение всех этапов процесса позволяет минимизировать время, необходимое для осуществления процесса. Это минимальное время на английском языке называют «lead time» и часто переводят на русский язык как «мертвое время», подразумевая то время, в течение которого организация (изготовитель продукции) не только не получает прибыль, а, наоборот, вынуждена расходовать свои средства, которые будут возвращены потребителем (покупателем) только после того, когда продукция будет им приобретена.

Практика показывает, что при оформлении PDPC-диаграмм наиболее часто используют только три символа (из приведенных на рис. 2.10), а именно:

- овал (для обозначения начала и конца процесса),
- прямоугольник (для обозначения действий и операций),
- линии со стрелками (для указания направления протекания процесса).

Именно эти символы и использованы на рис. 2.12. При необходимости диаграмма осуществления программы, изображенная на рис. 2.12, может быть представлена в виде поточной диаграммы (карты технологического процесса), выполненной с применением полного набора символов (см. рис. 2.10). Предлагаем читателям самостоятельно выполнить такую работу.



**Рис. 2.12. Диаграмма процесса осуществления программы работ при выполнении заказа потребителя о производстве, поставке и монтаже системы [1]**

PDPC-диаграммы наиболее эффективно могут быть применены в двух случаях:

- при разработке новой программы достижения требуемого результата (PDPC обеспечивает возможность предварительного планирования и отслеживания последовательности действий еще при анализе возможных проблем, которые могут возникнуть в ходе выполнения работы);



– при стремлении избежать возможных «катастроф» еще на этапе планирования (PDPC помогает предотвратить «планирование катастроф» за счет прогнозирования нежелательных исходов, что позволяет заранее осуществить предупреждающие или корректирующие действия).

Поточные диаграммы процессов, PDPC-диаграммы широко используются при решении сложных проблем в области научно-исследовательских работ, при проектировании и разработке новых видов продукции, при выполнении крупных производственных заказов и т.п.

## 2.10. МАТРИЦА ПРИОРИТЕТОВ

Матрица приоритетов [1, 8 – 10, 41] – инструмент для обработки большого количества числовых данных, полученных при построении матричных диаграмм (таблиц качества), имеющий целью выявление приоритетных данных.

Рассматриваемый здесь инструмент требует серьезных статистических знаний. Поэтому матрица приоритетов (анализ матричных данных) применяется значительно реже, чем рассмотренные выше новые инструменты управления качеством.

Пример оформления результатов анализа «матричных данных», собранных для оценки «эффективности» и «мягкости» действия различных болеутоляющих средств, приведен на рис. 2.13.

Из рисунка 2.13 видно [1, 10, 41], что обычный аспирин действует жестко и неэффективно. Наиболее эффективен экседрин, но он одновременно является одним из наиболее жестких средств. Тайленол наилучшим образом сочетает эффективность и мягкость.



Рис. 2.13. Графическое представление результатов анализа матричных данных [1, 10, 41]

## **Глава 3. КОМПЛЕКСНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОДОЛОГИИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА**

---

В данной главе рассматриваются следующие комплексные инструменты и методологии (методы) улучшения качества:

- коллективная работа в командах;
- методология SWOT-анализа;
- анализ форм и последствий режимов отказа (FMEA-методология);
- развертывание функции качества (QFD-методология);
- методология реинжиниринга;
- методология бенчмаркинга;
- методы математического моделирования и оптимизации;
- методы планирования и организации эксперимента;
- методология решения проблем.

Эти методологии и инструменты позволяют [46 – 54] результативно и эффективно осуществлять так называемые проекты прорыва, ведущие к радикальному пересмотру и изменению существующих процессов или даже к внедрению новых процессов. Однако эти методологии и инструменты могут быть использованы также при постоянном и поэтапном улучшении имеющихся в организации процессов.

### **3.1. КОЛЛЕКТИВНАЯ РАБОТА В КОМАНДАХ – ВАЖНЕЙШИЙ ИНСТРУМЕНТ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОЕКТОВ ПРОРЫВА И/ИЛИ ПОСТЕПЕННОГО УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА**

Деятельность в системе менеджмента качества, в том числе и деятельность по улучшению качества, основана на постоянном и устойчивом сотрудничестве между людьми, т.е. на эффективной коллективной работе в командах [1, 8 – 12, 53, 54, 63]. Работа в командах является двигателем (локомотивом) системы менеджмента качества.

Существует большое количество вариантов и стилей коллективной работы персонала организаций в командах. Рассмотрим два крайних случая [12, 63].

### 3.1.1. КРУЖКИ КАЧЕСТВА (ЯПОНСКИЙ СТИЛЬ РАБОТЫ В КОМАНДАХ)

Кружок качества – это группа работников, например, члены одной бригады, выполняющие одну и ту же работу, которые собираются для обсуждения проблем качества [12, 63]:

- добровольно;
- регулярно, например, раз в неделю;
- в обычное рабочее время;
- под руководством своего менеджера, например, бригадира;
- для идентификации, анализа и решения проблем, относящихся к их работе;
- для выработки рекомендаций высшему руководству и менеджерам организации по вопросам улучшения качества.

На японском заводе есть бригада, которую возглавляет мастер или бригадир. И вот когда эти работники, выполняющие одну и ту же работу в этой бригаде, раз в неделю добровольно, в обычное рабочее время, под руководством своего мастера собираются, чтобы идентифицировать, анализировать, решать проблемы, относящиеся к их работе, и для того, чтобы выработать рекомендации руководству для целей повышения качества, то это называется японский стиль работы в кружках качества.

*Почему такой вид работы в командах прижился в Японии?*

На Западе считают, что это произошло потому, что у японцев очень сильный дух коллективизма. Для Японии характерно следующее: если окончивший школу человек устраивается на работу в какую-либо фирму, то велика вероятность, что он уйдет на пенсию именно из этой же фирмы. Для японцев характерна высокая преданность той фирме, где они работают, и они любят это демонстрировать. Допустим, фирма дает четыре недели отпуска и туристическую путевку сотрудникам. Те отдохнув две недели в туристической поездке, на третий – выходят на работу, демонстрируя преданность фирме.

В условиях высокой преданности фирме, ее работники активно участвуют в работе таких кружков качества и очень заинтересованно обсуждают, что они могут сделать для улучшения качества.

*В результате работы таких кружков вырабатывается большое количество рационализаторских предложений.*

Что же такое рационализаторское предложение?

Это какое-либо новшество, которое на соседнем заводе работает уже 10 лет, но на этом заводе оно еще не применялось (это не должно быть изобретение, которое обладает мировой новизной). Важно, что это новшество будет представлять собой возможно мелкий шаг, но его

использование улучшит работу в данном подразделении, т.е. результатом этой работы является выработка таких предложений, которые, быть может, не очень мощные, не очень сильные, но они дают какое-либо улучшение.

Японский стиль работы в кружках качества иногда называют [1] тактикой мелких шагов Кайдзэн (KAIZEN), графически проиллюстрированной на рис. 3.1.

При мелких улучшениях (на уровне рационализаторских предложений) эффект отдельного шага достаточно мал, но большая серия таких повсеместных и постоянных улучшений дает большие результаты в улучшении качества.

Система улучшения Кайдзэн характеризуется следующими результатами [1]:

- требуются большие усилия людей и незначительные инвестиции;
- все вовлечены в систему улучшения;
- необходимо большое число мелких шагов;
- система выполнена как философский подход, соответствующий философии всеобщего управления качеством (TQM).

Очевидно, что рассмотренный стиль работы в кружках качества позволяет осуществлять проекты только с целью поэтапного и постепенного улучшения процессов, уже действующих в организации. Проекты прорыва, приводящие к радикальному пересмотру и изменению имеющихся процессов или к их замене новыми процессами, могут быть осуществлены путем организации коллективной работы высококвалифицированных специалистов в так называемых межфункциональных командах по улучшению качества, рассмотренных ниже.

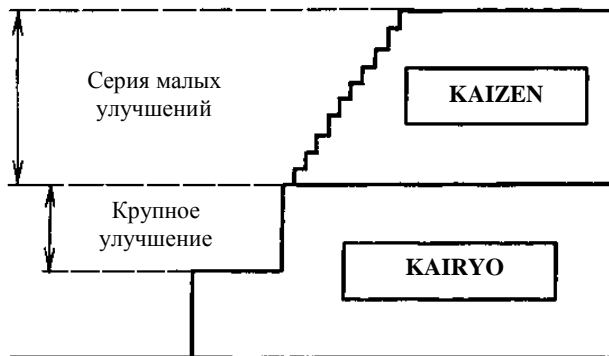


Рис. 3.1. Тактика KAIZEN и KAIRYO [1]

### 3.1.2. МЕЖФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КОМАНДЫ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА (ЗАПАДНО-ЕВРОПЕЙСКИЙ И АМЕРИКАНСКИЙ СТИЛЬ РАБОТЫ)

Почему в Западной Европе и Америке появился другой стиль работы?

Если в Японии высок дух коллективизма, то на Западе высок дух индивидуализма. Там ценится каждый человек отдельно как личность. И в этой ситуации перенести японский стиль работы в западные условия было практически невозможно. Люди не привыкли работать на фирму, а привыкли работать на себя как на индивидуума, так как для них ценнее их личные успехи, чем успехи коллектива.

Для межфункциональных команд по улучшению качества характерно [4, 12, 63]:

а) формируются для решения конкретной проблемы (в Японии кружок качества формируется не для того, чтобы решать конкретные проблемы, они просто собираются и каждый раз решают, какая проблема сейчас самая важная; а западноевропейский стиль другой: если команду создали, то ей определяют, какой проблемой необходимо заниматься);

б) межфункциональные команды по улучшению качества формируются из представителей многих отделов со знаниями в различных областях (инженер-технолог, инженер-конструктор, дизайнер, экономист, специалист по статистике и инструментам улучшения качества, программист, инженер-электроник, профессиональный менеджер и т.п.);

в) после решения проблемы межфункциональная команда, как правило, распускается (японский кружок качества работает на протяжении десятилетий, а рассматриваемые команды обычно работают до 1 – 3 лет в зависимости от сложности проблемы).

Если люди из разных отделов поработали в одной команде и им удалось успешно решить поставленную проблему, можно быть уверенным, что между ними сложились дружественные отношения. Если даже они в будущем не будут работать в одной команде, то сложившиеся хорошие отношения между ними будут служить тому, чтобы уменьшить (разрушить) барьеры между подразделениями. В отличие от японского стиля (в японском кружке качества работают члены одной бригады, они с другими бригадами мало контактируют), западноевропейский стиль способствует разрушению и успешному преодолению барьеров между разными подразделениями.

*Ключевые факторы для успеха работы в межфункциональной команде по улучшению качества [4, 63]:*

– отбор команды и назначение лидера (успех будет зависеть от того, насколько правильно подобрали команду и насколько удачно назначен руководитель);

– постановка задачи для команды (правильная формулировка задач);

– правильный стиль работы (встреч);

– обеспечение согласия в команде;

– динамичность команды;

– оценивание результатов работы.

Западноевропейский и американский стиль работы в команде называют [1] тактикой крупных шагов Кайрио (KAIRYO). Этот стиль (см. рис. 3.1) позволяет достигать крупных улучшений качества на уровне изобретений (обладающих мировой новизной) или, даже, на уровне открытий (например, переход от электронных ламп к полупроводникам, а затем – к интегральным схемам).

Система улучшений Кайрио характеризуется следующими результатами [1]:

– не требуется больших усилий людей, а требуются большие инвестиции;

– только несколько специалистов вовлечены в систему улучшения;

– необходимо использовать лишь ограниченное количество технологий;

– подход используется для решения только поставленной задачи;

– реализующие этот подход межфункциональные команды способствуют преодолению барьеров между подразделениями и интеграции знаний, опыта и творческих способностей специалистов всех служб организации.

Японские кружки качества и работа в команде (западноевропейский и американский стиль) представляют собой два крайних случая. В действительности возможно использование большого количества промежуточных вариантов. Например, члены кружка качества бригады электромонтажников могут пригласить инженера-технолога из отдела проектирования для получения консультаций по специальной проблеме, требующей университетских или глубоких научных знаний. Аналогично, высококвалифицированные специалисты из межфункциональной команды, созданной для разработки автоматической системы контроля и управления качеством технологического процесса, при необходимости могут обратиться к рабочим, выполняющим этот технологический процесс, за разъяснениями с целью лучше понять особенности этого производственного процесса.

В литературе [54] приведены сведения о том, что не только кружки качества, но и межфункциональные команды по улучшению качества могут существовать на постоянной основе. Этот редкий случай возможен, когда сама организация изменяет свою структуру и, вместо ранее действовавших функциональных отделов, реорганизуется в несколько межфункциональных команд. В этой ситуации межфункциональной команде делегируется ответственность не только за совершенствование бизнес-процесса, но и за его повседневное осуществление [54].

### 3.1.3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ МЕЖФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМАНД ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА

В состав межфункциональной команды рекомендуется включать специалистов с дополняющими друг друга знаниями, умениями, навыками и высоким уровнем культуры межличностного общения, для которых характерно следующее [8]:

- они имеют чувство приверженности одной цели;
- серьезно настроены на разрешение поставленной проблемы;
- полностью готовы к исполнению принятого решения.

Неразумно включать слишком много специалистов в команду, так как это может сыграть плохую роль. Чтобы обеспечить гарантию эффективной работы, команда должна состоять из 5 – 9 членов и обычно не должна иметь более 12 и менее 4 человек.

В межфункциональную команду должны входить разнообразные типы личностей. Команда должна иметь правильную структуру и состав, обеспечивающие сбалансированное разнообразие вовлеченных в команду личностей из различных отраслей знаний с различными персональными качествами и умениями межличностного общения, к числу которых относятся [8, 56]:

- умение слушать собеседника;
- умение вести опрос и задавать вопросы;
- умение развивать идеи, высказанные другими;
- умение конструктивно и аргументировано спорить;
- умение выявлять и разъяснять проблемы;
- умение подводить итоги;
- умение вовлекать в работу;
- умение демонстрировать понимание и признание;
- умение пользоваться обратной связью, сообщая партнеру по команде свое мнение по обсуждаемому вопросу;
- умение разрешать возможные конфликты.

Применение перечисленных выше умений межличностного общения позволяет получить следующие результаты [8]:

- более сильную ориентацию на требования и ожидания потребителя;
- сокращение длительности цикла и улучшение показателей выполнения совершенствуемого процесса благодаря коллективному решению проблемы;
- лучшая и более точная выработка и принятие решений командой;
- повышение эффективности работы межфункциональной команды за счет снижения сроков выполнения работ и рационального использования ресурсов.

Характерными признаками эффективной работы межфункциональной команды по улучшению качества являются [8]:

- совместное обсуждение, принятие решений и выполнение работы сообща;
- демократический подход к подготовке и выработке решений;
- отсутствие личных конфликтов;
- интересы команды и интересы каждого члена команды взаимодополняют друг друга;
- цели команды тесно сцеплены с целями организации;
- каждый знает к чему надо стремиться;
- руководитель команды тренирует, направляет и руководит работой членов команды как единым целым, поощряя открытые дискуссии;
- руководитель команды обеспечивает оптимальное использование мастерства, умений и навыков каждого члена команды;
- осуществляется плодотворное сотрудничество, посредством чего обеспечивается успешный выход (прорыв) из безвыходных положений;
- имеется прочная основа для взаимного доверия;
- поддерживается дружественная (братская) атмосфера;
- все члены команды признают и благосклонно относятся друг к другу;
- нет барьеров, обусловленных различным статусом членов команды или невидимыми вопросами повестки дня;
- люди учатся на ошибках;
- все члены команды активно участвуют в работе;
- члены команды берут инициативу на себя и вносят предложения, направленные на достижение улучшений;
- имеется тесная взаимосвязь внутри группы, все члены команды принимают во внимание интересы друг друга;
- новые члены команды принимаются и опекаются без возникновения сложностей;



- противопоставляемые примеры и мнения открыты для обсуждения, подробно рассматриваются и приводят к улучшениям;
- случаи недовольства обсуждаются;
- если необходимо, члены команды поправляют друг друга;
- члены команды готовы идти на уступки на благо общего результата работы команды;
- команда сама поправляет свою работу;
- члены команды чувствуют свою вовлеченность и полноправие;
- функционирование команды непрерывно оценивается;
- постоянно используются методологии, инструменты и методы улучшения качества, точно также, как и ранее упомянутые умения и навыки межличностного общения.

Для достижения целей успешной и эффективной работы в команде важно следующее [8, 54]:

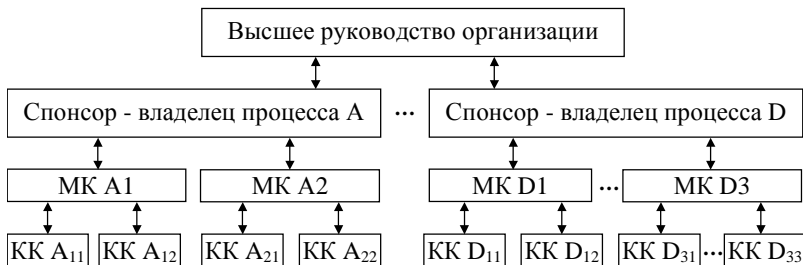
- длительность заседаний команды по улучшению качества следует ограничить одним или полутора часами;
- эти заседания следует проводить один раз в неделю, в одно и то же время и на одном и том же месте (особенно, на начальных этапах работы);
- работу команды рекомендуется проводить в рабочее время и только при 100%-ной явке;
- к работе команды по мере необходимости могут привлекаться внешние эксперты, например, по методологиям, методам и инструментам управления качеством;
- высшему руководству необходимо регулярно оценивать результаты работы команды.

Важным условием успешной работы межфункциональных команд является готовность высшего руководства организации не только провозгласить, но и реально следовать решениям и рекомендациям, выработанным командой, при условии, что эти решения соответствуют имеющимся финансовым возможностям [54].

Рекомендуем вам более подробно познакомиться с рекомендациями [8, 54, 56, 63] по искусству межличностного общения и организации работы межфункциональных команд по улучшению качества.

### 3.1.4. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ МЕЖФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМАНД ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА И КРУЖКОВ КАЧЕСТВА В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Один из возможных вариантов взаимодействия межфункциональных команд по улучшению качества как с высшим руководством, так и с кружками качества в низовых подразделениях организации, приведен на рис. 3.2.



**Рис. 3.2. Вариант организации коллективной работы в командах в рамках системы менеджмента качества [8, 63]**

Высшее руководство организации, на основе анализа положения дел в системе менеджмента качества, определяет перечень процессов, которые должны быть усовершенствованы в ближайшее время. Для обеспечения руководства каждым таким усовершенствованием назначается так называемый спонсор-владелец процесса (нуждающегося в улучшении). В качестве спонсора-владельца обычно выступает один из заместителей генерального директора организации, имеющий достаточно полномочий для того, чтобы принимать и/или готовить решения о выделении ресурсов, необходимых для осуществления процессов  $A, B, C, D$ .

Для улучшения качества каждого из процессов  $A, \dots, D$  определяется перечень проектов, выполнение которых необходимо для достижения поставленных высшим руководством целей. Допустим, что для улучшения процесса  $A$  оказалось необходимо выполнение двух проектов  $A_1$  и  $A_2$ , а для улучшения процесса  $D$  – выполнение трех проектов  $D_1, D_2, D_3$ . Тогда для выполнения каждого такого проекта в организации создают соответствующее количество межфункциональных команд (МК) по улучшению качества, которые на рис. 3.2 изображены прямоугольниками с обозначениями  $МК A_1, МК A_2, \dots, МК D_1, \dots, МК D_3$ .

Межфункциональные команды по улучшению качества в своей работе могут и должны взаимодействовать с кружками качества (КК) в низовых подразделениях организации, занимающихся осуществлением улучшаемого процесса. Эти кружки качества на рис. 3.2 изображены прямоугольниками с обозначениями  $КК A_{11}, КК A_{12}, КК A_{21}, КК A_{22}, \dots, КК D_{11}, КК D_{12}, КК D_{31}, \dots, КК D_{33}$ .

При выполнении проектов члены кружков качества помогают специалистам межфункциональных команд в их работе по улучшению процессов своих подразделений, а после завершения проекта – осуществляют сначала практическое внедрение и освоение, а затем повседневное применение и эксплуатацию улучшенного процесса.

В заключение данного параграфа отметим, что работа персонала в межфункциональных командах улучшения качества и в кружках качества обеспечивает достижение многих целей и решение большого количества задач и при этом:

- является важнейшим инструментом комплексного решения всевозможных проблем, в том числе проблем улучшения качества процессов и выпускаемой продукции, проблем снижения затрат и, за счет этого, повышения конкурентоспособности не только продукции, но и организации в целом;

- предоставляет широкие возможности как для обучения, переподготовки, повышения уровня мастерства, культуры и всестороннего развития каждого рабочего и служащего индивидуально, так и для всего персонала (человеческих ресурсов) организации в целом;

- способствует созданию настроения, общественного мнения и атмосферы коллективизма (духа единой команды), которые могут быть выражены словами: «Один я не справлюсь, но все вместе – мы это обязательно сделаем!»;

- является результативным и эффективным средством решения многих проблем менеджмента, в том числе, и проблемы преодоления сопротивления персонала изменениям при внедрении системы менеджмента качества в организации [8, 61, 68];

- позволяет изменить отношение рабочих и служащих к делу; вместо пассивного отношения: «Меня это не касается», – формируется активная позиция: «Это мое дело и я должен все сделать правильно с первого раза и точно в срок!»;

- способствует привлечению рабочих и служащих к участию в процессах производственного управления и общеорганизационного менеджмента, за счет чего в организации успешно выявляются личности, обладающие качествами лидера, а затем с ними ведется работа по подготовке будущих менеджеров среднего и высшего звена.

## **3.2. МЕТОДОЛОГИЯ SWOT-АНАЛИЗА**

### **3.2.1. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ SWOT-АНАЛИЗА [69]**

Методология SWOT (от английских слов – сила (strength), слабость (weakness), возможности (opportunities) и угрозы (threats) – является широко признанным подходом, позволяющим провести совместное изучение внешней и внутренней среды. Применяя методологию SWOT-анализа, удастся установить линии связи между силой и слабостью, которые внутренне присущи организации, внешними угрозами и

возможностями. Методология SWOT предполагает сначала выявление сильных и слабых сторон, а также угроз и возможностей, и после этого установление цепочек связей между ними, которые в дальнейшем могут быть использованы для формулирования стратегии организации.

### **3.2.1.1. Примеры характеристик внутренних слабых и сильных сторон организации, а так же угроз и возможностей со стороны внешней среды [77]**

При проведении SWOT-анализа можно использовать следующий примерный набор характеристик, заключение по которым должно позволить составить список внутренних слабых и сильных сторон организации, а также список внешних для нее угроз и возможностей, заключенных во внешней среде.

*Внутренние сильные стороны:*

- выдающаяся компетентность;
- адекватные финансовые ресурсы;
- высокая квалификация;
- хорошая репутация у покупателей;
- известный лидер рынка;
- изобретательный стратег в функциональных сферах деятельности организации;
- возможность получения экономии от роста объема производства;
- защищенность (хотя бы где-то) от сильного конкурентного давления;
- подходящая технология;
- преимущества в области издержек;
- преимущества в области конкуренции;
- наличие инновационных способностей и возможности их реализации;
- проверенный временем менеджмент.

*Внутренние слабые стороны:*

- нет ясных стратегических направлений;
- ухудшающаяся конкурентная позиция;
- устаревшее оборудование;
- более низкая прибыльность потому, что...;
- недостаток управленческого таланта и глубины владения проблемами;
- отсутствие некоторых типов ключевой квалификации и компетентности;
- плохое отслеживание процесса выполнения стратегии;

- мучение с внутренними производственными проблемами;
- уязвимость по отношению к конкурентному давлению;
- отставание в области исследований и разработок;
- очень узкая по ассортименту производственная линия;
- слабое представление о рынке;
- конкурентные недостатки;
- ниже среднего маркетинговые способности;
- неспособность финансировать необходимые изменения в стратегии.

*Возможности (во внешней среде):*

- выход на новые рынки или сегменты рынка;
- рост спроса на продукцию (рост числа сегментов рынка);
- увеличение разнообразия спроса во взаимосвязанных продуктах;
- увеличение спроса сопутствующих продуктов;
- вертикальная интеграция (объединение) с партнерами по рынку;
- возможность перейти в группу с лучшей стратегией;
- самодовольство среди конкурирующих фирм;
- ускорение роста рынка.

*Угрозы (во внешней среде):*

- возможность появления новых конкурентов;
- рост продаж замещающего продукта;
- замедление роста рынка;
- неблагоприятная политика правительства;
- возрастающее конкурентное давление;
- рецессия и затухание делового цикла на занимаемом сегменте рынка;
- возрастание силы торга у покупателей и поставщиков;
- изменение потребностей и вкуса покупателей;
- неблагоприятные демографические изменения.

Организация может дополнить каждую из четырех частей списка теми характеристиками внешней и внутренней среды, которые отражают конкретную ситуацию, в которой она находится.

### **3.2.1.2. Составление матрицы SWOT-анализа [77]**

После того как конкретный список слабых и сильных сторон организации, а также угроз и возможностей составлен, наступает этап установления связей между ними. Для установления этих связей составляется матрица SWOT, которая имеет следующий вид (рис. 3.3).

	Внешние возможности 1. 2. 3. ...	Внешние угрозы 1. 2. 3. ...
Внутренние сильные стороны 1. 2. 3. ...	ПОЛЕ СИВ	ПОЛЕ СИУ
Внутренние слабые стороны 1. 2. 3. ...	ПОЛЕ СЛВ	ПОЛЕ СЛУ

**Рис. 3.3. Матрица SWOT**

Слева выделяется два блока (внутренние сильные стороны, внутренние слабые стороны), в которые соответственно выписываются все выявленные на первом этапе анализа стороны организации. В верхней части матрицы также выделяется два блока (возможности и угрозы), в которые выписываются все выявленные возможности и угрозы. На пересечении блоков образуется четыре поля: СИВ (силы и возможности); СИУ (силы и угрозы); СЛВ (слабости и возможности); СЛУ (слабость и угрозы). На каждом из полей команда исследователей должна рассмотреть все возможные парные комбинации и выделить те, которые должны быть учтены при разработке стратегии поведения организации.

В отношении тех пар, которые были выбраны с поля СИВ, следует разрабатывать стратегию по использованию сильных сторон организации для того, чтобы получить отдачу от возможностей, которые появились во внешней среде. Для тех пар, которые оказались на поле СЛВ, стратегия должна быть построена таким образом, чтобы за счет появившихся возможностей попытаться преодолеть имеющиеся в организации слабости. Если пара находится на поле СИУ, то стратегия должна предполагать использование силы организации для устранения

угрозы. Наконец, для пар, находящихся на поле СЛУ, организация должна вырабатывать такую стратегию, которая позволила бы ей как избавиться от слабости, так и попытаться предотвратить нависшую над ней угрозу.

Вырабатывая стратегии, следует помнить, что возможности и угрозы могут переходить в свою противоположность. Так, неиспользованная возможность может стать угрозой, если ее использует конкурент. Или наоборот, удачно предотвращенная угроза может открыть перед организацией дополнительные возможности в том случае, если конкуренты не смогли устранить эту же угрозу.

### 3.2.1.3. Матрица возможностей

Для успешного анализа окружения организации методом SWOT важно не только уметь вскрывать угрозы и возможности, но и уметь оценивать их с точки зрения важности и степени влияния на стратегию организации.

Для оценки возможностей применяется метод позиционирования каждой конкретной возможности на матрице возможностей (рис. 3.4).

Матрица строится следующим образом [77]: сверху по горизонтали откладывается степень влияния возможности на деятельность организации (сильное, умеренное, малое); слева по вертикали откладывается вероятность того, что организация сможет воспользоваться возможностью (высокая, средняя, низкая). Полученные внутри матрицы девять полей возможностей имеют разное значение для организации. Возможности, попадающие на поля ВС, ВУ и СС, имеют большое значение для организации, и их надо обязательно использовать. Возможности же, попадающие на поля СМ, НУ и НМ, практически не заслуживают внимания организации. Использовать возможности, попавшие на оставшиеся поля, можно, если у организации имеется достаточно ресурсов.

Вероятность использования возможности	Влияние		
	сильное	умеренное	малое
Высокая	ПОЛЕ ВС	ПОЛЕ ВУ	ПОЛЕ ВМ
Средняя	ПОЛЕ СС	ПОЛЕ СУ	ПОЛЕ СМ
Низкая	ПОЛЕ НС	ПОЛЕ НУ	ПОЛЕ НМ

Рис. 3.4. Матрица возможностей

### 3.2.1.4. Матрица угроз

Похожая матрица составляется для оценки угроз (рис. 3.5). Сверху по горизонтали откладываются возможные последствия для организации, к которым может привести реализация угрозы (разрушение, критическое состояние, тяжелое состояние, «легкие ушибы»). Слева по вертикали откладывается вероятность того, что угроза будет реализована (высокая, средняя, низкая).

Вероятность реализации угрозы	Возможные последствия			
	разрушение	критическое состояние	тяжелое состояние	«легкие ушибы»
Высокая	ПОЛЕ ВР	ПОЛЕ ВК	ПОЛЕ ВТ	ПОЛЕ ВЛ
Средняя	ПОЛЕ СР	ПОЛЕ СК	ПОЛЕ СТ	ПОЛЕ СЛ
Низкая	ПОЛЕ НР	ПОЛЕ НК	ПОЛЕ НТ	ПОЛЕ НЛ

Рис. 3.5. Матрица угроз

Те угрозы, которые попадают на поля ВР, ВК и СР, представляют очень большую опасность для организации и требуют немедленного и обязательного устранения. Угрозы, попавшие на поле ВТ, СК и НР, также должны находиться в поле зрения высшего руководства и быть устранены в первостепенном порядке. Что касается угроз, находящихся на полях НК, СТ и ВЛ, то требуется внимательный и ответственный подход к их устранению, хотя при этом не ставится задача их первостепенного устранения. Попавшие на оставшиеся поля НТ, СЛ, НЛ угрозы также не должны выпадать из поля зрения руководства организации. Необходимо внимательно отслеживать их развитие.

### 3.2.1.5. Составление профиля среды [69]

Наряду с методами изучения угроз, возможностей, силы и слабости организации для анализа среды может быть применен метод составления ее профиля. Данный метод удобно применять для составления профиля отдельно:

- макроокружения,
- непосредственного окружения,
- внутренней среды.

С помощью метода составления профиля среды удастся оценить относительную значимость для организации отдельных факторов среды.



Факторы среды	Важность для отрасли, <i>A</i>	Влияние на организацию, <i>B</i>	Направленность влияния, <i>C</i>	Степень важности, $D = A \cdot B \cdot C$
1.				
2.				
3.				
...				

**Рис. 3.6. Таблица профиля среды**

Метод составления профиля среды состоит в следующем. В таблицу профиля среды (рис. 3.6) выписываются отдельные факторы среды. Каждому из факторов экспертным образом дается оценка [69]:

1) важности для отрасли по шкале: 3 – большая, 2 – умеренная, 1 – слабая;

2) влияния на организацию по шкале: 3 – сильное, 2 – умеренное, 1 – слабое, 0 – отсутствие влияния;

3) направленности влияния по шкале: +1 – позитивная, –1 – негативная.

4) Далее все три экспертные оценки перемножаются и получается интегральная оценка, показывающая степень важности фактора для организации. По этой оценке руководство может заключить, какие из факторов среды имеют относительно более важное значение для их организации и, следовательно, заслуживают самого серьезного внимания, а какие факторы заслуживают меньшего внимания.

5) Анализ среды – это очень важный для выработки стратегии организации и очень сложный процесс, требующий внимательного отслеживания происходящих в среде процессов, оценки факторов и установления связи между факторами и теми сильными и слабыми сторонами организации, а также возможностями и угрозами, которые заключены во внешней среде. Очевидно, что, не зная среды, организация не сможет существовать. Однако она не плывет в окружении как лодка, не имеющая руля, весел или паруса. Организация изучает среду, чтобы обеспечить себе успешное продвижение к своим целям. Поэтому в структуре процесса стратегического управления вслед за анализом среды следует установление или пересмотрение миссии и видения организации, а затем политики и целей в области качества.

### 3.2.2. О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОЛОГИИ SWOT-АНАЛИЗА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УЛУЧШЕНИЯ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ [77]

В августе 2009 г. по предварительным итогам набора студентов на первый курс обучения в одном из технических университетов РФ стала очевидной необходимость осуществить реинжиниринг (коренное изменение, перестройку) профориентационной работы как с предприятиями-работодателями, школами, учреждениями начального профессионального образования (УНПО), средними специальными учебными заведениями (ССУЗ), так и непосредственно со школьниками, учащимися УНПО, ССУЗов, с родителями и членами семей потенциальных абитуриентов.

#### 3.2.2.1. Формирование команды для проведения SWOT-анализа состояния профориентационной работы

В сентябре 2009 г. ректор сформировал команду для выработки предложений по формированию программы улучшения профориентационной работы. Возглавил работу команды лично ректор. В состав команды были включены [77]:

- 1) проректор по учебной работе (представитель руководства в СМК технического университета);
- 2) ответственный секретарь приемной комиссии;
- 3) деканы факультетов:
  - архитектурно-строительного;
  - гуманитарного;
  - заочного;
  - информационных технологий;
  - международного образования;
  - технической кибернетики;
  - экономического;
  - энергетического;
- 4) директора:
  - отделения довузовского образования;
  - института дистанционного образования;
- 5) группа специалистов по использованию инструментов и методов менеджмента качества:
  - профессор-консультант;
  - доцент экономического факультета;
  - начальник отдела управления качеством университета;
- 6) начальник финансово-экономического управления.

### **3.2.2.2. Работа команды при подготовке и проведении SWOT-анализа профориентационной работы**

Руководитель команды – ректор технического университета – поручил группе специалистов по использованию инструментов и методов менеджмента качества подготовить план действий по проведению SWOT-анализа. Целью проведения SWOT-анализа было выявление:

- сильных (Strengths) и слабых (Weaknesses) сторон профориентационной работы внутри учебного заведения;
- возможностей (Opportunities) и угроз (Threats) профориентационной работе со стороны внешней (окружающей) среды, в которой находится технический университет.

После выявления сильных и слабых сторон внутренней деятельности, а также возможностей и угроз из внешней среды, предстояло выработать предложения о том, каким образом можно использовать имеющиеся внутренние сильные стороны и возможности, предоставляемые окружающей средой, для преодоления имеющихся внутренних слабостей и для нейтрализации угроз со стороны внешней среды.

После завершения этого этапа работы предстояло выработать проект плана мероприятий по улучшению профориентационной работы в университете.

### **3.2.2.3. Подготовка и проведение первого совещания членов команды**

Членами группы специалистов по использованию инструментов и методов менеджмента качества были подготовлены методические рекомендации по проведению SWOT-анализа, которые включали в себя:

- 1) краткое изложение содержания работ при проведении SWOT-анализа;
- 2) краткие разъяснения смысла и содержания терминологии, используемой при осуществлении SWOT-анализа;
- 3) четыре формы списков, которые члены команды должны были использовать для представления сведений:
  - о сильных сторонах внутренней деятельности университета;
  - о слабых сторонах внутренней деятельности университета;
  - о возможностях, предоставляемых окружающей средой;
  - об угрозах деятельности университета, создаваемых внешней средой.

После утверждения методических рекомендаций по проведению SWOT-анализа руководителем команды, эти методические рекомендации были разосланы по электронной почте всем членам команды.

В сопроводительном письме каждому участнику работы были сообщены следующие сведения:

- 1) список участников сформированной межфункциональной команды;
- 2) дата, место и время проведения первого совещания команды;
- 3) необходимость за неделю до даты первого совещания представить в отдел управления качеством четыре заполненные формы, содержащие сформулированные каждым членом команды сведения о сильных и слабых сторонах внутренней деятельности, об угрозах и возможностях, исходящих от внешней среды.

Все члены команды в установленный срок представили свои отчеты в виде заполненных форм списков. Причем, в большинстве случаев эти формы-списки были получены по электронной почте.

При подготовке к проведению первого совещания команды в отделе управления качеством (ОУК) была выполнена работа по обработке и упорядочению полученных предложений, сформулированных членами команды. В результате этой работы были сформированы четыре формы-списка, содержавшие обобщающие сведения о предложениях, сгенерированных членами команды. Если в формах-списках, поступивших от членов команды, обычно было сформулировано не более 10 предложений, то в каждом из обобщающих четырех формах-списках было не менее 20 предложений, а в некоторых случаях – более 30 предложений. В связи с этим было принято решение расположить в этих формах-списках поступившие предложения в порядке убывания количества членов команды, высказавших эти предложения. В итоге были сформированы четыре формы-списка, содержавшие обобщающие сведения о предложениях членов команды. При этом, стоявшее в каждом списке на первом месте предложение, как правило, было сформулировано 12 – 15 членами команды. В конце списка располагались предложения высказанные только отдельными членами команды (в единственном числе).

Рассмотренная процедура работы членов команды и сотрудников ОУК по сути представляет собой письменный вариант «мозговой атаки», часто называемый «методом анкетирования Кроуфорда» [54].

Результаты обобщения предложений членов команды, выполненные сотрудниками ОУК, за два дня до проведения совещания были представлены руководителю команды. В рамках подготовки к проведению совещания (по указанию руководителя команды) каждому члену команды были предоставлены обобщенные формы-списки, содержавшие следующие сведения:

- перечень предложений в порядке убывания частоты их поступления;

- кем были сформулированы конкретные предложения (в виде перечисления номеров членов команды по ранее разосланному списку команды, непосредственно после формулировки каждого предложения);
- кроме того, после формулировки каждого предложения было обозначено общее количество членов команды, высказавших это предложение.

В назначенный день и время было проведено совещание членов команды. Главным обсуждавшимся вопросом был вопрос о том, сколько предложений следует сохранить в обобщающих формах-списках. Руководитель команды предложил ограничиться 8 – 12 позициями в каждой форме-списке, проведя черту на том месте списков, где предложения были высказаны меньше, чем тремя или двумя членами команды. В итоге были сформированы приведенные ниже четыре формы-списка, которые были приняты за основу при проведении дальнейшей работы.

#### **Сильные стороны внутренней деятельности:**

1. Высокая квалификация ППС.
2. Имеется опыт проведения профориентационной работы (Дней открытых дверей, выезды ППС в школы, использование ИТ-технологии, проведение олимпиад школьников).
3. Наличие непрерывной подготовки (интернат для одаренных детей, подготовительное отделение, начальное профессиональное образование (НПО), наличие среднего специального образования (ССО), дневное и заочное отделения, институт дистанционного образования, магистратура, аспирантура, докторантура).
4. Широкий спектр специальностей (49), форм обучения и их возможных вариаций (одновременное обучение по 2-3 специальностям, двуязычная подготовка, дополнительные дисциплины в учебном плане (по заказу предприятий), бесплатное получение рабочей профессии при внебюджетной форме обучения).
5. Наличие инновационных способностей и возможностей их реализации. Проверенный временем менеджмент, наличие СМК.
6. Наличие отдела по связям с общественностью, телестудии и своей газеты, издательско-полиграфического центра.
7. Наличие связей факультетов, кафедр, ППС с предприятиями и организациями.
8. Хорошие условия обучения (учебные лаборатории, компьютерные классы и сети, общежития, учебные пособия и методические указания).
9. Высокий процент трудоустройства выпускников.
10. Достаточно большое количество бюджетных мест при наборе на 1-й курс.

### **Слабые стороны внутренней деятельности:**

1. Недостаток личной ответственности и заинтересованности сотрудников, неэффективная профориентационная работа со школьниками, родителями и с классными руководителями, выпускниками технического университета, слабый профессионализм агитаторов.

2. Отсутствие PR-компании о многообразных формах и уровнях подготовки в университете (среднее, НПО, ССО, ВПО, бакалавриат, магистратура, аспирантура), слабая реклама «райской» жизни, успешного трудоустройства и «великих» возможностей выпускников технического университета.

3. Отсутствие руководителя (ответственного), специального подразделения и плана скоординированных действий при осуществлении профориентационной работы.

4. Невозможность в должной мере финансировать стратегические и оперативные потребности (хотя бы оплату командировок, выделение автотранспорта).

5. Высокая загруженность работников приемной комиссии, приводящая к закрытому характеру работы, невозможности получения оперативной информации, к очередям и «церберскому» характеру работы.

6. Отсутствие обратной связи со стороны руководства за результаты профориентационной работы, показателей профориентационной работы в рейтинге преподавателя, слабая мотивация инициатив и результатов.

7. Слабая работа с предприятиями, на которых трудятся выпускники и родители абитуриентов.

8. Отсутствие конструктивного сотрудничества с Управлением образования и науки области.

9. Отсутствие службы анализа желаний абитуриентов и их родителей (с целью коррекции нашей работы и/или их желаний), непривлечение специалистов (психологов, социологов, пиарщиков и т.п.) к профориентационной работе.

### **Возможности, предоставляемые внешней средой:**

1. Хорошая репутация (имидж) – лидер (главный центр) высшего технического образования в данном регионе.

2. Работа большого количества выпускников университета на должностях руководителей и специалистов на большинстве предприятий области.

3. Возможности вертикальной интеграции с партнерами в области непрерывного профессионального образования (Школа, НПО, ССО, бакалавриат, специалитет, магистратура, аспирантура, докторантура).

4. Выход на новые рынки или сегменты рынка (другие регионы, ближнее и дальнее зарубежье).

5. IT-технологии в обучении. Использование ресурсов ЦНИТ для привлечения абитуриентов.

6. Использование возможностей профориентационной работы через родственников и знакомых, через студентов (вчерашних выпускников школ), хорошо знающих потенциальных абитуриентов.

7. Пресса, телевидение, газеты (формируют положительный имидж университета).

8. В городе благоприятная обстановка для проживания и учебы студентов из стран ближнего и дальнего зарубежья.

9. Хорошее отношение к техническому университету со стороны руководства большинства образовательных учреждений и производственных предприятий.

10. Отсутствие у конкурентов возможности вести образовательную деятельность по техническим специальностям.

11. Потребность в подготовке, переподготовке и повышении квалификации персонала предприятий и организаций.

#### **Угрозы, создаваемые внешней средой:**

1. Демографическая «яма».

2. Провокации конкурентов в ходе их профориентационной работы. Конкуренция коммерческих вузов (позволяющих за деньги легче получить документ о высшем образовании (низкого качества)). Слухи о трудностях учебы в университете.

3. Боязнь школьников выбирать технические ЕГЭ для поступления на технические специальности. Зависимость рейтинга школ от результатов ЕГЭ. Недостаточная подготовка в школах к ЕГЭ по предметам – физика, химия, информатика с антирекламой администрациями школ данной подготовки в вузах.

4. Сокращение плановых цифр приема на бюджетные места.

5. Обиженные родители, выпускники, руководители.

6. Динамичные изменения рынка востребованности молодых специалистов. Многие старые специальности становятся непрестижными.

7. Неясность у работодателей возможностей трудоустройства бакалавров и магистров.

В конце первого совещания были назначены дата, место и время проведения второго совещания межфункциональной команды, а также определены цели и содержание работ, которые следовало выполнить при подготовке к этому совещанию.

### 3.2.2.4. Подготовка и проведение второго совещания членов команды

С целью обеспечения условий для успешного проведения второго совещания, руководитель команды поручил группе специалистов по использованию инструментов и методов менеджмента качеств подготовить и разослать всем членам команды следующие материалы:

1) форму таблицы SWOT-анализа, которую каждый член команды должен был использовать при поиске пути улучшения существующего положения дел и формулировании предложений об использовании имеющихся сильных сторон (внутренней деятельности) и возможностей (предоставляемых окружающей средой) для преодоления имеющихся внутренних слабостей и для нейтрализации угроз, исходящих со стороны внешней среды;

2) форму таблицы для представления планов мероприятий, которую следовало использовать для оформления предложений членов команды, которые они считали необходимым включить как в стратегический план улучшения профориентационной работы образовательной организации (в целом), так и в среднесрочные планы профориентационной работы на факультетах и кафедрах.

3) сведения о сроках выполнения работы каждым членом команды и о необходимости (за неделю до даты второго совещания) представить в ОУК:

- таблицу SWOT-анализа;
- предложения по включению мероприятий как в стратегический план, так и в среднесрочные планы факультетов и кафедр.

Практически все члены команды в установленный срок представили в ОУК результаты своей индивидуальной работы. После этого инженерами ОУК была выполнена работа по обобщению представленных материалов и по подготовке обобщенного проекта стратегического плана мероприятий по улучшению профориентационной работы в образовательной организации.

Представленные членами команды в ОУК таблицы SWOT-анализа и сформированный сотрудниками ОУК обобщенный проект стратегического плана мероприятий (табл. 3.1) были переданы руководителю команды (ректору университета). Накануне совещания каждый член команды также получил обобщенный проект плана мероприятий.

В установленное время в университете было проведено второе совещание членов команды. Все члены команды имели возможность ознакомиться с заранее подготовленными сотрудниками ОУК раздаточными материалами, что позволило оперативно и результативно провести и это второе совещание.



### 3.1. Предложения членов команды по формированию плана улучшения профориентационной работы в университете

№ п/п	Содержание мероприятий	Ответственный	Срок исполнения
1.	Назначить (Ф.И.О.) ответственного за организацию, планирование и осуществление профориентационной работы	Ректор университета	31.10.09
2.	Принять решение о необходимости сформировать специальное подразделение для руководства профориентационной работой	Ректор университета	31.10.09
3.	Сформировать отдел профориентационной работы, разделив функции профориентации и приемной комиссии	Ответственный за профориен- тационную работу	30.11.09
4.	Разработать предложения о нормах профориентационной работы ППС и подготовить проект изменения рейтинговых показателей ППС	Проректор по учебной работе, ответственный за профориен- тационную работу	31.12.09
5.	Утвердить на Ученом совете рейтинговые показатели и нормы профориентационной работы на 2010 г. (для преодоления «халтуры»)	Ректор университета	28.02.10
6.	Составить стратегический план профориентационной работы на 2010 – 2014 гг. с внесением в него вопросов: – назначить деканов и заведующих кафедрами персональными ответственными за профориентационную работу в их подразделениях; – осуществить набор слушателей на курсы по подготовке к сдаче ЕГЭ по физике, математике, химии и информатике;	Ответственный за профориен- тационную работу	28.02.10
		Ответственный за профориен- тационную работу	28.02.10

№ п/п	Содержание мероприятий	Ответственный	Срок исполнения
б.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– организовать бесплатные курсы и бесплатное проведение пробных ЕГЭ в школах;</li> <li>– издать специальный буклет (раздаточный материал) для абитуриентов и профориентационных агитаторов</li> <li>– развить систему профильных классов в школах</li> <li>– распространить положительный опыт профориентационной работы</li> <li>– создать сервер (сайт, блог, E-mail, IT-технологии), посвященный профориентационной работе (информация об успешно работающих выпускниках, результаты подачи заявлений и набора)</li> <li>– организовать целевой набор на заочный факультет</li> <li>– организовать проведение занятий в школах, открытых научных лекций силами ППС</li> <li>– организовать репетиторство школьников через управление довузовского образования</li> <li>– организовать проведение олимпиад с использованием системы ЕГЭ</li> <li>– ввести в штат приемной комиссии консультанта для ответа на вопросы абитуриентов и их родителей (устно и по телефону)</li> <li>– организовать обучение на семинарах и тренинг профориентационных агитаторов университета, факультетов и кафедр</li> </ul>	<p>Ответственный за профориентационную работу</p>	<p>28.02.10</p>

Продолжение табл. 3.1

№ п/п	Содержание мероприятий	Ответственный	Срок исполнения
6.	– создать Интернет-ролики об университете и разместить их в блогах – проводить юбилейные вечера встреч (10, 15, 20 лет) с выпускниками различных специальностей	Ответственный за профориентационную работу	28.02.10
7.	Составить годовые планы профориентационной работы на факультетах и кафедрах: – с включением нормативных заданий по профориентационной работе в индивидуальные планы ППС; – с привлечением студентов, инициативных групп студентов и их родителей к участию в профориентационной работе	Деканы, Зав. кафедрами	28.02.10
8.	Привлечь социологов, психологов и других специалистов для анализа желаний абитуриентов и их родителей	Ответственный за профориентационную работу	28.02.10
9.	Повысить результативность и эффективность проведения Дней открытых дверей, выездов ППС в школы, проведения олимпиад школьников и др.	Ответственный за профориентационную работу	31.05.10
10	Осуществить мероприятия по обеспечению открытого характера работы приемной комиссии	Ответственный за профориентационную работу, секретарь приемной комиссии	28.02.10 – 30.06.10

Основными обсуждавшимися вопросами были следующие:

– Надо ли дополнить подготовительный план мероприятий какими-либо конкретными предложениями членов команды, которые могли быть упущены сотрудниками ОУК при обобщении полученных материалов?

– Есть ли у членов команды предложения сократить список мероприятий, включенных в обобщенный проект стратегического плана улучшения профориентационной работы?

– Есть ли у членов команды новые предложения по дополнению проекта стратегического плана улучшения профориентационной работы?

– Кому следует поручить выполнение обязанностей ответственного за осуществление руководства предстоящей работой по улучшению профориентационной работой?

После завершения обсуждений этих вопросов ректор (руководитель команды) сообщил, что при подготовке к совещанию он пришел к выводу о необходимости осуществить структурную перестройку (изменения в организационной структуре) образовательной организации, а свои предложения об изменениях в организационной структуре университета сообщит на третьем совещании команды, которое будет совмещено с расширенным заседанием ректората университета.

### **3.2.2.5. Подготовка и проведение третьего совещания членов команды, совмещенного с расширенным заседанием ректората**

При подготовке и проведении этого совещания перед членами команды не было поставлено каких-либо дополнительных задач. Ректор университета подготовил презентацию, содержащую предложения по внесению изменений в оргструктуру университета на уровне проректорского корпуса, а также указал на необходимость изменения состава и наименований факультетов с целью сделать эти наименования более понятными абитуриентам и членам их семей.

Подготовленные ректором предложения были изложены членам ректората и другим присутствовавшим руководителям подразделений. Открытым голосованием присутствовавшие поддержали инициативу ректора, подготовленную на основе результатов работы межфункциональной команды, сформированной для проведения SWOT-анализа состояния профориентационной работы.

В дальнейшем предложения по изменению оргструктуры образовательной организации были обсуждены на заседании Ученого совета и получили поддержку членов Ученого совета.

### **3.2.2.6. О выполненных работах в рамках СМК в процессе осуществления структурных изменений в образовательной организации**

На заседании Ученого совета, состоявшемся в октябре 2009 г., ректор представил подготовленные им предложения об изменении организационной структуры технического университета. Каждый член

Ученого совета имел возможность высказаться по этим предложениям. В процессе обсуждения были внесены уточнения в представленный проект оргструктуры, а затем открытым голосованием члены Ученого совета поддержали подготовленные ректором предложения.

Важнейшим изменением оргструктуры является разделение функций проректора по учебной работе (имевшего очень высокий уровень загруженности), между тремя новыми проректорами:

- по учебно-инновационной деятельности;
- по методической работе и качеству в образовании;
- по довузовскому образованию, в сферу полномочий и ответственности которого включена и профориентационная работа.

Отметим, что на этом же заседании Ученого совета (в октябре 2009 г.) была заслушана и поддержана программа действий кандидата на должность проректора по довузовскому образованию, в том числе, было принято решение о включении в смету расходов университета на 2010 г. запрошенной суммы.

На очередном заседании Ученого совета была заслушана и в процессе голосования поддержана программа действий кандидата на должность проректора по учебно-инновационной деятельности с образованием нового ЦФО и включением соответствующей запрошенной суммы в смету расходов образовательного учреждения.

На основании изложенного выше хорошо видно, что применение SWOT-анализа (являющегося общепризнанным инструментом стратегического менеджмента) для решения казалось бы частной задачи, связанной с необходимостью улучшить профориентационную работу, привело к необходимости подготовки и принятию решений стратегического уровня, связанных с осуществлением изменений в распределении полномочий и ответственности среди членов высшего руководства (проректоров) университета.

С точки зрения действующего в техническом университете механизма управления стратегическими и среднесрочными затратами (УССЗ) в рамках СМК это означает появление в 2010 г. новых центров финансовой ответственности, уточнение процедур взаимодействия финансово-экономического управления с руководителями новых ЦФО, включение в подпроцессы механизма УССЗ взаимодействия с этими ЦФО.

Работа, осуществленная в 2010 – 2012 гг., позволила успешно выполнить планы набора студентов как на бюджетной, так и на внебюджетной основах, что свидетельствует не только о результативности, но и об эффективности использования методологии SWOT-анализа для решения важной проблемы, связанной со сложностями набора студентов в технический университет.

### 3.3. АНАЛИЗ ФОРМ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ (FMEA-МЕТОДОЛОГИЯ)

Анализ форм и последствий отказов (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA-методология), известный также под названием «Анализ рисков», используется в качестве одной из реверсивных мер для системного обнаружения причин, вероятных последствий, а также для планирования возможных противодействий по отношению к отслеживаемым отказам. FMEA-методология обычно применяется в работе межфункциональных команд для анализа форм и последствий отказов продукции и процессов [1, 8, 52, 57], однако имеются примеры успешного применения этой методологии и в кружках качества.

В настоящее время в международных стандартах ИСО серии 9000 в редакции 2008 г. уделяется очень большое внимание этим процессам. Поэтому ниже будет рассмотрено применение FMEA-методологии для исследования процессов.

При анализе форм и последствий отказов процессов главным является заблаговременный поиск, для каждого этапа процесса, ответов на следующие вопросы:

1. Каким образом при осуществлении процесса может произойти отказ или неудача?
2. Что может быть причиной этой неудачи?
3. Что произойдет, если при осуществлении процесса случится неудача?
4. Как мы можем предотвратить последствия отказа?

#### 3.3.1. ПРИМЕНЕНИЕ FMEA-МЕТОДОЛОГИИ

Методологию «Анализ форм и последствий отказов» применяют [8, 52, 57] для системной идентификации возможных отказов процессов и для предотвращения их последствий. В результате использования FMEA-методологии появляется список критических пунктов, а также инструкции (предписания) о том, что должно быть сделано, чтобы минимизировать последствия в случае отказа в ходе осуществления процесса.

Применение FMEA-методологии основано на следующих принципах [8, 52 – 54, 57, 63].

*Командная работа.* Реализация FMEA-методологии осуществляется силами специально подобранной межфункциональной команды специалистов.

*Иерархичность.* Для сложных технических объектов или процессов их изготовления анализу подвергается как объект или процесс в целом, так и их составляющие; отказы составляющих рассматриваются по их влиянию на объект (или процесс), в которые они входят.

*Итеративность.* Анализ повторяют при любых изменениях объекта или требований к нему, которые могут привести к изменению комплексного риска отказа.

*Регистрация результатов проведения FMEA.* В соответствующих отчетных документах должны быть зафиксированы результаты проведенного анализа и решения о необходимых изменениях и действиях.

Осуществление FMEA-методологии обычно производится в рамках работы в составе межфункциональной команды. Руководитель (председатель) команды ответственен за следующее:

- формирование команды;
- сбор релевантной (важной, уместной) информации;
- планирование и организацию заседаний FMEA-команды;
- руководство всесторонним исследованием проблемы;
- регистрацию результатов;
- обеспечение обратной связи относительно исправления или возможного предотвращения отказов.

Для идентификации как можно большего числа проблем FMEA-команда должна представлять собой междисциплинарную и разноплановую композицию из специалистов, имеющих обширный опыт в различных областях знаний.

Продолжительность каждого непрерывного заседания FMEA-команды должна быть в пределах 1,5 часов и выбираться в зависимости от формулировки проблемы, знаний и опыта членов команды, степени их готовности к заседанию.

### 3.3.2. ЭТАПЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ FMEA-МЕТОДОЛОГИИ

Анализ форм и последствий отказов обычно предполагает осуществление трех крупных этапов работы [8, 63].

#### 1. *Подготовка к работе FMEA-команды*

При подготовке к работе и в начале плановых заседаний руководитель FMEA-команды должен выполнить следующее [8].

Сформировать межфункциональную и квалифицированную команду, состоящую из 5 – 9 специалистов.

Заранее провести короткое предварительное совещание, на котором объяснить членам команды:

- цели предстоящего заседания;
- основные идеи и подходы к FMEA-анализу;
- основные роли членов FMEA-команды.

Предоставить членам FMEA-команды необходимую информацию, которая должна быть ими заранее тщательно изучена.

Сообщить членам FMEA-команды сведения об основных этапах процесса, который будет исследоваться на предстоящем заседании.

## 2. *Основная работа FMEA-команды*

Во время основных заседаний, на которых будут заполняться FMEA-формы, руководитель команды должен обеспечить выполнение следующего [8, 63].

Для каждого этапа исследуемого процесса следует определить возможные режимы отказов в работе. В результате этого удастся предугадать возможные отказы в протекании процесса и связь этих отказов с другими этапами процесса.

Кратко обозначьте, что является причиной каждого режима отказа.

Определите и опишите последствия (влияние) этих режимов отказов на управляемость процесса.

Количественно оцените слабые пункты (узкие места) процесса, определив следующие факторы [57]: значимость потенциального отказа ( $S$ ), вероятность возникновения дефекта ( $O$ ), вероятность обнаружения отказа ( $D$ ). В таблице 3.1 приведены сведения о том, как указанные факторы могут быть количественно оценены. Произведение этих трех факторов представляет собой приоритетное число риска (ПЧР), т.е. количественную оценку отказа с точки зрения его значимости по последствиям, вероятности возникновения и вероятности обнаружения [57]

$$\text{ПЧР} = S \times O \times D.$$

Для отказов (несоответствий, дефектов, 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 (ПЧР<sub>гр</sub>), например [57], в пределах от 100 до 125. Если какие-то значения ПЧР превышают установленное значение ПЧР<sub>гр</sub>, значит, именно для них следует вести доработку производственного процесса.

Определите для каждого режима отказа те средства и действия, которые необходимы для преодоления слабых (узких) мест исследуемого процесса.

Поручите ответственному специалисту или группе специалистов заняться выработкой технических решений, которые позволят предотвратить последствия отказов для наиболее рискованных ситуаций.



**3.1. Квалиметрические шкалы: значимости потенциального отказа (*S*), вероятности возникновения дефекта (*O*), вероятности обнаружения дефекта (*D*)**

Фактор <i>S</i>	Фактор <i>O</i>	Фактор <i>D</i>
1 – очень низкая (почти нет проблем);	1 – очень низкая;	1 – почти наверняка дефект будет обнаружен;
2 – низкая (проблемы решаются работником);	2 – низкая;	2 – очень хорошее обнаружение;
3 – не очень серьезная;	3 – не очень низкая;	3 – хорошее;
4 – ниже средней;	4 – ниже средней;	4 – умеренно хорошее;
5 – средняя;	5 – средняя;	5 – умеренное;
6 – выше средней;	6 – выше средней;	6 – слабое;
7 – довольно высокая;	7 – близка к высокой;	7 – очень слабое;
8 – высокая;	8 – высокая;	8 – плохое;
9 – очень высокая;	9 – очень высокая;	9 – очень плохое;
10 – катастрофическая (опасность для людей)	10 – 100%-ная	10 – почти невозможно обнаружить

Установите промежуток времени, через который должна производиться периодическая верификация (контроль, проверка, подтверждение) выработанного решения.

**3. Действия после завершения работы FMEA-команды**

После завершения работы FMEA-команды должно быть выполнено следующее [8, 63].

Составлен письменный отчет о результатах работы по выполненному анализу форм и последствий отказов. Этот отчет должен быть передан руководителям организации.

Руководителям организации следует верифицировать и оценить результаты работы FMEA-команды и проследить, чтобы до членов

FMEA-команды была доведена информация (в виде обратной связи) о статусе выполненных ими действий.

Рекомендованный в ГОСТ Р 51814.2–2001 обобщенный алгоритм работы FMEA-команды представлен на рис. 3.7.

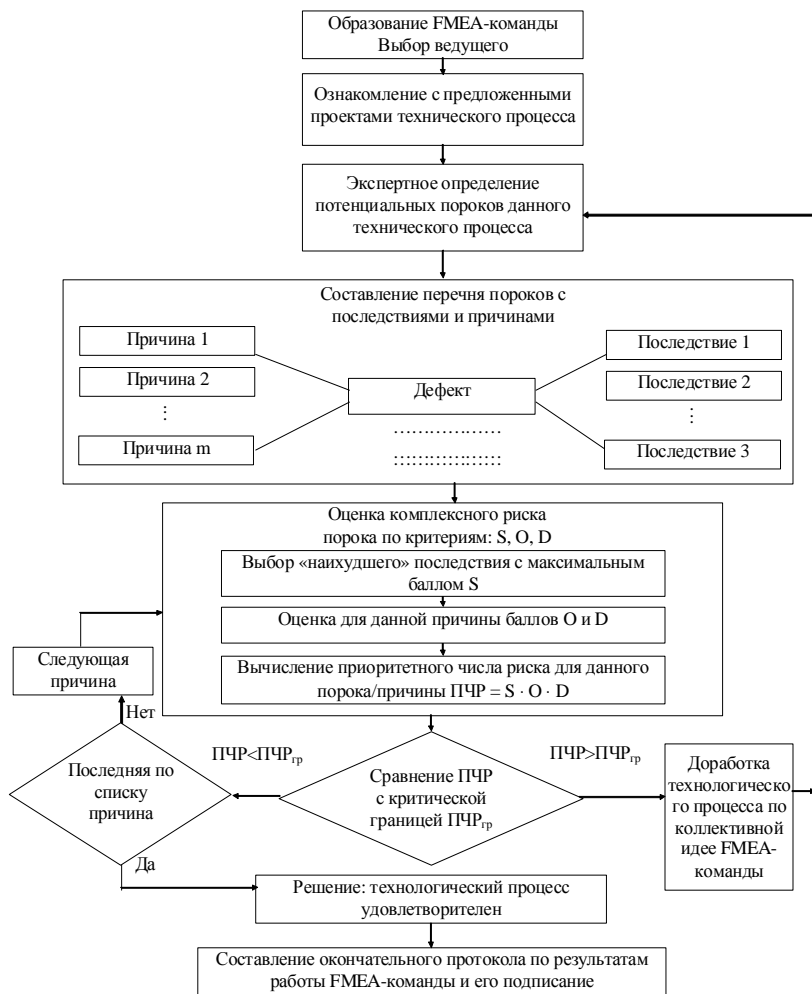


Рис. 3.7. Алгоритм работы FMEA-команды [57]

### 3.3.3. ПРИМЕР ПРОВЕДЕНИЯ АНАЛИЗА ФОРМ И ПОСЛЕДСТВИЙ ОТКАЗОВ\*

Рассмотрим пример [62] практического применения FMEA-методологии для улучшения процесса градуировки электронных весов, который по результатам анализа деятельности Тулиновского приборостроительного завода (ОАО «ТВЕС»), был определен высшим руководством как критический (дефектоносный).

Процесс градуировки весов на ОАО «ТВЕС» осуществляется с использованием имеющегося на предприятии универсального стенда нагружения, который состоит из основного и подвижного каркасов. Последний оснащен левой и правой гребенками, на которые навешиваются гири в необходимой последовательности.

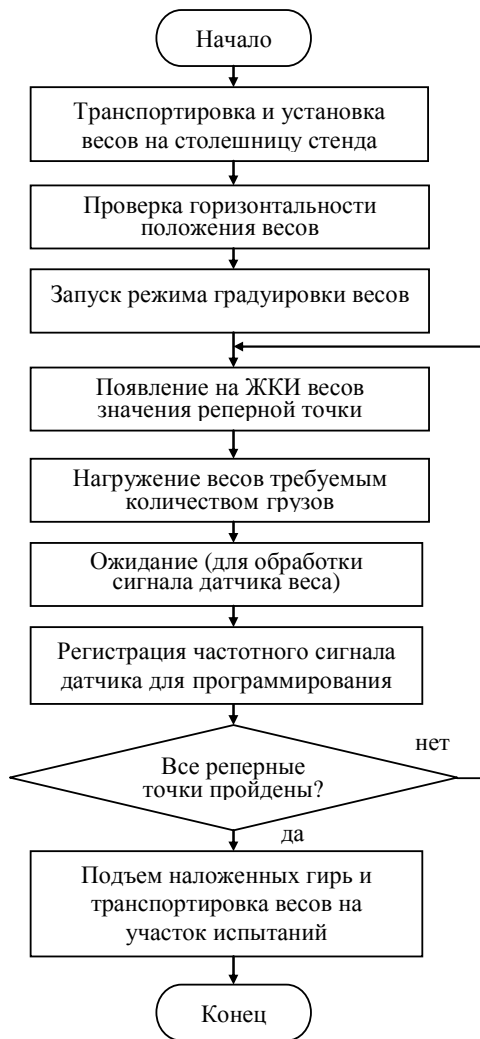
Алгоритм процесса градуировки весов представлен на рис. 3.8 и заключается в следующем. После транспортировки весов с предыдущего участка производства их помещают на столешницу стенда и по уровню устанавливают в горизонтальное положение. Затем посредством нажатия соответствующей клавиши на клавиатуре весы переводят в режим градуировки и при этом на табло жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) выводится значение веса, которым необходимо нагрузить платформу весов.

После включения привода электродвигателя набор гирь, находящийся на гребенках подвижного каркаса, начинает движение вниз. При этом нижние гири, снимаясь с «крючков» гребенок, ложатся на платформу весов. Разместив требуемое количество грузов на платформе, микропроцессор весов проводит измерение частоты вибрационно-частотного датчика для данной реперной точки и, после фиксирования успокоения, записывает значение частоты в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). При переходе к очередному шагу градуировки, последующая гиря ложится на предыдущую и т.д. Зарегистрировав данные для предыдущей реперной точки, весы запрашивают данные следующей, и процесс нагружения платформы повторяется.

Работой стенда управляет оператор, включая и выключая электродвигатель. При этом трудность состоит в том, что оператор вынужден визуально контролировать полноту опускания очередной гири на платформу весов. В результате нередки случаи, когда платформа весов бывает недогружена (из-за неполного опускания гири) или перегружена (вследствие воздействия гири, которая должна была бы быть опущена на платформу весов при нагружении в следующей реперной точке).

---

\* В подготовке рассматриваемого примера принимали участие С.В. Миронов и А.А. Бушков – студенты магистратуры Тамбовского государственного технического университета.



**Рис. 3.8.** Поточная диаграмма процесса градуировки электронных весов

После подробного изучения сложившейся ситуации команда, занимающаяся анализом форм и последствий отказов (FMEA-команда), выделила в рассматриваемом процессе четыре подпроцесса, корректность выполнения которых наиболее сильно влияет на качество процесса градуировки в целом:

- транспортировка и установка весов на столешницу стенда;
- контроль установки весов по уровню;
- нагружение платформы весов в реперных точках;
- регистрация частотных сигналов датчика.

Анализ этих подпроцессов выявил возможные формы отказов:

- 1) повреждение весов в результате падения;
- 2) весы не выверены по уровню;
- 3) несоответствие веса нагружения реперной точке;
- 4) выход из строя стенда;
- 5) потеря вносимой в ПЗУ весов информации.

На следующем этапе работы члены FMEA-команды для каждого подпроцесса:

- выявили основные причины и вероятные последствия неудач, среди которых были выделены возможные задержки и приостановки производства;

- количественно оценили узкие места рассматриваемых подпроцессов и вычислили приоритетные числа рисков ПЧР возможных отказов.

Остановимся подробнее на количественной оценке факторов  $S$ ,  $O$  и  $D$ . Оценка указанных факторов была произведена по квалиметрическим шкалам, представленным в табл. 3.1.

Наибольший практический интерес представляет количественная оценка фактора  $S$  – значимости потенциального отказа. По итогам проведенного анализа члены FMEA-команды для каждого проявления отказа, указанного в табл. 3.2, назначили данному фактору  $S$  следующие значения:

«2» – он не влечет тяжелых последствий;

«4» – последствием отказа является необходимость повторной градуировки весов;

«6» – присутствует опасность не только повторной градуировки, но и появления новых скрытых отказов;

«8» – отказ ведет к переделке (ремонту) весов, т.е. к увеличению бесполезных («непроизводительных») расходов;

«9» – высокая степень серьезности последствий (при использовании изношенных гирь процесс градуировки становится невозможным);

«10» – травматизм персонала является возможным последствием в случае проявления отказа.

Результаты работы членов FMEA-команды при назначении числовых значений других факторов:  $O$  – вероятности возникновения дефекта,  $D$  – вероятности обнаружения дефекта, а также вычисленные значения приоритетности чисел рисков ПЧР возможных отказов приведены в табл. 3.2.

### 3.2. Результаты работы FMEA-команды [62]

Дата: 25 апреля 2012 г.	ОАО «ГВЕС» Сборочный цех. Изучаемый процесс: Градуировка весов		Руководитель: директор по качеству и надежности продукции А.Н. Жмаев; Члены FMEA-команды: инженер-конструктор А.А. Прокошев, инженер-метролог С.Т. Мартыненко, студенты-практиканты: С.В. Миронов, А.А. Бушков							
	Проявление отказа	Причины отка- зов	Последствия отказов	S	O	D	ПЧР	Средства реше- ния проблемы	Ответствен- ный	Дата
Этап процесса	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Транспортирова- ка весов и уста- новка весов на столешницу стенда	Тяжело доставлять весы. Опас- ность паде- ния весов	Нет соответст- вующего транспортного средства	Поврежде- ние или поломка весов	8	2	1	16	Внедрить роликковый конвейер	Технический директор В.И. Еремин	31.10.12
Контроль гори- зонтальной установки весов по уровню	Погрешность градуировки из-за того, что весы не выверены по уровню	Положение столешницы не выверено по уровню	Возврат весов ОТК	6	3	1	18	Доработать конструкцию столешницы	А.А. Проко- шев	15.08.12
		Невыполнение рабочих инст- рукций персо- налом	из-за несоот- ветствия по метрологии	6	4	3	72	Провести дополнитель- ное обучение, инструктаж персонала	С.Т. Марты- ненко	30.06.12
Нагружение платформы весов в репер- ных точках	Несоответ- ствие веса нагружения реперной точке	Используются изношенные гири	Возврат весов ОТК из-за несоот- ветствия по метрологии	9	2	3	54	Провести внеплановую калибровку гирь	С.Т. Марты- ненко	31.05.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Нечеткий контроль процесса нагружения платформы весов		6	7	7	252	Разработать и внедрить АСК для градуировки весов	Начальник бюро метрологии П.В. Плягов	30.11.12
		Перекок гребенок подвижного каркаса друг относительно друга	Износ гирь за счет взаимного трения	6	2	8	96	Внести изменения в конструкцию стенда	А.А. Прокошев	31.10.12
	Выход из строя стенда	Обрыв троса	Задержка и приостановка производства	10	1	1	10	Составить график более частого технического обслуживания, ввести контроль выполнения графика ППР	С.Т. Мартыненко	31.05.12
		Отказ мотор – редуктора		2	1	1	2			
		Не соблюдение графика ППР		6	1	2	12			
Регистрация частотных сигналов датчика для целей программирования	Потеря вносимой информации	Сбой в подаче электроэнергии	Необходимость осуществления процесса градуировки весов повторно	4	2	3	24	Внедрить блок бесперебойного питания стенда	П.В. Плягов	31.08.12

На последнем этапе проводимого FMEA-анализа были разработаны рекомендации о том, что следует сделать для предотвращения тяжелых последствий при наиболее рискованных случаях:

- провести дополнительное обучение персонала;
- внедрить роликовый конвейер для транспортировки весов;
- доработать конструкцию столешницы и, тем самым, упростить процесс установки весов в горизонтальное положение по уровню;
- разработать и внедрить автоматизированную систему контроля и управления (АСКиУ) стенда, которая с помощью частотного датчика весов будет контролировать полноту опускания гири на платформу весов и управлять процессом градуировки весов;
- предусмотреть более частое проведение работ по калибровке используемых гирь;
- составить график более частого технического обслуживания, ввести контроль выполнения планово-предупредительных работ (ППР);
- внедрить блок бесперебойного питания стенда, чтобы исключить возможный сбой в подаче электроэнергии.

После завершения работы FMEA-команды, результаты которой представлены в табл. 3.2, был составлен письменный отчет по выполненному анализу форм и последствий отказов. Этот отчет был передан руководителям организации, которые верифицировали и оценили результаты работы FMEA-команды. Эти результаты вместе с рекомендациями по улучшению процесса градуировки весов приняты для использования в практической деятельности ОАО «ТВЕС». Часть рекомендаций (дополнительное обучение и инструктаж персонала, более частая калибровка используемых гирь) уже учтены. Принимая во внимание наибольшее значение вероятного числа риска ПЧР = 252, специалисты ОАО «ТВЕС» приступили к проектированию и разработке АСКИУ полнотой опускания гири на платформу весов.

### 3.3.4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ FMEA-МЕТОДОЛОГИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОДУКЦИИ

Анализ форм и последствий отказов является инструментом управления качеством, который наиболее часто применяют на этапе проектирования продукции. При выполнении этого анализа стараются определить скрытые (неочевидные) формы возможных отказов, а также суворость 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 кото-



рых могут развиваться только после того, когда продукция попала к пользователю.

Обращаем ваше внимание [10, 41, 63], что в рамках FMEA-методологии используется термин «форма отказа», а не механизм отказа. При использовании этой методологии 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 [10, 41], этот инструмент называют Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMЕСА), что обычно переводится как «Анализ форм, последствий и критичности отказов».

Рассмотрим конкретный пример [10, 41], вносящий ясность в только что сказанное. Объектом исследования в этом примере [10, 41] является кардиостимулятор, который имеет в своей конструкции определенный транзистор, посредством которого сначала усиливаются, а затем в тело пациента подаются электрические импульсы, стимулирующие и задающие ритм работы сердца. Кардиостимулятор хирургическим путем имплантируется в тело пациента в области грудной клетки. FMEA- и FMЕСА-методологии 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 [10, 41]:

- с отрывом проводника;
- с попаданием влаги внутрь кардиостимулятора;
- с локальным перегревом транзистора;
- со старением транзистора и т.п.

Однако независимо от механизма отказа, возможны только три формы отказа транзистора, а именно [10, 41]:

- 1) обрыв цепи;
- 2) короткое замыкание;
- 3) снижение коэффициента усиления.

В задачу FMЕСА-методологии 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 [10, 41]:

– 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 анализа форм и последствий отказов может возникнуть необходимость в перепроектировании продукции или изделия с целью повышения надежности, например, за счет включения в конструкцию кардиостимулятора дублирующего транзистора.

\* \* \*

Надеемся, что вы получили хорошее представление о содержании и порядке применения FMEA-методологии. При необходимости вам следует внимательно изучить рекомендации по осуществлению анализа форм и последствий отказов по тексту стандарта [57].

**Задание № 3.1.** Рассмотрите работу будильника с точки зрения FMEA-методологии. Составьте список возможных форм отказов, определите их последствия и критичность [10, 41].

Дайте ответы на вопросы [10, 41]:

1. Будут ли одни формы отказов более критичны, чем другие?
2. Что вы можете предпринять для предотвращения критических последствий различных форм отказов будильника?

### **3.4. РАЗВЕРТЫВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА (QFD-МЕТОДОЛОГИЯ)**

#### **3.4.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЭТАПЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОЛОГИИ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА**

Развертывание функции качества (Quality Function Deployment – QFD) – это методология [1, 8, 10, 63] систематического и структурированного преобразования пожеланий потребителей (уже на ранних (первых) этапах петли качества) в требования к качеству продукции, услуги и/или процесса.

QFD-методология представляет собой оригинальную японскую разработку. В соответствии с этой методологией [1, 8, 10, 41, 63], пожеланиям (установленным и предполагаемым потребностям) потребителей, с помощью матриц (см. рис. 3.9) ставятся в соответствие подробно изложенные технические параметры (характеристики) продукции и цели ее проектирования. Представленную на рис. 3.9 структуру (состоящую из нескольких таблиц-матриц), используемую в рамках QFD-методологии, из-за ее формы называют «Дом качества» (Quality House).

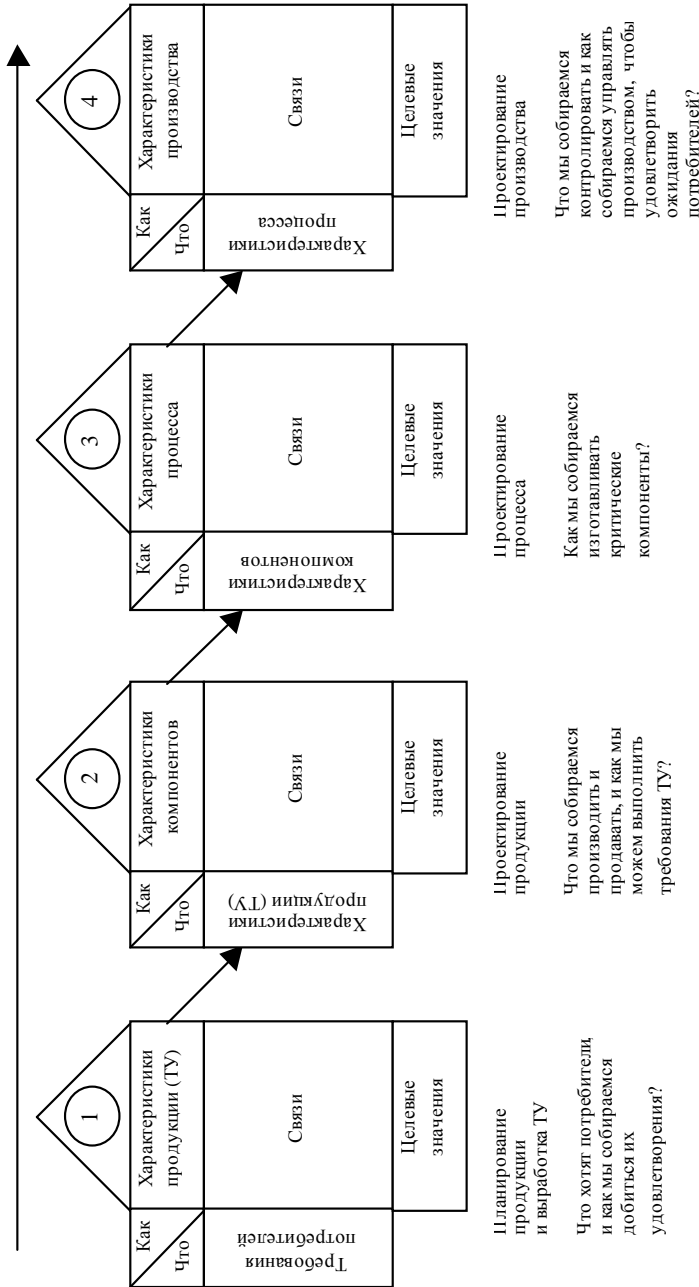


**Рис. 3.9. Базовая структура QFD-диаграммы («Дома качества»)**  
**[1, 8, 14, 23, 24, 63]**

Сначала важные (необходимые, критические) пожелания потребителей с помощью первого «Дома качества» преобразовываются (переводятся, транслируются) в детальные технические характеристики продукции, а затем (посредством трех последующих «Домов качества», представленных на рис. 3.10) в детальные технические требования сначала к характеристикам компонентов продукции, потом – к характеристикам процессов и, в конце концов, как к способам контроля и управления производством, так и к оборудованию для осуществления этого производства. Эти технические требования к производству (к способу контроля и управления, а также и к оборудованию) должны обеспечить достижение высокого качества продукции.

Первый «Дом качества» (см. рис. 3.10) устанавливает связь [1, 8, 10, 41, 63] между пожеланиями потребителей и техническими условиями, содержащими требования к характеристикам продукции.

## Голос потребителя



**Рис. 3.10. Основные шаги последовательного применения QFD-методологии [1, 8]**

Для второго «Дома качества» центром внимания является взаимосвязь [1, 8, 56, 63] между характеристиками продукции и характеристиками компонентов (частей) этой продукции.

Третий «Дом качества» устанавливает связь [1, 8, 56, 63] между требованиями к компонентам продукции и требованиями к характеристикам процесса. В результате устанавливаются индикаторы (критерии) выполнения важнейших (критических) процессов.

Наконец, с применением четвертого «Дома качества», характеристики процесса преобразуются [1, 2, 8, 14, 23, 24, 63] в характеристики оборудования и способы контроля технологических операций производства, которые следует применить для выпуска качественной продукции по приемлемой цене, что должно обеспечить высокий уровень удовлетворенности потребителей.

В результате применения QFD-методологии, помимо прочего, полученные требования к оборудованию и к технологическим операциям производства включаются [1, 8, 56] в качестве неотъемлемых частей в стандартные рабочие инструкции для каждого шага производственного процесса.

В данном параграфе главное внимание обращается на первый «Дом качества», определяющий взаимосвязь пожеланий потребителей с техническими условиями (характеристиками) продукции.

### 3.4.2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ QFD-МЕТОДОЛОГИИ

QFD-методология используется для обеспечения лучшего понимания потребителей при проектировании, разработке и совершенствовании продукции, услуг и процессов с применением все большей и большей ориентации на установленные и предполагаемые потребности потребителей.

Цели и задачи QFD-методологии [1, 8, 56, 63]:

- позволить «голосу потребителей» быть ясно услышанным в процессе разработки и совершенствования как продукции, так и соответствующих производственных операций;
- выполнить принцип «все должно быть сделано правильно с первого раза» [8, 46, 63].

### 3.4.3 ПРИМЕРНЫЙ ПОРЯДОК ПРИМЕНЕНИЯ QFD-МЕТОДОЛОГИИ

Создайте межфункциональную команду специалистов, обучаемую и тренируемую лидером команды и поддерживаемую экспертом по QFD-методологии. Предпочтительно, чтобы руководителем (лиде-

ром) команды был производственный менеджер или инженер-технолог по продукции. Эксперт по QFD-методологии играет роль источника информации и дает советы, касающиеся эффективного использования этой методологии, а на подготовительной стадии работы помогает сформулировать цели, задачи и область применения QFD-проекта.

Главными вопросами при практическом применении QFD-методологии являются [1, 8]:

- взяло ли высшее руководство на себя обязательства по качеству?
- какую важную продукцию мы собираемся совершенствовать?
- для каких сегментов рынка?
- кто является нашими потребителями?
- какую конкурирующую продукцию мы собираемся сравнивать с нашей?
- как много времени потребуется для выполнения проекта?
- какой должна быть структура и состав отчетов о работе?

При построении первого «Дома качества» рекомендуется действовать следующим образом [1, 8, 63].

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

- посещение торговых демонстраций, ярмарок и выставок;
- использование опытного в вопросах продаж персонала;
- регистрация запросов потребителей (заказчиков, покупателей, клиентов);
- прямые контакты с потребителями, а также с представителями конкурирующих фирм;
- результаты работ, выполненных в рамках «бенчмаркинга».

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

3. Идентифицируйте и количественно определите цели и задачи планируемых улучшений. В письменном виде представьте, какие из потребностей покупателей должны быть улучшены по сравнению с конкурирующими видами продукции, и отобразите эти цели и задачи в виде документа.

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

- геометрический размер;
- вес (масса) изделия;
- потребление энергии;
- количество частей (деталей, узлов);
- вместимость, емкость, объем технологического аппарата;
- пределы измерения (прибора);
- допустимая погрешность изготовления детали (допуск) и т.п.

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

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

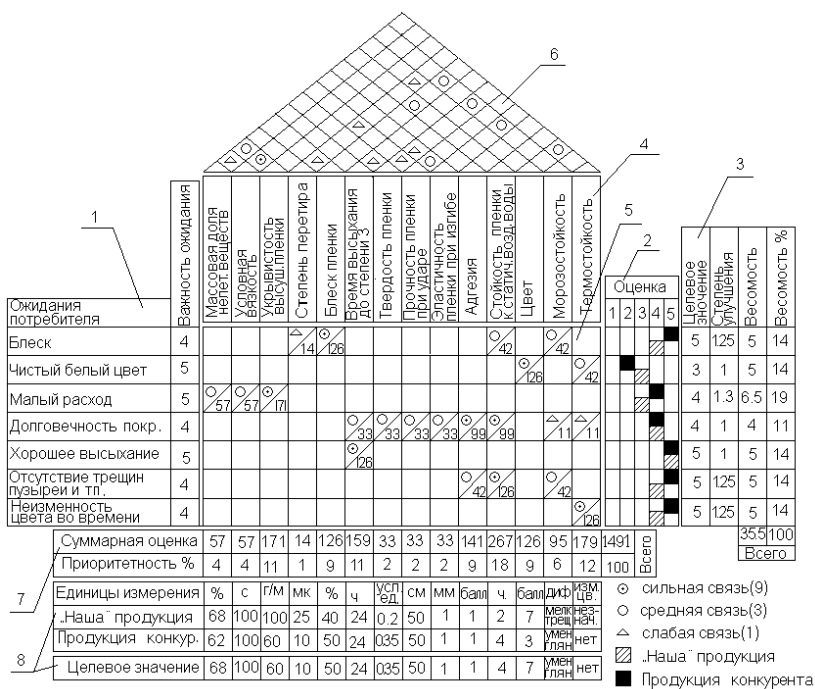
7. Оформите в письменном виде полученные значения всех технических параметров и характеристик продукции с указанием единиц их измерения. Выразите эти параметры и характеристики в виде измеримых данных.

8. Определите целевые (плановые) показатели проектирования новой продукции. Определите в письменном виде отличительные признаки (характеристики) предполагаемых улучшений технических параметров проектируемой продукции.

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

### 3.4.4. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ QFD-МЕТОДОЛОГИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭМАЛИ ПФ-115 БЕЛОГО ЦВЕТА\*

В этом примере рассматривается планирование улучшения эмали ПФ-115 белого цвета (алкидная эмаль, используемая для защиты металла от коррозии, а также в строительных, ремонтных и отделочных работах). На рисунке 3.11 представлен заполненные таблицы первого «Дома качества», использованные для перехода от выявленных ожиданий потребителей к характеристикам качества (техническим условиям) эмали ПФ-115 белого цвета.



**Рис. 3.11. «Дом качества», разработанный при планировании  
усовершенствования эмали ПФ-115 белого цвета  
(этап выработки технических условий)**

\* В подготовке рассматриваемого примера принимала участие Е.А. Тишина – студентка магистратуры Тамбовского государственного технического университета.



### 3.4.4.1. Этап определения ожиданий потребителей

Ожидания потребителей на этом этапе были установлены с применением «мозговой атаки» и приведены (см. рис. 3.9) в «комнате» (субтаблице 1) «Дома качества».

На этом этапе был рассмотрен вопрос о том, что является наиболее важным для потребителей. В частности, было установлено следующее описание потребностей:

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

Не все эти ожидания имеют одинаковую важность для потребителей.

Важность этих ожиданий отображена (см. рис. 3.11) в виде весовых коэффициентов (множителей) в субтаблице 1, представляющей собой «комнату» «Дома качества». При этом была использована пятибалльная шкала весовых коэффициентов, включающая в себя пять вариантов оценок:

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

Например (рис. 3.11), ожидание «блеск» получило оценку в виде весового коэффициента 4, так как оно является ценным, а ожидание «малый расход» получило оценку 5, так как оно имеет очень большую ценность.

### 3.4.4.2. Этап определения сравнительной ценности продукции

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

- 5 – отлично;
- 4 – хорошо;
- 3 – удовлетворительно (в основном соответствует);

2 – не очень удовлетворительно (соответствует отчасти);

1 – плохо (не соответствует ожиданиям).

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

Изложенное выше сразу указывает на потенциальные возможности усовершенствования нашей продукции.

#### **3.4.4.3. Этап установления целей проекта**

На этом этапе мы желаем улучшить (исправить) имеющийся уровень показателей удовлетворения ожиданий потребителей по отношению к установленным показателям для конкурента. Другими словами, в субтаблице 3 следует установить целевые значения (в цифровом виде) для каждого ожидания потребителей (характеристики, свойства) продукции. При этом еще раз используется пятибалльная шкала.

Для тех ожиданий (характеристик) продукции, которые не требуют улучшения, целевые значения устанавливаются на одном уровне с имеющимися на данный момент оценочными значениями для этих ожиданий. В рассматриваемом случае, команда, созданная для осуществления проекта, в результате проведения «мозговой атаки» приняла решение, что не требуют улучшения следующие ожидания потребителей:

- чистый белый цвет;
- долговечность покрытия;
- хорошее высыхание.

Этим ожиданиям потребителей были присвоены целевые значения, соответственно, 3, 4 и 5, которые будут оставаться постоянными на тех же уровнях, которые показаны в субтаблице 3 на рис. 3.11.

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

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

$$\boxed{\text{Степень улучшения}} = \frac{\boxed{\text{Целевое значение}}}{\boxed{\text{Оценка продукции}}} \quad (3.1)$$

Результаты вычислений по формуле (3.1) проставлены во втором столбце субтаблицы 3. Из рассмотрения этой «комнаты» (субтаблицы 3) общей матрицы «Дома качества» можно сделать вывод, что QFD-команда решила улучшить характеристики: «блеск»; «малый расход»; «отсутствие трещин, пузырей и т.п.»; «неизменность цвета во времени», до «степени улучшения», соответственно равной 1,25; 1,3; 1,25 и 1,25.

После этого, в рамках определения целей проекта, должна быть установлена весомость (важность) каждого ожидания потребителя или характеристики продукции. При этом весомость вычисляют по формуле

$$\boxed{\text{Весомость}} = \boxed{\text{важность ожидания потребителя}} \times \boxed{\text{Степень улучшения}} \quad (3.2)$$

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

При вычислениях по формуле (3.2) получены значения:

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

После завершения вычислений результаты оценки весомостей различных ожиданий потребителя поместили в третий столбец субтаблицы 3, а в дополнительной нижней строке третьего столбца субтаблицы 3 поместили сумму 35,5 всех значений весомостей. Эта сумма 35,5 была принята за 100%, а в четвертый столбец субтаблицы 3 помещены (выраженные в процентах) значения весомостей каждого ожидания потребителей. Например, выраженная в процентах весомость ожидания «блеск» была посчитана на основании пропорции:

35,5 соответствует 100%,

5 соответствует  $\times$  %.

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

Для весомости ожидания «долговечность покрытия» получаем значение

$$4 \times 100 / 35,5 \approx 11, \text{ и т.д.}$$

После завершения вычислений следует проверить, чтобы сумма всех (выраженных в процентах) весомостей, помещенных в четвертый столбец субтаблицы 3 (см. рис. 3.11), была равна 100%.

#### **3.4.4.4. Этап подробного описания технических характеристик продукции**

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

- массовая доля нелетучих веществ;
- условная вязкость;
- укрывистость высушенной пленки;
- степень перетира;
- блеск пленки;
- время высыхания до степени 3;
- твердость пленки;
- прочность покрытия при ударе;
- эластичность пленки при изгибе;
- адгезия;
- стойкость покрытия к статическому воздействию воды;
- цвет;
- морозостойкость;
- термостойкость.

Названия этих четырнадцати технических характеристик эмали ПФ-115 белого цвета представлены (см. рис. 3.11) в субтаблице 4 матрицы «Дома качества». Успех проектирования качественной эмали ПФ-115 белого цвета определяется правильным выбором значений этих технических характеристик.

### 3.4.4.5. Этап заполнения матрицы связей

На этом этапе изучается сила влияния технических характеристик продукции на выполнение ожиданий потребителя. Это выполняется с применением матрицы связей (см. рис. 3.11), представляющей собой субтаблицу 5 и являющейся центральной частью общей матрицы «Дома качества».

Посредством матрицы связей исследуется взаимосвязь между ожиданиями потребителей и техническими характеристиками (параметрами) продукции. Эта работа включает в себя взаимную стыковку того, «ЧТО НАДО СДЕЛАТЬ?» с тем «КАК ЭТО НАДО СДЕЛАТЬ?».

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

При заполнении элементов (ячеек) матрицы связей, для описания силы взаимосвязей, на рис. 3.11 использованы следующие символы, приведенные в табл. 3.3.

Отсутствие какого-либо символа на пересечении строк и столбцов матрицы связей (субтаблицы 5 на рис. 3.10) означает, что нет взаимосвязи между соответствующими ожиданиями потребителей и техническими характеристиками продукции.

### 3.3. Символы и коэффициенты, используемые для описания силы взаимосвязи

Символ	Сила взаимосвязи	Весовой коэффициент
⊙	сильная взаимосвязь	9
○	средняя взаимосвязь	3
△	слабая взаимосвязь	1

По рисунку 3.10 видно, что ожидание потребителей «долговечность покрытия» очень сильно взаимосвязано с технической характеристикой «адгезия». Однако, это же ожидание потребителей слабее взаимосвязано с характеристикой «время высыхания до степени 3» и совсем слабо связано с характеристикой «морозостойкость» (см. четвертую строку матрицы связей на рис. 3.10).

Цифровые оценки значимости взаимосвязи каждой технической характеристики проектируемой эмали ПФ-115 белого цвета должны быть представлены в ячейках (клеточках) матрицы связей на рис. 3.11. Эти цифровые оценки значимости легко подсчитываются по формуле

$$\boxed{\text{Значимость взаимосвязи}} = \boxed{\text{Сила взаимосвязи}} \times \boxed{\text{Весомость, \%}} \cdot \quad (3.3)$$

При вычислениях по формуле (3.3) используются числовые значения показателей «Сила взаимосвязи», определяемых в соответствии с табл. 3.3, а значения показателей «Весомость, %» берутся по данным четвертого столбца субтаблицы 3, приведенной на рис. 3.11.

*Примечания.* Значения показателей «Сила взаимодействия», внесенные в виде символов «⊙», «○», «△» в левые-верхние части элементов (ячеек) матрицы связей (субтаблица 5), были определены членами QFD-команды в результате применения мозговой атаки.

В нижние-правые части элементов (ячеек) матрицы связей (таблицы 5) занесены числовые значения показателей «значимость взаимосвязи», например, для элемента (ячейки) на пересечении строки «долговечность покрытия» со столбцом «адгезия» по формуле (3.3) получим

$$\text{«Значимость взаимосвязи»} = 9(\odot) \times 11 = 99.$$

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

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

Суммы числовых значений показателей «Значимость взаимосвязи» по каждому столбцу (колонке), представленные в верхней строке «суммарная оценка» субтаблицы 7, показывают приоритетность каждой технической характеристики проектируемой эмали ПФ-115 белого цвета. По рисунку 3.11 видно, что техническая характеристика «время высыхания до степени 3» имеет суммарную оценку 159, «адгезия» – суммарную оценку 141, а «стойкость покрытия к статическому воздействию воды» получила суммарную оценку 267.

Все значения, стоящие в верхней строке субтаблицы 7, были просуммированы. В результате была получена итоговая величина 1491, изображенная в дополнительной ячейке субтаблицы 7. В нижней строке субтаблицы 7 помещены числовые значения приоритетности (выраженные в процентах от итоговой величины 1491) каждой технической характеристики проектируемой эмали ПФ-115 белого цвета. В частности, технические характеристики «стойкость покрытия к статическому воздействию воды», «термостойкость», «укривистость высушенной пленки» имеют наиболее высокие приоритеты 18, 12 и 11% соответственно.

На стадии проектирования эмали ПФ-115 белого цвета на эти технические характеристики было обращено особое внимание.

#### **3.4.4.6. Этап определения взаимодействия между техническими характеристиками продукции**

Сила взаимосвязи между техническими параметрами отображается в элементах (ячейках) треугольной матрицы связей (субтаблицы 6), образующей «крышу» матрицы «Дома качества». Видно, что характеристика «твердость пленки» имеет слабую взаимосвязь с характеристикой «эластичность пленки при изгибе» и среднюю взаимосвязь с характеристикой «морозостойкость». Характеристика «условная вязкость» имеет сильную взаимосвязь с характеристикой «укривистость высушенной пленки». Все эти взаимосвязи ясно представлены на «крыше» общей матрицы «дома качества» с использованием символов, ранее определенных в табл. 3.3. Обозначенные символами «◎», «○» и «△» (в треугольной матрице связей) взаимосвязи имеют очень важное значение при детализации (подробном описании) путей усовершенствования этой продукции.

#### **3.4.4.7. Этап технического анализа**

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

С использованием этих единиц измерения во второй и третьей строках субтаблицы 8 приведены значения технических характеристик нашей и конкурирующей продукции. В частности, наша эмаль ПФ-115

белого цвета после испытаний на морозостойкость получила мелкие трещины на покрытие, а у конкурирующей эмали лишь уменьшение глянца. При статическом воздействии воды на покрытие эмали ПФ-115 белого цвета «нашего» завода дефекты появляются через два часа, а в случае эмали конкурента – через четыре.

#### **3.4.4.8. Этап определения целевых значений технических характеристик продукции**

Целевые значения технических характеристик определяют на основе имеющихся данных с учетом приоритетности этих технических характеристик продукции. Целевые значения имеют непосредственное отношение к улучшению технических характеристик, к которому стремятся менеджеры. Команды проектировщиков в дальнейшем должны осуществлять эти улучшения технических характеристик. В рассматриваемом нами примере главный упор сделан в основном на улучшение следующих характеристик:

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

#### **3.4.4.9. Рекомендации по улучшению эмали ПФ-115 белого цвета**

QFD-команда, занимавшаяся выполнением проекта усовершенствования процесса производства эмали ПФ-115 белого цвета, помимо первого «Дома качества», представленного на рис. 5.8, построила второй, третий и четвертый «Дома качества» и с их помощью выработала рекомендации, приведенные ниже.

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

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

Для улучшения ожидания потребителя «блеск пленки» и технической характеристики «степень перетира», необходимо изменить режим введения пленкообразователей в пасту в ходе процесса замеса. Первоначально следует вводить не более 60% пленкообразователя, что обеспе-



чивает более эффективное смачивание пигмента и наполнителя. Кроме того, необходимо ввести в технологию стадию «вызревание пигментной пасты» (после предварительного смешивания в течение 5...6 часов при температуре 20...35 °С). У пасты, прошедшей стадию вызревания, диспергирование происходит быстрее, что позволяет снизить энергозатраты. Для вызревания пасты рекомендуется контролировать температуру воды-теплоносителя, которая должна быть близка к 40 °С.

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

Диссоolver должен быть снабжен бесступенчатым вариатором скорости, позволяющим менять число оборотов от 0 до 2500 об/мин, так как пигментную пасту предварительно смешивают при скорости мешалки 400 об/мин, а диспергируют при скорости 2,0...2,5 тыс/мин.

\* \* \*

Надеемся, что приведенный пример построения первого «Дома качества» позволил вам получить достаточно хорошее представление о практическом применении QFD-методологии. Построение второго, третьего и четвертого «Домов качества» выполняется аналогично.

Из-за ограниченного объема учебного пособия, в данном параграфе приведено описание построения только первого «Дома качества», представленного на рис. 3.11.

### **3.5. РЕИНЖИНИРИНГ – МЕТОДОЛОГИЯ РАДИКАЛЬНОГО УЛУЧШЕНИЯ**

В начале данного параграфа обсуждается определение реинжиниринга, затем приведены сведения о двух основных способах его применения, а затем рассмотрено содержание этапов работ при практическом осуществлении реинжиниринга.

#### **3.5.1. СМЫСЛ И СОДЕРЖАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ РЕИНЖИНИРИНГА**

*Реинжиниринг [54] – это методология совершенствования* путем фундаментального переосмысления, радиальной модификации или даже коренного перепроектирования процессов, *нацеленная* на достижение существенного улучшения критических показателей исполнения деятельности в организации, в частности:

- на увеличение добавленной ценности;
- на улучшение показателей качества процессов и/или продукции;

- на снижение затрат и рост прибыли;
- на сокращение времени производственного цикла;
- и, как результат, на повышение конкурентоспособности не только продукции, но и организации в целом.

Реинжиниринг – это не тот инструмент, который нужно использовать для достижения 10 %-ного улучшения [54]. В отличие от многих других ранее рассмотренных инструментов, реинжиниринг всегда нацелен на прорыв или, хотя бы, на достижение радикального улучшения. Стратегическое назначение реинжиниринга – достижение переломных улучшений показателей исполнения деятельности в организации. Одной из главных целей реинжиниринга является увеличение доли действий, связанных с добавлением ценности продукции, выпускаемой предприятием [54].

### 3.5.2. ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ РЕИНЖИНИРИНГА

На практике находят применение два способа реинжиниринга [54].

1. *Реинжиниринг-модификация действующего процесса.* В этом случае имеющийся процесс (после его изучения, документирования, анализа и переосмысления) подвергается радикальной модификации. Этот способ позволяет наиболее полно использовать знания и опыт, накопленные в организации на протяжении длительного промежутка времени при практическом осуществлении прежнего варианта процесса. Однако при этом остается риск повторения старых ошибочных представлений о процессе (конструкции). Несмотря на указанный недостаток, этот умеренный вариант реинжиниринга имеет наибольшие шансы на успех при его практическом применении для модификации действующего процесса.

Следует помнить, что реинжиниринг-модификация действующего процесса не означает совершенствования на основе тактики «мелких шагов» Кайдзэн (KAIZEN), а предполагает обязательное применение тактики «крупных шагов» Кайрио (KAIRYO), (упомянутой выше в параграфе 3.1 данной главы). В этом случае члены команды, осуществляющие проект реинжиниринга-модификации, стараются использовать все лучшее, имевшееся в рамках ранее применявшегося процесса, и стремятся достичь его радикальной модификации.

2. *Реинжиниринг с чистого листа.* В этом случае полностью отказываются от ранее применявшегося процесса, а оборудование, использовавшееся при его осуществлении, разбирают и утилизируют. Новый процесс создают с чистого листа, но с учетом анализа и фундаментального переосмысления прежде существовавшего процесса.

Реинжиниринг с чистого листа снижает риск повторения старых ошибок, позволяет избежать опасности быть погребенными под большим количеством деталей старого процесса. Однако, пренебрежение ранее применявшимся процессом очень рискованно, так как может привести к игнорированию знаний и опыта, накопленных в организации. По мнению автора книги [54] имеющийся опыт свидетельствует о том, что «...весьма немногие организации достигли успеха, пытаясь создать совершенно новый процесс». Тем не менее, в случае успешного выполнения *реинжиниринга с чистого листа*, достигается значительно более высокий уровень совершенствования и даже прорыва в улучшении критических показателей исполнения деятельности в организации.

### 3.5.3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА РЕИНЖИНИРИНГА

Реинжиниринг является одним из самых радикальных вариантов осуществления очередной итерации процесса постоянного улучшения, рассмотренного выше во введении к данной книге. Каждая итерация процесса постоянного улучшения предусматривает выполнение следующих четырех крупных стадий:

- a) выбор процесса;
- b) описание и оценка существующего процесса;
- c) улучшение процесса и стандартизация достигнутого усовершенствования;
- d) полномасштабное внедрение улучшенного процесса.

Этапы выполнения проекта реинжиниринга в целом соответствуют этим четырем крупным стадиям процесса постоянного улучшения. Однако, специфической особенностью реинжиниринга является то, что его результаты практически всегда требуют радикальной модификации, перестройки или даже полного перепроектирования и замены ранее применявшегося процесса, аппаратов и оборудования, поэтому процедуру осуществления проекта реинжиниринга можно представить в виде шести основных этапов, проиллюстрированных на рис. 3.12.

Следует отметить, что третий, четвертый и пятый этапы графически проиллюстрированной процедуры реинжиниринга:

- 3) проектирование перестройки процесса;
  - 4) подготовка к внедрению проекта реинжиниринга;
  - 5) внедрение проекта реинжиниринга;
- представляют собой определенную детализацию содержания стадии
- c) улучшение процесса и стандартизация достигнутого улучшения, выполняемой на каждой итерации процесса постоянного улучшения, рассмотренного выше во введении к данному учебному пособию.



**Рис. 3.12. Основные этапы процедуры осуществления реинжиниринга**

Рассмотрим подробнее содержание работ, выполняемых на каждом этапе процедуры осуществления реинжиниринга.

### 3.5.3.1. ВЫБОР ПРОЦЕССА, НУЖДАЮЩЕГОСЯ В РЕИНЖИНИРИНГЕ

На этом первом этапе процедуры осуществления реинжиниринга высшее руководство должно принять решение о том, какой из выполняемых в организации процессов будет подвергнут реинжинирингу.

Для принятия такого решения необходимо ответить на следующие вопросы:

1) какие процессы, выполняемые в организации, нуждаются в усовершенствовании?

2) какие из этих процессов предоставляют наибольшие возможности для радикального улучшения показателей исполнения деятельности в организации?

3) есть ли среди этих процессов такой, для улучшения которого следует применять методологию реинжиниринга?

4) каковы шансы на успех при применении именно реинжиниринга для радикальной перестройки этого процесса?

5) какие материально-технические и человеческие ресурсы потребуются для осуществления проекта реинжиниринга этого процесса? [58]

6) имеются ли финансовые возможности для инвестиций в проект реинжиниринга процесса?

Ответы на эти вопросы должны быть подготовлены с привлечением представителей всех служб и подразделений организации, включая специалистов по:

- маркетингу и исследованию рынков;
- проектированию продукции и технологических процессов;
- закупкам и комплектации;
- производству продукции;
- переподготовке персонала;
- планированию процессов в организации;
- техническому контролю сырья и продукции;
- обслуживанию станков, аппаратов и оборудования;
- консервации, упаковке, хранению, погрузочно-разгрузочным работам и транспортировке;
- метрологии, мониторингу и измерениям;
- управлению качеством процессов в организации.

При необходимости на этом этапе могут привлекаться и внешние консультанты-эксперты.

При выборе процесса, нуждающегося в реинжиниринге, могут быть использованы:

- результаты внутренних и внешних аудитов;
- результаты мониторинга и измерения;
  - а) удовлетворенности потребителей,
  - б) процессов,
  - в) продукции;
- результаты анализа со стороны руководства.

Особенно большое значение при выборе процесса, нуждающегося в реинжиниринге, могут иметь результаты применения следующих методологий и комплексных инструментов улучшения качества:

- анализ форм и последствий отказов (FMEA-методология);
- развертывание функции качества (QFD-методология);
- бенчмаркинг (методология реперных точек);
- методология самооценки и др.

При получении положительных ответов на все шесть сформулированных выше вопросов, высшее руководство обычно принимает решение о необходимости применить методологию реинжиниринга для радикальной перестройки конкретного процесса. Желательно, чтобы это решение было публично доведено высшим руководством до персонала организации, например, в рамках одного из так называемых дней качества.

Результатом этого первого этапа является официально внесенное в протокол «Дня качества» и утвержденное генеральным директором задание на реинжиниринг процесса с целью радикального улучшения показателей исполнения деятельности в организации. Обычно уже на этом этапе из числа высшего руководства организации назначается так называемый спонсор-владелец процесса реинжиниринга.

Именно этот человек в дальнейшем всячески поддерживает проект реинжиниринга, информирует высшее руководство о достигнутых результатах, способствует внедрению проекта в практическую деятельность организации, несет персональную ответственность перед генеральным директором за успешное осуществление процесса реинжиниринга.

### **3.5.3.2. Планирование реинжиниринга**

Этот этап начинается с того, что спонсор-владелец проекта реинжиниринга выбирает и назначает руководителя команды. Затем этот руководитель определяет состав команды и, по согласованию со спонсором, готовит проект приказа генерального директора о формировании команды, в котором должны быть определены:

- спонсор-владелец процесса реинжиниринга;
- руководитель команды для выполнения реинжиниринга;
- состав команды для работы в проекте реинжиниринга;
- ресурсы, первоначально выделяемые команде;
- ожидаемые результаты проекта;
- сроки выполнения проекта.

После подписания приказа команда приступает сначала к планированию, а затем выполняет и все последующие этапы процедуры осуществления реинжиниринга, представленные на рис. 3.12.

На этом этапе главной задачей сформированной команды является разработка плана выполнения проекта реинжиниринга рассматриваемого процесса. По аналогии с тем, что нельзя начинать туристический поход без карты (или схемы) местности и без планирования мест и длительности проведения привалов, экскурсий и ночевков, выполнение проекта реинжиниринга невозможно без плана работ. Такой план должен представлять собой совокупность определенных шагов (этапов) к цели, представляющей собой внедрение радикально модифицированного или перестроенного процесса, обеспечивающего коренное улучшение показателей деятельности организации. Разработанный членами команды план действий должен содержать ответы на следующие вопросы [54, 58]:

- 1) какие работы должны быть выполнены в рамках проекта?
- 2) кто эти работы будет выполнять?
- 3) когда и в какой последовательности их следует осуществлять?
- 4) какие ресурсы уже имеются?
- 5) какие дополнительные ресурсы потребуются?
- 6) какие результаты должны быть получены в итоге выполнения как отдельных этапов, так и всего проекта в целом?

Составленный план определяет масштаб и сложность проекта реинжиниринга. Этот план не должен быть «смирительной рубашкой», а скорее должен выступать в качестве общего руководства для выполнения требуемых работ [54]. Если же по ходу выполнения проекта обнаруживаются лучшие пути для продвижения к цели или появляется возможность сократить длительность или исключить какую-либо работу, то такие изменения (в ранее составленном плане действий) должны приветствоваться.

В итоге выполнения второго этапа появляется утвержденный высшим руководством организации (или спонсором-владельцем проекта реинжиниринга) план мероприятий, отвечающий на сформулированные выше шесть вопросов.

### 3.5.3.3. Проектирование перестройки процесса

Основным содержанием и целью этого этапа является разработка проекта реинжиниринга, рассматриваемого командой процесса, поэтому основными шагами на этом этапе будут следующие:

1) описание, документирование и оценка существующего процесса в том виде, в каком он осуществлялся до последнего времени (см. п. В.2.2 введения данной книги);

2) принятие решения о предпочтительном (подходящем) способе реинжиниринга: в результате выполнения этого шага члены команды должны в качестве основы для дальнейшей работы выбрать:

- либо реинжиниринг-модификацию действующего процесса,
- либо реинжиниринг с чистого листа;

3) разработка проекта реинжиниринга рассматриваемого процесса;

4) анализ и утверждение высшим руководством организации (или спонсором-владельцем) разработанного проекта реинжиниринга.

#### *3.5.3.3.1. Проектирование реинжиниринга-модификации действующего процесса*

Рассмотрим подробнее рекомендации по осуществлению реинжиниринга-модификации рассматриваемого командой процесса. Во многих случаях реинжиниринг-модификацию можно осуществить за счет осуществления процедуры упрощения процесса, выполнявшегося до последнего времени.

Для лучшего запоминания основного содержания процедуры упрощения зарубежными специалистами в области теории и методов управления качеством предложено мнемоническое правило (прием), обозначаемое [54] латинскими буквами ESIA от английских слов:

**EXCLUDE** – ИСКЛЮЧИТЬ: излишки производства, простои, перевозки, обработку, хранение, дефекты и ошибки, дублирование, проверки, переделки и т.п.;

**SIMPLIFY** – УПРОСТИТЬ: процессы, технологии, конструкции, методики измерения, процедуры, проблемные области, материальные потоки, потоки информации и т.п.;

**INTEGRATE** – ИНТЕГРИРОВАТЬ, ОБЪЕДИНИТЬ: операции, задания, группы, поставщиков, потребителей;

**AUTOMATIZE** – АВТОМАТИЗИРОВАТЬ: сбор данных, передаче данных, анализ данных; трудоемкие операции, грязную работу, неприятную работу.

При реинжиниринге-модификации действующего процесса мнемоническое правило ESIA следует применять в следующем порядке.



1. Сначала надо постараться *исключить* операции (обработку, хранение, дублирование, проверки, перевозки, простои, переделки), которые не связаны с добавлением ценности для потребителей продукции. Именно устранение излишних операций позволяет наиболее результативно и эффективно добиться перелома при реинжиниринг-модификации действующего процесса.

2. После освобождения от всего лишнего нужно сделать следующий шаг ESIA – максимально *упростить* все то, что осталось, а именно, процедуры, технологии, конструкции, методики контроля, материальные и информационные потоки и т.п.

3. На очередном шаге ESIA следует постараться *объединить* операции, оставшиеся после того, как было исключено все лишнее и упрощено то, что можно было упростить. За счет объединения операций происходит дальнейшее облегчение движения материальных и информационных потоков не только между операторами внутренних подпроцессов, но и весьма часто улучшается взаимодействие с внешними поставщиками и потребителями.

В книге [54] сформулированы следующие рекомендации по решению задач объединения на нескольких уровнях в организации:

а) на первом уровне несколько небольших заданий можно объединить в одно большое задание, что имеет несколько положительных сторон:

- обогащается содержание работы каждого отдельного сотрудника;
- становится ненужным согласование работ, ранее выполнявшихся по отдельности;
- исключаются задержки и простои, неизбежно связанные с необходимостью согласования результатов работ;

б) на втором уровне отдельные специалисты могут объединяться в группы, которые берут на себя ответственность за выполнение большого числа однотипных заданий, что также позволяет исключить задержки и простои за счет снижения потребностей в согласовании результатов работы каждого специалиста;

в) на третьем и самом высоком уровне может рассматриваться объединение организации с ее поставщиками и потребителями с образованием некоего виртуального предприятия, представляющего собой взаимовыгодный альянс для всех трех сторон такого соглашения. Организации, добившиеся создания тесных взаимосвязей со своими поставщиками и потребителями, обычно находятся в наиболее выгодном положении [54]. Типичный вариант – интегрирование потребителей и поставщиков с организацией в процессе разработки новой продукции.

4. На четвертом шаге в соответствии с мнемоническим правилом ESIA члены команды, созданной для выполнения процесса реинжиниринга, должны *автоматизировать* трудоемкие, грязные, неприятные и рутинные операции модифицируемого процесса с применением современных информационных технологий, компьютерных средств и робототехнического оборудования. При этом следует руководствоваться принципом Парето, из которого следует, что для автоматизации 80% всех работ (при осуществлении операций процесса, подвергаемого реинжинирингу) требуется только 20% от всех затрат, которые потребовались бы для полной автоматизации всех работ и операций. Это связано с тем, что какие-то операции, составляющие 80% трудоемкости процесса, автоматизируются легко, причем для их автоматизации требуется порядка 20% от общей суммы затрат на полную автоматизацию всего процесса. Остальные операции, трудоемкость которых не превышает 20% общей трудоемкости, с большим трудом поддаются автоматизации, однако, именно автоматизация эти операций обычно требует (съедает) до 80% от суммы расходов на полную автоматизацию всех операций процесса. Поэтому, в книге [54] содержится рекомендация, что при реинжиниринге-модификации действующего процесса: «Можно сэкономить время и деньги, если автоматизировать основную часть (примерно 80%) операций, а остальные операции продолжать делать вручную» [63].

### **3.5.3.2. Проектирование при реинжиниринге с чистого листа**

В книге [54] сформулировано следующее: «Очень трудно дать общий совет, как выполнить радикальную перестройку, которая заключается в том, чтобы все разрушить и начать с чистого листа... Результат существенно зависит от творческой активности, воображения, знаний, а также от наличия современных технологий и людей, способных все это воплотить в жизнь».

Каждый проект реинжиниринга, выполняемый с чистого листа, уникален и его успех зависит от творческой активности членов команды, сформированной для осуществления этого проекта. Ниже приведены основные вопросы, на которые должны быть найдены ответы при проектировании совершенно нового процесса [54]:

- Кто являются конечными потребителями продукции?
- Каковы основные требования и ожидания этих потребителей?
- Почему организация должна удовлетворить эти требования и ожидания потребителей?
- Согласуется ли это с общими целями и стратегическими планами организации?

- Где надо удовлетворить эти требования и ожидания потребителя – дома или в специальном помещении?
- Когда (в какое время года, днем, вечером, ночью или утром) должны быть удовлетворены эти потребности?
- Каким образом будут удовлетворены эти потребности?
- Какой для этого потребуется процесс?
- Какие потребуются технологии и какое оборудование?
- Кто будет выполнять необходимые операции?
- Потребуется ли повышение квалификации и переподготовка персонала?
- Какие потребуются режимы осуществления операций для удовлетворения требований и ожиданий потребителей?
- С кем из поставщиков придется взаимодействовать?
- Насколько результативен и эффективен новый процесс?
- Какие секторы (ниши) рынка сбыта заполняет продукция, произведенная с применением нового процесса?
- Удалось ли свести к минимуму расходы, связанные с возможными отказами нового процесса?

Для повышения творческой активности членов команды, для того, чтобы разбудить воображение и дать импульс к поиску новых идей, руководитель может обратиться к своим коллегам, например, при проведении мозговой атаки, с рекомендациями-вопросами [54]:

- 1) представьте себе, что вам надо создать образ конкурента своей собственной организации, то каким бы вы его себе представили, чтобы достичь наилучшего результата в конкуренции с нами?
- 2) каким образом должен выглядеть идеальный процесс?
- 3) если бы кто-то из наших недоброжелателей решил нанести нам вред при осуществлении проектируемого процесса, то как бы вы поступили на его месте?
- 4) если бы вы могли создать окружение проектируемого процесса и даже всю нашу организацию заново с чистого листа, то как бы тогда выглядела наша организация и/или ближайшее окружение проектируемого процесса?

Успех реинжиниринга с нового листа невозможен без проведения мозговых штурмов и атак в условиях высокого уровня фантазирования, выдвижения «сумасшедших» идей и творческого воображения, направленных на то, чтобы постараться максимально отказаться от привычных (традиционных) представлений о том, как должен осуществляться проектируемый процесс.

В результате выполнения третьего этапа появляется проект реинжиниринга процесса, содержащий все необходимые чертежи и инструкции для осуществления нового (радикально перестроенного или спроектированного заново) процесса. После анализа и утверждения высшим руководством (генеральным директором или спонсором-владельцем процесса реинжиниринга) разработанный проект становится основой для выполнения всех последующих этапов работ.

#### 3.5.4. ПОДГОТОВКА К ВНЕДРЕНИЮ ПРОЕКТА РЕИНЖИНИРИНГА

Смыслом, содержанием и целью данного этапа является выполнение мероприятий, которые позволят осуществить разработанный проект перестройки процесса первоначально в небольшом масштабе, а затем и в масштабе всей организации.

После разработки проекта реинжиниринга необходимо еще раз оценить масштаб требуемых изменений, в том числе, объем инвестиций. После утверждения проекта высшим руководством организации, финансовая служба должна предусмотреть выделение средств на необходимые закупки аппаратов, оборудования, средств измерений, контроля и автоматизации, в том числе и на повышение квалификации и переподготовку специалистов.

В результате выполнения этого этапа в организации появляется утвержденный высшим руководством детальный план внедрения проекта реинжиниринга процесса, полностью отвечающий на вопросы: что? кто? каким образом? с кем? в какие сроки? за счет каких средств? в какой последовательности должны выполнять запланированные действия? и т.п.

После приобретения всех необходимых ресурсов (аппаратов, оборудования, средств измерения, контроля и автоматизации, программных средств) и завершения переподготовки персонала, организация может приступить к следующему этапу.

#### 3.5.5. ВНЕДРЕНИЕ ПРОЕКТА РЕИНЖИНИРИНГА

Целью данного этапа является внедрение проекта реинжиниринга первоначально в небольшом масштабе, например, на одном из участков цеха или на одной производственной линии, а возможно на одной единице технологического оборудования.

Сначала осуществляют демонтаж заменяемых аппаратов и оборудования. При реинжиниринге с чистого листа демонтируют все оборудование заменяемого процесса. После этого устанавливают новые аппараты и оборудование, щиты и пульты со средствами измерений, контроля и автоматизации, новое аппаратное оборудование, осуществ-

ляют монтаж трубных и электрических проводов. Проверяют работоспособность технических и программных средств, а затем производят испытания при их работе в составе всей спроектированной системы.

После проверки работоспособности системы в целом, приступают к пробной эксплуатации смонтированной системы в условиях, когда подвергнутый реинжинирингу процесс применяется для выпуска продукции (или для предоставления услуги потребителю). При этом ведут мониторинг и измерение показателей качества как нового процесса, так и получаемой (с помощью этого процесса) продукции или услуги.

По результатам мониторинга и измерений оценивают показатели результативности и эффективности спроектированного и внедренного процесса. Если эти показатели результативности и эффективности соответствуют целевым значениям, установленным в утвержденном высшим руководством задании на выполнение проекта реинжиниринга, то с участием производителей и проектировщиков разрабатывается уточненная (по результатам пробной эксплуатации) стандартная процедура осуществления нового процесса. После утверждения эта стандартная процедура становится нормативным документом, обязательным для выполнения производственным персоналом, осуществляющим эксплуатацию нового процесса.

Если же результаты мониторинга, измерения и контроля свидетельствуют о том, что требования задания на реинжиниринг процесса выполнены не полностью, то команда, занимающаяся проектированием нового процесса, после анализа причин имеющихся несоответствий разрабатывает предложения по внесению изменений в имеющийся проект. После утверждения изменений проекта, осуществляют внедрение дополнительных технических решений, а после этого разрабатывают и утверждают стандартную процедуру осуществления внедренного процесса.

Итоговым результатом этого этапа является апробированный и утвержденный новый процесс, обеспечивающий возможности для радикального улучшения показателей исполнения деятельности в организации. Однако, для рассматриваемого этапа характерно то, что новый процесс применяется в малом масштабе (в отдельных подразделениях), не обеспечивая получение полной отдачи от его внедрения.

### 3.5.6. ПОЛНОМАСШТАБНОЕ ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕИНЖИНИРИНГА

Первой целью данного этапа является внедрение нового процесса в масштабе всей организации, что позволяет получить полную отдачу от результатов работы команды, которой было поручено осуществление реинжиниринга процесса.

Вторая цель, к которой стремятся при выполнении этого этапа, состоит в том, чтобы постараться с максимальной пользой для организации использовать знания и опыт, накопленные членами команды в процессе совместной работы над проектом реинжиниринга. Эти знания и опыт должны быть задокументированы в виде отчета, утвержденного высшим руководством организации, а содержание этого отчета следует довести до специалистов всех подразделений.

Важно также, чтобы высшее руководство организации публично выразило признательность членам команды и ее руководителю за результативную и эффективную работу при выполнении проекта, а также вознаградило их за достигнутые результаты, например, установив ежемесячное вознаграждение в виде определенного процента от прибыли, получаемой за счет внедрения перестроенного процесса.

\*\*\*

Главным результатом внедрения проекта реинжиниринга является радикальная модификация или даже прорыв в улучшении показателей исполнения деятельности в организации, в первую очередь тех показателей, которые связаны с добавлением ценности продукции, повышением удовлетворенности потребителей продукцией, а также укрепление конкурентоспособности на рынке не только отдельных видов продукции, но и самой организации в целом.

### **3.6. БЕНЧМАРКИНГ – МЕТОДОЛОГИЯ РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК**

Бенчмаркинг (методология реперных точек) [1, 8, 10] 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. Данный процесс оказывает стимулирующее (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.*

### 3.6.1. 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 [8, 50, 51].

#### **3.6.1.1. 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.

#### **3.6.1.2. 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.

### **3.6.1.3. 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.

### **3.6.1.4. 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 [8]:

- 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 расширение возможностей вашей компании.

## **3.6.2. ПОРЯДОК ПРИМЕНЕНИЯ БЕНЧМАРКИНГА**

Основным этапом осуществления методологии реперных точек (бенчмаркинга) являются (см. рис. 3.13) следующие действия [8]: определение предмета бенчмаркинга, идентификация партнеров по бенчмаркингу, сбор данных, анализ данных, определение разрыва между лучшими достижениями конкурентов и собственными результатами, формирование конструктивных функциональных целей, разработка плана действий, выполнение запланированных действий и мониторинг процесса, поиск новых предметов для выполнения бенчмаркинг-исследования.



### 3.6.2.1. Определение предмета бенчмаркинга

На этом этапе определяют [8], какие функции, задачи, процессы или виды деятельности, осуществляемые в пределах собственной организации, будут подвергнуты бенчмаркингу.

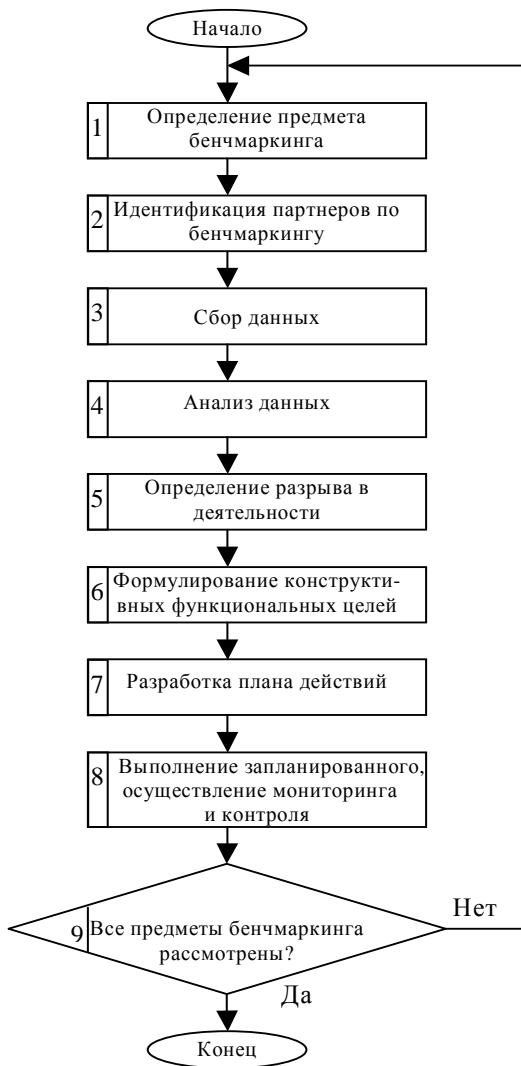


Рис. 3.13. Циклический процесс бенчмаркинга [8]

Базируясь на критических условиях успеха (факторах, имеющее 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:

- 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.

- идентифицировать стадии процессов;
- определить ход (течение) процесса.

### **3.6.2.2. Идентификация партнеров по бенчмаркингу**

В качестве партнеров в данном случае рассматриваются [8] 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 об этих 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.

### **3.6.2.3. Сбор данных**

Информацию и данные об осуществлении процессов партнерами по бенчмаркетингу обычно собирают [8] 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.

### **3.6.2.4. Анализ данных**

На этом этапе осуществляют [8] всестороннее рассмотрение и анализ собранных данных об осуществлении конкурирующих процессов в организациях и подразделениях, рассматриваемых в качестве партнеров по бенчмаркингу.

### **3.6.2.5. Определение разрыва между лучшими достижениями конкурентов и собственными результатами**

На этом этапе определяют [8] величину отставания в уровне исполнения в своей организации по сравнению с лучшим партнером по бенчмаркингу.

После того, когда 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?»

### **3.6.2.6. Формулирование конструктивных функциональных целей**

Основываясь на результатах бенчмаркингового исследования, должны быть сформулированы [1] 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.

#### *3.6.2.2.7. Разработка плана действий*

На этом этапе ранее сформулированные цели должны быть превращены в план конкретных действий. Этот план должен обеспечивать понимание следующих вопросов [8]:

- 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?

#### **3.6.2.8. 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 [8]:

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

#### **3.6.2.9. Поиск новых предметов для выполнения бенчмаркингowego исследования**

Если есть предметы (функции, задачи, процессы или виды деятельности), которые могут быть подвергнуты бенчмаркингу, то следует перейти [8, 63] 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 [51] 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 течении 24 часов для 95% заказов. Причиной бенчмаркингвого 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.

### **3.7. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ И КОНСТРУКЦИОННЫХ РАЗМЕРОВ АППАРАТОВ И УСТРОЙСТВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВО ПРОДУКЦИИ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА**

#### **3.7.1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ [73, 74]**

В наиболее общем смысле теория оптимизации представляет собой совокупность фундаментальных математических результатов и численных методов, ориентированных на нахождение и идентификацию наилучших вариантов из множества альтернатив и позволяющих избежать полного перебора и оценивания возможных вариантов. Процесс оптимизации лежит в основе всей инженерной деятельности.

Важность и ценность теории оптимизации заключается в том, что она дает адекватные понятийные рамки для анализа и решения многочисленных задач [73]:

- в исследовании операций: оптимизация технико-экономических систем, транспортные задачи, управление запасами и т.д.;
- в численном анализе: аппроксимация, регрессия, решение линейных и нелинейных систем, численные методы, включая методы конечных элементов и т.д.;

– в автоматике: распознавание образов, оптимальное управление, фильтрация, управление производством, мехатроника и робототехника и т.д.;

– в математической экономике: решение больших макроэкономических моделей, моделей предпринимательства, теория принятия решений и теория игр;

– в теплофизических исследованиях: выбор оптимальных режимных параметров методов и рациональных конструкционных размеров устройств, используемых для измерения теплофизических свойств (характеристик) веществ;

– при управлении качеством: определение оптимальных режимных и конструкционных параметров технологических процессов и аппаратов с целью производства продукции наилучшего качества.

В настоящее время теория оптимизации, успешному применению которой способствует бурный прогресс в развитии средств вычислительной техники, вносит заметный вклад в ускорение научно-технического прогресса. Трудно назвать такую отрасль инженерной деятельности, где не возникали бы задачи оптимизационного характера. Это, например, задачи определения наиболее эффективного режима работы различных технических систем, задачи организации производства, дающего наибольшую возможную прибыль при заданных ограниченных ресурсах, транспортные задачи, задачи повышения качества производственных процессов и их результатов (продукции) и множество других [73].

Постановка каждой задачи оптимизации (ЗО) включает в себя два объекта: множество допустимых решений и целевую функцию (функционал), которую следует минимизировать или максимизировать на указанном множестве. С этой общей точки зрения и рассматриваются различные классы экстремальных задач, составляющие предмет линейного, нелинейного, динамического программирования, вариационного исчисления и теории оптимального управления. Обычно наши действия в условиях неоднозначности выбора определяются некоторой целью, которую мы стремимся достичь наилучшим образом. Тем самым человеческая деятельность связана с постоянным (сознательным или бессознательным) решением оптимизационных задач [73].

### 3.7.2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ

Постановка задачи оптимизации обычно может быть представлена в виде [73]:

$$\min f(x),$$

$$g_k(x) = 0, \quad k = \overline{1, K}; \quad l_j(x) \geq 0, \quad j = \overline{1, J}; \quad (3.4)$$

$$x \in D \subset R^n.$$

Вектор  $x \in D$  имеет компоненты  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , которые являются неизвестными задачами (3.4).

Функция  $f(x)$  называется **целевой функцией** (ЦФ) (функцией качества, критерием оптимальности), а множество условий  $g_k(x), l_j(x)$  и  $x \in D$  – **ограничениями задачи**.

**Решением задачи** (3.4) называют любой вектор  $x$ , удовлетворяющий ограничениям.

**Оптимальным решением** или **глобальным экстремумом** задачи (3.4) называют вектор  $x^*$ , минимизирующий значение  $f(x)$  на множестве всех решений:  $f(x^*) \leq f(x)$  для всех  $x \in D$ .

Задача максимизации функции  $f(x)$  сводится к задаче поиска минимума функции  $F = -f(x)$

Для того чтобы использовать математические результаты и численные методы теории оптимизации для решения конкретных инженерных задач, необходимо [73]:

1) установить границы подлежащей оптимизации производственной (технологической, инженерной, организационной) системы или объекта;

2) построить математическую модель (ММ) системы;

3) составить целевую функцию. Иногда удается подставить ММ в целевую функцию и получить явную зависимость ЦФ от управляющих воздействий, т.е. возможных стратегий управления системой. В остальных случаях ММ выступает в роли ограничений, наложенных на управление;

4) определить критерий оптимальности – как правило, требование экстремума ЦФ по управляющим воздействиям при наличии ограничений;

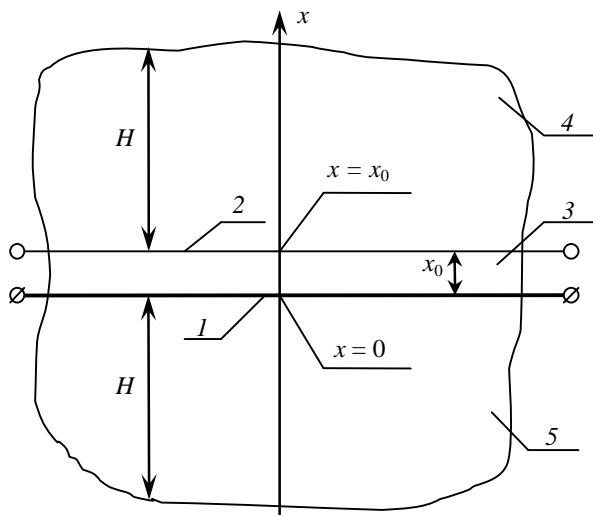
5) выбрать или построить оптимизационный алгоритм и решить экстремальную задачу.

Корректная постановка задачи служит ключом к успеху оптимизационного исследования. Искусство постановки задачи постигается в практической деятельности на примерах успешно реализованных алгоритмов и основывается на четком представлении преимуществ, недостатков и специфических особенностей различных методов оптимизации [73].

### 3.7.3. ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДА «МГНОВЕННОГО» ПЛОСКОГО ИСТОЧНИКА ТЕПЛА И РАЦИОНАЛЬНОГО КОНСТРУКЦИОННОГО РАЗМЕРА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ И ОБЪЕМНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель изложенного ниже – выбор оптимальных режимов измерительных операций и конструктивных размеров устройства для проведения измерений комплекса теплофизических свойств вещества методом плоского «мгновенного» источника тепла [70]. Физическая модель метода и устройства приведена на рис. 3.14.

При практической реализации метода на плоский нагреватель  $I$  подается короткий электрический импульс, за время действия которого в единице площади нагревателя выделяется количество теплоты  $Q_n$ . На практике длительность  $\tau_n$  импульса приходится выбирать достаточно большой, чтобы с необходимой точностью зарегистрировать измеряемую температуру  $T(x_0, \tau)$ . В [70, 71] рассмотрены вопросы введения



**Рис. 3.14. Физическая модель устройства**

**для реализации метода плоского «мгновенного» источника тепла [70]:**  
 $x_0$  – расстояние между плоским нагревателем  $I$  и измерителем температуры 2;  
 3–5 – образцы из исследуемого материала



поправок на конечную длительность  $\tau_{и}$  теплового импульса в расчетную зависимость  $a = (x_0)^2 / (2\tau_{\max})$ . При условии, что  $\tau_{и} < (0,05 \dots 0,1)\tau_{\max}$ , т.е. много меньше промежутка времени до момента  $\tau_{\max}$  достижения максимума на температурной кривой (рис. 3.15), эти поправки остаются незначительными, что позволяет использовать метод без введения поправок.

Математическая модель процессов теплопереноса, протекающих внутри исследуемого образца, имеет вид краевой задачи [70]:

$$c\rho \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial x} \right] + Q_n \delta(\tau) \delta(x), \quad \tau > 0, \quad -\infty < x < +\infty; \quad (3.5)$$

$$T(x, 0) = T_0 = 0; \quad (3.6)$$

$$T(-\infty, \tau) = T(+\infty, \tau) = T_0 = 0, \quad (3.7)$$

где  $T(x, \tau)$  – температура в плоскости на расстоянии  $x$  от нагревателя  $l$  (находящегося в начале координат  $x = 0$ ) в момент времени  $\tau$ ;  $c, \rho, \lambda$  – удельная теплоемкость, плотность и теплопроводность исследуемого вещества;  $T_0$  – начальная температура вещества, принимаемая за начало температурной шкалы данного эксперимента ( $T_0 = 0$ );  $Q_n$  [Дж/м<sup>2</sup>] – количество тепла, выделившееся в единице поверхности плоского нагревателя;  $\delta(\tau), \delta(x)$  – дельта функции Дирака [70 – 72].

Если математическую модель (3.5) – (3.7) дополнить целевыми функциями

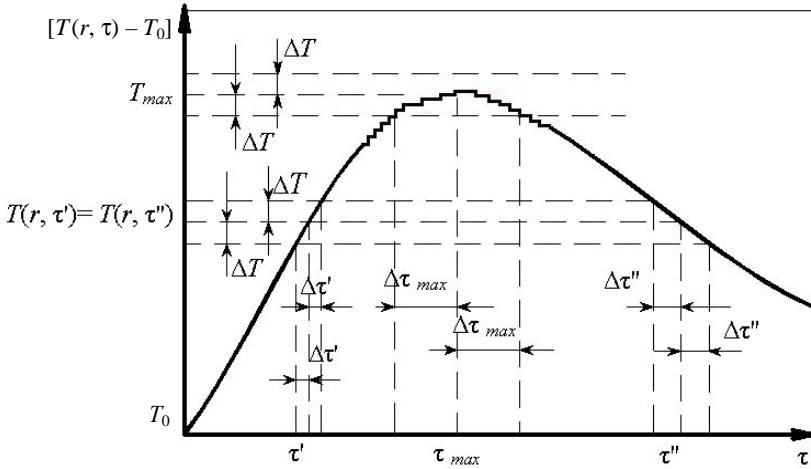
$$\delta a = \min, \quad \delta(c\rho) = \min, \quad (3.8)$$

то получаем постановку задачи оптимизации (3.5) – (3.8), решив которую можно найти искомые значения режимных параметров рассматриваемого метода и конструкционный размер измерительного устройства, обеспечивающие получение минимальных значений относительных погрешностей  $\delta a, \delta(c\rho)$  измерения коэффициентов температуропроводности  $a$  и объемной теплоемкости  $c\rho$ .

Напомним читателю, что математическая модель (3.5) – (3.7) представляет собой совокупность ограничений в виде равенств и неравенств.

**Расчетные соотношения метода измерений.** Исходя из математической модели (3.5) – (3.7), в [70 – 72] получено решение

$$T(x, \tau) - T_0 = \frac{Q_n}{c\rho \sqrt{4\pi a \tau}} \exp \left[ -\frac{x^2}{4a\tau} \right]. \quad (3.9)$$



**Рис. 3.15.** Изменение во времени  $\tau$  температуры  $[T(x, \tau) - T_0]$  в точке с координатой  $x$  и иллюстрация непостоянства абсолютной погрешности  $\Delta\tau$  определения времени в ходе эксперимента при постоянной абсолютной погрешности  $\Delta T$  измерения температуры

В [70] показано, что коэффициент температуропроводности обычно вычисляют по формуле

$$a = x_0^2 / (2\tau_{\max}).$$

Применение данной формулы приводит к большим погрешностям, поскольку момент времени  $\tau_{\max}$  сложно определить достаточно точно. Попробуем найти такие моменты времени  $\tau'$  и  $\tau''$  (см. рис. 3.15), которые позволят минимизировать погрешность измерения температуропроводности.

Рисунок 3.15 наглядно иллюстрирует следующее. В реальных условиях эксперимента пик на кривой, соответствующий максимуму температуры, заметно зашумлен и, поэтому, существенно размыт. Если определение значения максимальной температуры  $T_{\max}$  можно провести достаточно точно, то соответствующий момент времени  $\tau_{\max}$  определяется с заметно большей погрешностью  $\Delta\tau_{\max}$ .

Используем безразмерную переменную  $z = x^2 / (4at)$ . Тогда решение (3.9) примет вид

$$T(x, \tau) - T_0 = \left[ Q_{\pi} \sqrt{z} \exp(-z) \right] / (c\rho x \sqrt{\pi}),$$

где  $c\rho = \lambda/a$  – объемная теплоемкость исследуемого материала;  $\lambda$  – теплопроводность.

Введем переменный параметр

$$\beta = \frac{T(r, \tau) - T_0}{T_{\max} - T_0}, \quad (3.10)$$

запишем (3.9) для момента времени  $\tau' = \tau'(\beta)$ :

$$T(x, \tau') - T_0 = \left[ Q_{\pi} \sqrt{z(\tau'(\beta))} \exp(-z(\tau'(\beta))) \right] / (c\rho x \sqrt{\pi}). \quad (3.11)$$

Для момента времени  $\tau = \tau_{\max}$ , когда согласно [70]  $z|_{\tau_{\max}} = 0,5$ , имеем

$$T(x, \tau_{\max}) - T_0 \equiv T_{\max} - T_0 = Q_{\pi} / (c\rho x \sqrt{2\pi e}). \quad (3.12)$$

Поделив (3.11) на (3.12), после преобразований получим

$$\sqrt{z} \exp(-z) = \beta / \sqrt{2e}. \quad (3.13)$$

Обозначив  $z' = z(\tau'(\beta)) = x^2 / (4a\tau')$  и  $z'' = z(\tau''(\beta)) = x^2 / (4a\tau'')$  соответственно больший и меньший корни уравнения (3.13), при которых достигается заданное значение параметра  $\beta$ , определенное (3.10), найдем формулы для вычисления искомой температуропроводности  $a$  по результатам измерений в моменты времени  $\tau'$  и  $\tau''$ :

$$a' = x^2 / (4z'\tau'); \quad a'' = x^2 / (4z''\tau''). \quad (3.14)$$

Из (3.11) легко получим формулу для вычисления объемной теплоемкости

$$c\rho = \left[ Q_{\pi} \sqrt{z(\tau'(\beta))} \exp(-z(\tau'(\beta))) \right] / \left( [T(x, \tau'(\beta)) - T_0] x \sqrt{\pi} \right), \quad (3.15)$$

которая при  $z|_{\tau_{\max}} = 0,5$  с учетом (3.12) принимает вид

$$c\rho = Q_{\pi} / \left[ (T_{\max} - T_0) x \sqrt{\pi} \right]. \quad (3.15a)$$

**Соотношения для вычисления погрешностей.** По методике, описанной в [70], найдем выражение для вычисления погрешностей в случае определения (вычисления) коэффициента температуропроводности по формулам (3.14). На основании первой из них

$$\delta a' = \sqrt{4(\delta x)^2 + (\delta z')^2 + (\delta \tau')^2}, \quad (3.16)$$

где  $\delta a' = \Delta a' / a$  – средняя квадратическая оценка относительной погрешности измерения коэффициента температуропроводности;  $\delta x = \Delta x / x$ ,  $\delta z' = \Delta z' / z'$ ,  $\delta \tau' = \Delta \tau' / \tau'$  – относительные погрешности определения соответственно расстояния  $x$  между нагревателем и измерителем температуры, величин  $z'$  и  $\tau'$ ;  $\Delta a$ ,  $\Delta x$ ,  $\Delta z'$ ,  $\Delta \tau'$  – абсолютные погрешности измерения (определения) величин  $a$ ,  $x$ ,  $z'$ ,  $\tau'$ .

Составляющая погрешности  $\delta z'$  выражается как

$$\delta z' \approx \frac{dz'}{z'} = \frac{1}{z'} \frac{dz'}{d\beta} d\beta \approx \frac{1}{z'} \frac{dz'}{d\beta} \Delta\beta.$$

Аналогично определим абсолютную погрешность  $\Delta\beta$  по методике, изложенной в [1]. Учитывая (3.10), получим

$$\Delta\beta = \beta \sqrt{\delta^2(T(x, \tau') - T_0) + \delta^2(T_{\max} - T_0)}, \quad (3.17)$$

где  $\delta(T(x, \tau') - T_0) = \Delta(T(x, \tau') - T_0) / [T(x, \tau') - T_0]$ ,  $\delta(T_{\max} - T_0) = \Delta(T_{\max} - T_0) / (T_{\max} - T_0)$  – относительные погрешности измерений разностей температур.

Полагая  $\Delta(T(x, \tau') - T_0) = \Delta(T_{\max} - T_0) = \Delta T$ , после преобразования выражение (3.17) принимает вид

$$\Delta\beta = \beta \delta(T_{\max} - T_0) \sqrt{1/\beta^2 + 1}, \quad (3.18)$$

откуда следует

$$\delta z' = \frac{1}{z'(\beta)} \frac{dz'(\beta)}{d\beta} \beta \delta T_{\max} \sqrt{1/\beta^2 + 1},$$

где использовано обозначение  $\delta T_{\max} \equiv \delta(T_{\max} - T_0)$ .

Заменив  $z'$  на  $z''$ , найдем

$$\delta z'' = \frac{1}{z''(\beta)} \frac{dz''(\beta)}{d\beta} \beta \delta T_{\max} \sqrt{1/\beta^2 + 1}.$$

Определим входящую в (3.16) составляющую  $\delta\tau'$ . Погрешности определения моментов времени  $\tau_{\max}$ ,  $\tau'$  и  $\tau''$  связаны не только непосредственно с измерением времени. Как следует из рис. 3.15, в реальных условиях эксперимента пик кривой, соответствующий максимуму температуры, заметно зашумлен и поэтому существенно размыт. Если  $T_{\max}$  можно определить достаточно точно, то соответствующий момент времени  $\tau_{\max}$  имеет заметную погрешность  $\Delta\tau_{\max}$ .

Моменты времени  $\tau'$  и  $\tau''$  находят по значениям температуры, т.е. погрешность определения  $\tau'$  и  $\tau''$  можно выразить через погрешность определения температуры  $\Delta T$ . Учитывая, что  $\partial T(x, \tau)/\partial\tau \approx \Delta T/\Delta\tau$ , получим

$$\Delta\tau' \approx \Delta T / [\partial T(x, \tau(\beta))/\partial\tau]_{\tau=\tau'}, \quad \Delta\tau'' \approx \Delta T / [\partial T(x, \tau(\beta))/\partial\tau]_{\tau=\tau''}. \quad (3.19)$$

Из (3.19) следует, что абсолютная погрешность  $\Delta\tau'$  зависит от абсолютной погрешности  $\Delta T$  измерения температуры  $T(x, \tau'(\beta))$  и от ее производной в момент времени  $\tau'$ . При этом значения производной и погрешности  $\Delta\tau'(\beta)$  зависят от выбора конкретного значения безразмерного параметра  $\beta$ , представляющего собой отношение разностей температур  $[(T(x, \tau') - T_0)]$  и  $(T_{\max} - T_0)$ . Если предположить, что  $\Delta(T_{\max} - T_0) = \Delta(T(x, \tau') - T_0) = \Delta T = \text{const}$ , то с учетом  $\Delta T = (T_{\max} - T_0) \delta T_{\max}$  получим

$$\frac{\Delta\tau'}{\tau'} = \delta\tau' = \frac{\Delta T}{\tau'(\partial T/\partial\tau)|_{\tau=\tau'}} = \frac{(T_{\max} - T_0) \delta T_{\max}}{\tau'(\partial T(x, \tau(\beta))/\partial\tau)|_{\tau=\tau'}}.$$

Производная для момента времени  $\tau'$  [1]:

$$\partial[T(x, \tau') - T_0]/\partial\tau|_{\tau=\tau'} = [Q_0 \sqrt{z'} \exp(-z')(z' - 0,5)] / (c\rho x \tau' \sqrt{\pi}).$$

Для момента времени  $\tau_{\max}$ , когда  $z|_{\tau_{\max}} = 0,5$ , имеем  $\partial T(x, \tau)/\partial\tau|_{\tau=\tau_{\max}} = 0$  и получаем выражение (3.15а), с учетом которого

$$\delta\tau' = \frac{\Delta\tau'}{\tau'} = \frac{(T_{\max} - T_0) \delta T_{\max}}{\tau' \partial[T(x, \tau') - T_0]/\partial\tau|_{\tau=\tau'}} = \frac{\delta T_{\max}}{\sqrt{2e} \sqrt{z'(\beta) \exp(-z'(\beta))(z'(\beta) - 0,5)}}.$$

В итоге находим

$$\delta a' = \left\{ 4(\delta x)^2 + \left[ \frac{\delta T_{\max}}{\sqrt{2e} \sqrt{z'(\beta)} \exp(-z'(\beta))(z'(\beta) - 0,5)} \right]^2 + \left[ \frac{1}{z'(\beta)} \frac{dz'(\beta)}{d\beta} \beta \right]^2 \left( 1 + \frac{1}{\beta^2} \right) (\delta T_{\max})^2 \right\}^{1/2}.$$

Аналогично выражается  $\delta a''$ .

Подобным же образом на основе (3.15) была получена зависимость для вычисления средней квадратической оценки относительной погрешности измерения объемной теплоемкости

$$\delta c_p' = \left\{ (\delta Q_n)^2 + (\delta x)^2 + (\delta [T(x, \tau'(\beta)) - T_0])^2 + \left( \frac{1}{2z'(\beta)} \frac{dz'(\beta)}{d\beta} \beta \right)^2 + \left( \frac{dz'(\beta)}{d\beta} \beta \right)^2 \right\}^{1/2}.$$

Принимая во внимание (3.18), а также равенство  $\delta [T(x, \tau') - T_0] = \delta T_{\max} / \beta$ , получаем

$$\delta c_p' = \left\{ (\delta Q_n)^2 + (\delta x)^2 + (\delta T_{\max})^2 \left[ \frac{1}{\beta^2} + (1 + \beta^2) \left( \frac{dz'(\beta)}{d\beta} \right)^2 \left( \frac{1}{4(z')^2} + 1 \right) \right] \right\}^{1/2}.$$

**Оценка погрешностей измерений.** По полученным формулам были рассчитаны средние квадратические погрешности для различных значений  $\beta$ ,  $Q_n$ ,  $x$  и выбраны оптимальные значения параметра  $\beta$ , обеспечивающие наименьшую погрешность.

При выполнении расчетов были приняты  $a = 1,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $c_p = 1\,625\,000 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ ,  $Q_n = 55\,000 \text{ Вт} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ ,  $\Delta Q_n = 550 \text{ Вт} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ ,  $x = 2 \dots 8 \text{ мм}$ ,  $\Delta x = 0,1 \text{ мм}$ ,  $\Delta T_{\max} = 0,01 \text{ }^\circ\text{С}$ . Примеры зависимостей  $\delta a'$ ,  $\delta c_p'$  от параметра  $\beta$  при  $x = 4 \text{ мм}$  и  $Q_n = 55\,000 \text{ Вт} \cdot \text{с}/\text{м}^2$  приведены на рис. 3.16 и рис. 3.17.

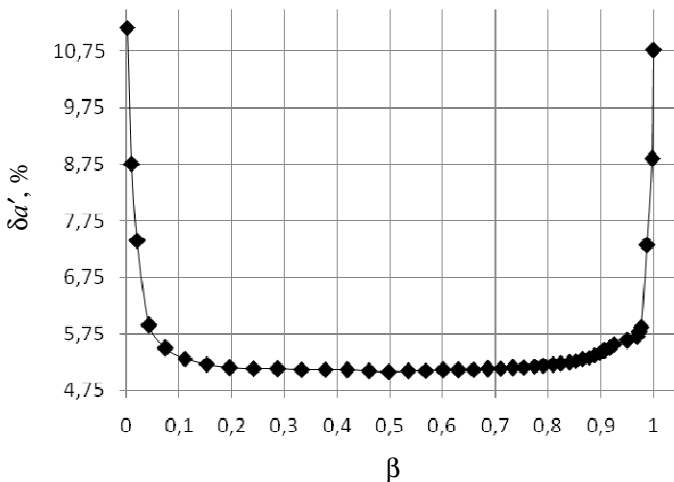


Рис. 3.16. Зависимость относительной погрешности  $\delta a'$  измерения температуропроводности от значения  $\beta$  для  $Q_n = 55\,000$  Вт·с/м<sup>2</sup> и  $x = 4$  мм

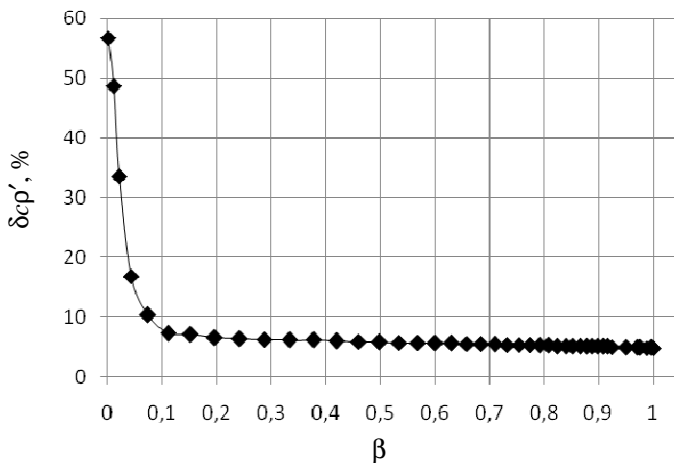
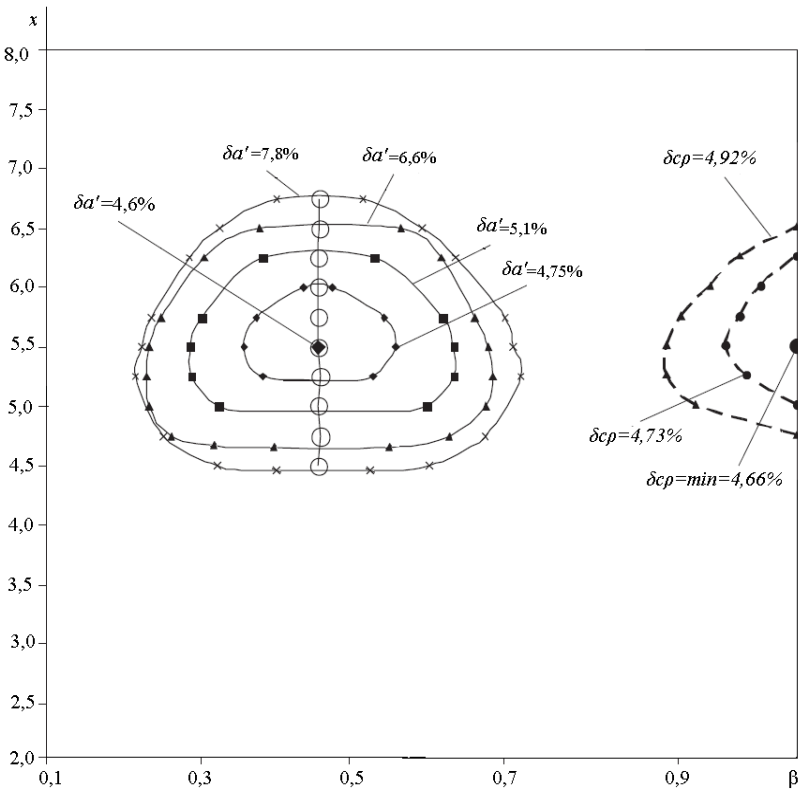


Рис. 3.17. Зависимость относительной погрешности измерения объемной теплоемкости  $\delta_{cp}'$  от значения  $\beta$  для  $Q_n = 55\,000$  Вт·с/м<sup>2</sup> и  $x = 4$  мм

Как следует из рис. 3.16 и рис. 3.17 оптимальные значения  $\beta$  при измерении  $a$  находятся в диапазоне  $0,3 \dots 0,6$ , а при измерении объемной теплоемкости – в диапазоне  $0,8 < \beta \leq 1$ . После проведения расчетов при изменении  $\beta$  с шагом  $0,001$  для случая измерения температу-

ропроводности было определено минимальное значение погрешности  $\delta a' = 5,08\%$  при  $\beta = 0,498 \approx 5$ .

В процессе выполнения данного исследования стало очевидно, что наряду с выбором оптимального значения параметра  $\beta = \beta_{\text{опт}} \approx 0,5$  необходимо определить расстояние  $x$ , при котором погрешность измерения  $a$  будет минимальной. С этой целью были рассчитаны значения погрешностей  $\delta a'$ ,  $\delta c_p'$  при  $2 < x < 8$  мм. Были построены линии равных уровней погрешностей измерения температуропроводности  $\delta a'$  и объемной теплоемкости  $\delta c_p'$  в плоскости с координатами  $\beta$  и  $x$ , приведенные на рис. 3.18.



**Рис. 3.18.** Линии равных уровней погрешностей измерения температуропроводности  $a$  и объемной теплоемкости  $c_p$  (при использовании метода плоского «мгновенного» источника тепла)



**Заключение.** Таким образом, минимальное значение относительных средних квадратических погрешностей  $\delta a$  измерения температуропроводности достигается при  $\beta = 0,498 \approx 0,5$ ,  $x = 5,5$  мм; приемлемые значения погрешностей наблюдаются при  $0,35 < \beta < 0,65$  и  $5 < x < 6,5$  мм.

Для минимизации средних квадратических погрешностей  $\delta_{\text{ср}}$  измерения объемной теплоемкости ее нужно измерять в тот момент времени, когда температура достигает максимума, т.е. при  $\beta = 1$ . Тогда при  $Q_{\text{п}} = 55\,000$  Вт·с/м<sup>2</sup>,  $x = 5,5$  мм и  $\Delta x = 0,1$  мм,  $\Delta T_{\text{max}} = 0,01$  К,  $\Delta Q_{\text{п}} = 550$  Вт·с/м<sup>2</sup>, получаем  $\delta_{\text{ср min}} = 4,66\%$  при  $\beta = 1$  и  $x_{\text{опт}} = 5,5$  мм.

\* \* \*

Приведенный в данном параграфе пример показывает, что при наличии математической модели объекта (процесса) решение задачи оптимизации легко может быть выполнено на компьютере. При отсутствии математической модели поиск оптимальных режимных и конструктивных параметров может быть осуществлен с использованием методов планирования и организации эксперимента.

### **3.8. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ПОИСКЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ХИМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

Во многих практических задачах оптимизации математическая модель исследуемого объекта (процесса) неизвестна или ее нахождение представляет собой сложную задачу. В этих случаях для определения оптимальных параметров процесса целесообразным и подчас единственным выходом является использование экспериментальных поисковых методов [75].

Общая суть таких методов заключается в следующем. На первом этапе производится изучение характера поверхности отклика в окрестности заранее выбранной начальной точки (пробные опыты). Затем на втором этапе производится рабочее движение к экстремуму целевой функции в направлении, определяемом по результатам пробных опытов. Поиск представляет собой итерационный процесс, т.е. оба этапа продолжают последовательно: результаты, достигнутые на текущем этапе поиска, становятся отправной точкой для последующего.

Экспериментальный поиск экстремума дополнительно осложняется наличием случайных помех, воздействующих на объект исследования. Существует большое многообразие экстремальных поисковых

методов [73]: поочередного изменения координат, градиентный, наискорейшего спуска, симплексный, случайных направлений и др. Они характеризуются разными показателями: скоростью выхода к оптимуму, сложностью планирования, помехозащищенностью и т.д.

Рассмотрим в качестве примера применение поискового метода наискорейшего спуска, известного в научной литературе также как метод Бокса-Уилсона [76]. Предположим, исследуется химический процесс, характеризующийся выходной величиной  $y$  – массой продукта, кг. В качестве входных факторов, оказывающих влияние на целевую функцию  $y$ , рассматриваются: температура  $T$ , °С, и время  $\tau$ , мин, проведения химической реакции. Ставится задача определения режимных параметров: температуры  $T$  и времени  $\tau$  проведения химической реакции, обеспечивающих максимум целевой функции  $y$  – массы получаемого продукта.

Выбирается начальная (базовая точка), обычно соответствующая номинальному режиму ведения рассматриваемого процесса,  $K_0(T_0, \tau_0)$ ,  $T_0 = 90$  °С,  $\tau_0 = 60$  мин. Также задаются интервалы варьирования по каждому фактору:  $\Delta T = 5$  °С,  $\Delta \tau = 3$  мин, исходя из следующих соображений. Шаг варьирования не должен быть слишком малым, иначе движение к экстремуму окажется замедленным. С другой стороны, на выбранном интервале варьирования изменение целевой функции должно значительно (более чем в 5 – 10 раз) превышать точность измерения целевой функции  $y$  [75].

В окрестности начальной точки  $K_0(T_0, \tau_0)$  организуется и проводится (см. табл. 3.4) полный факторный эксперимент (ПФЭ) [76].

В таблице 3.4  $z_1$  и  $z_2$  – нормированные значения факторов  $T$  и  $\tau$ , соответственно.

**Таблица 3.4**

$g$	$z_1$	$T$	$z_2$	$\tau$	$y$
1	-1	85	-1	57	60,456
2	+1	95	-1	57	61,682
3	-1	85	+1	63	59,254
4	+1	95	+1	63	55,184

Необходимо отметить, что для повышения точности в условиях воздействия случайных помех в каждой точке факторного пространства проводятся серии параллельных опытов, результаты  $y_g$  которых усредняются.

По итогам ПФЭ определяются оценки коэффициентов  $b_1$  и  $b_2$  нормированного уравнения регрессии:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 z_1 + b_2 z_2 + b_{12} z_1 z_2$$

по формуле

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N z_{ig} y_g ,$$

где  $N = 4$  – число опытов ПФЭ.

В результате по данным табл. 3.4 находим  $b_1 \approx -1,711$ ;  $b_2 \approx -2,925$ .

Затем начинается рабочее движение (рис. 3.19) в направлении градиента целевой функции, при этом координаты каждой последующей точки определяются по формуле:

$$T_{k+1} = T_k + b_1 \Delta T \rho ; \quad \tau_{k+1} = \tau_k + b_2 \Delta \tau \rho ,$$

здесь  $k = 0, 1, \dots$ ;  $\rho$  – масштабирующий коэффициент, позволяющий изменять величину рабочего шага движения к экстремуму и выбираемый исследователем. При этом движение производится до тех пор, пока не будет достигнут частный экстремум целевой функции  $y$  в направлении градиента.

Для рассматриваемой задачи получаем следующую последовательность рабочих точек (использован коэффициент  $\rho = 1$ ).

$K_k$	$T_k$	$\tau_k$	$y$
$K_1$	81,44	51,22	69,022
$K_2$	72,89	42,45	73,353
$K_3$	64,33	33,67	74,876
$K'_4$	55,78	24,90	74,702

В точке  $K'_4$  произошло ухудшение величины отклика  $y$  по сравнению со значением целевой функции в точке  $K_3$ , поэтому последнюю принимаем за базовую и процесс поиска повторяем. А именно, в окрестности  $K_3(64,33; 33,67)$  снова организуем и проводим ПФЭ:

$g$	$z_1$	$T$	$z_2$	$\tau$	$y$
1	-1	59,33	-1	30,67	74,937
2	+1	69,33	-1	30,67	74,995
3	-1	59,33	+1	36,67	74,626
4	+1	69,33	+1	36,67	74,571

находим  $b_1 \approx 6,77 \cdot 10^{-4}$ ;  $b_2 \approx -0,184$ . С шагом  $\rho = 2$  выполняем рабочие шаги в направлении градиента из точки  $K_3$ .

$K_k$	$T_k$	$\tau_k$	$y$
$K_4$	62,34	32,57	74,933
$K_5$	64,35	31,47	74,969
$K_6$	64,35	30,37	74,986
$K_7$	64,36	29,27	74,983

Точку  $K_6$  принимают за базовую и т.д.

Критерием остановки итерационного процесса поиска считается статистическая незначимость оценок коэффициентов уравнения регрессии  $b_1$  и  $b_2$ , проверяемая по критерию Стьюдента [75].

Таким образом, максимумом целевой функции  $y$  является точка со значениями температуры  $T = 64,35$  °С и времени  $\tau = 30,37$  мин, при этом масса выпускаемого продукта может быть увеличена до 74,986 кг.

Процесс поиска, осуществленный методом наискорейшего спуска, проиллюстрирован на рис. 3.19.

Следует отметить, что изучение многих объектов требует учета ограничений, накладываемых как на входные факторы, так и на саму целевую функцию. В этом случае речь идет о поиске так называемого условного экстремума.

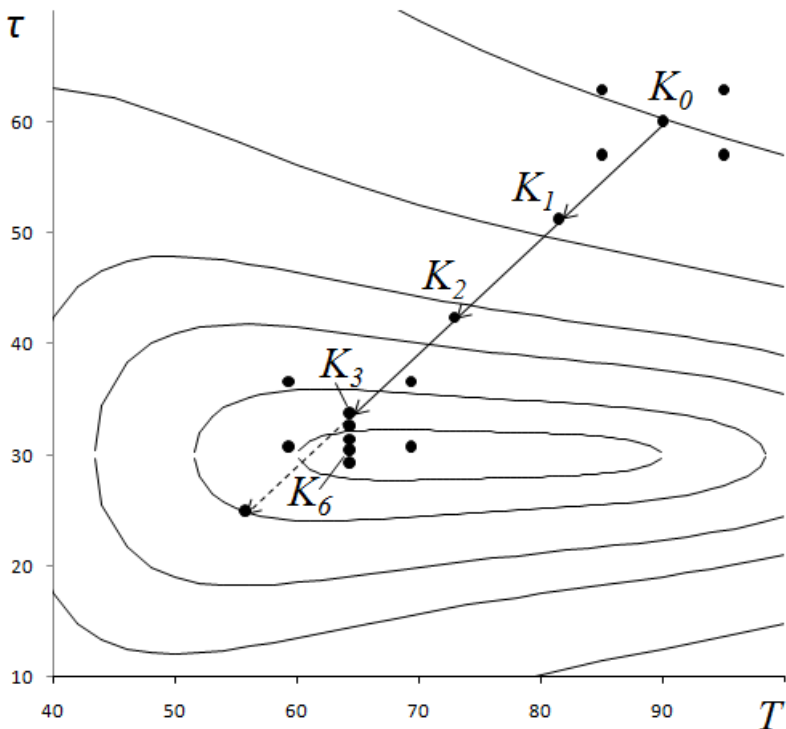


Рис. 3.19. Иллюстрация метода наискорейшего спуска

### 3.9. МЕТОДОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

Методология решения проблем (МРП) качества представляет собой [8, 63] учение о структуре, логической организации, методах и средствах систематического, постепенного, последовательного и компетентного решения проблем управления качеством с использованием командных (бригадных) форм организации работ. Эта методология, которую следует рассматривать как детализацию цикла улучшения PDCA Деминга (см. п. В.2.3 введения), может быть представлена (см. рис. 3.20) в виде следующих этапов.

#### 3.9.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ (ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ)

Прежде всего, необходимо организовать (учредить) команду для улучшения качества и, уже в процессе работы этой команды, определить проблему (постановку задачи). Аккуратное и точное определение

проблемы весьма важно для поиска истинных причин, которые позволят выработать эффективное решение.

Для ясного описания проблемы команда должна знать:

- какие вопросы и задачи должны быть решены;
- где эти вопросы и задачи возникают или имеют место;
- какие аспекты при этом играют существенную роль.



Рис. 3.20. Методология решения проблем и ее связь с циклом улучшения PDCA Деминга [63]

Поэтому необходимо обратиться и получить информацию из всех возможных источников по рассматриваемой теме, например, из отчетов:

- о рекламациях и жалобах заказчиков;
- об исследовании запросов и ожиданий потребителей;
- об осуществлении процессов;
- о семинарах, конференциях и встречах с потребителями.

Хорошая, полезная и правильная постановка проблемы [8, 63]:

- дает определение этой проблемы, в том числе очерчивает свойства и специфику проблемы;
- идентифицирует (устанавливает) следствия и результаты, а не причины;
- концентрируется на различии между тем, как это делается сейчас и как это должно быть;
- включает в себя всестороннее измерение (исследование) проблемы: Что происходит? Как часто? Как много? Когда? В каких случаях?

### 3.9.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Оцените результативность существующего процесса. Соберите и проанализируйте данные для выявления типов проблем, которые чаще всего возникают. Выберите проблему и поставьте задачу по улучшению.

Для правильного и точного решения проблемы необходимо знать, как процесс проводится в настоящее время. Поэтому процесс необходимо наглядно представить в виде поточной диаграммы (блок-схемы последовательности операций), посредством которой проиллюстрировать все стадии процесса от входа до выхода. Следовательно, члены команды, созданной для решения проблемы, должны консультироваться у работников, непосредственно вовлеченных в процесс.

### 3.9.3. АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОБЛЕМЫ

Идентифицируйте и проверьте первопричины проблемы.

Этот этап имеет целью вычерчивание диаграмм (например, диаграммы Исикавы), отображающих множество причин проблемы и выбор наиболее логичной, корневой (главной) из этого множества. Следует обеспечить систематический и полный сбор данных во всех корневых точках процесса. Используя мозговую атаку, постарайтесь рассмотреть (определить) как можно больше потенциальных причин. Затем определите наиболее логичные причины для использования их в

дальнейшей работе. Этот этап предусматривает постепенный сбор и анализ данных с помощью иллюстративных методов, например, в виде графиков, диаграмм Парето, контрольных карт, позволяющих идентифицировать имеющиеся место тренды, или, с помощью диаграмм разброса, проиллюстрировать имеющиеся взаимозависимости.

#### 3.9.4. ИДЕНТИФИКАЦИЯ (ГЕНЕРИРОВАНИЕ) ВОЗМОЖНЫХ РЕШЕНИЙ ПРОБЛЕМЫ И ВЫБОР ЛУЧШЕГО ВАРИАНТА

Исследуйте альтернативные варианты и предложите решения, которые устранят первопричины проблемы и предотвратят их повторное возникновение.

Используйте информацию и данные, накопленные на предыдущих этапах, и, с применением мозговой атаки, составьте обширный список возможных решений проблемы. Оцените эти решения, а затем выберите одно из них с наибольшими шансами на успех и самое подходящее для разрешения проблемы.

#### 3.9.5. ПЛАНИРОВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ

Этот этап нацелен на разработку проекта осуществления выбранного варианта решения проблемы и на тщательное планирование действий по внедрению предложенного усовершенствования (решения) в малом масштабе, с учетом возможных последствий.

На этом этапе важно [8, 63]:

- установить связь со всеми владельцами информации, относящейся к предлагаемому решению;
- сформулировать ясные планы действий;
- спроектировать процедуры (методики) проведения работ;
- идентифицировать потенциальные барьеры (препятствия);
- предусмотреть все необходимые ресурсы, в том числе, методы и средства мониторинга и измерения в процессе осуществления запланированных действий;
- идентифицировать потребности в обучении и тренинге персонала.

Рассмотренные выше пять этапов МРП представляют собой первую фазу Plan цикла улучшения PDCA Деминга, рассмотренного выше в п. В.2.3 Введения.



### 3.9.6. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЗАПЛАНИРОВАННОГО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ (РЕШЕНИЯ) В МАЛОМ МАСШТАБЕ

После тщательного планирования и всесторонней подготовки следует осуществить запланированное решение (усовершенствование) первоначально в небольшом масштабе. Если есть необходимость и возможность, при этом надо осуществлять мониторинг и измерение характеристик и показателей качества процесса.

Этот этап МРП совпадает со второй фазой Do цикла улучшения PDCA Деминга.

### 3.9.7. ОЦЕНКА И ПРОВЕРКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ

Этот этап выполняют, чтобы увидеть – разрешило ли осуществленное усовершенствование (решение) рассматриваемую проблему полностью или только частично. В том числе проверяют, выполнены ли требования и ожидания потребителя.

В случае, когда требования потребителей еще не выполнены, то возможно, что:

- предложенное усовершенствование (решение) является неправильным;
- проблема была неверно определена;
- были рассмотрены ошибочные причины.

Седьмой этап МРП эквивалентен третьей фазе Check цикла улучшения PDCA Деминга.

Если запланированное улучшение достигнуто не в полной мере, то следует вернуться к первому этапу рассматриваемой методологии решения проблемы, произвести уточнение постановки проблемы и ее причин, запланировать новый вариант усовершенствования (проект решения), осуществить его в малом масштабе, оценить эффективность этого проекта по улучшению.

После получения убедительных свидетельств того, что проблема разрешена – надо перейти к следующему этапу.

### 3.9.8. СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПОЛНОМАСШТАБНОЕ ВНЕДРЕНИЕ ДОСТИГНУТОГО УЛУЧШЕНИЯ

Этот этап заключается в документировании требований к порядку выполнения процесса в стандартной процедуре (например, в виде СТП – стандарта предприятия) и полномасштабное введение в действие этой процедуры. Кроме того, необходимо удостовериться, что все вовле-

ченные в процесс работники понимают и исполняют требования к выполнению процесса установленным образом.

Восьмой этап МРП идентичен четвертой фазе Аст цикла улучшения PDCA Деминга.

Цель этого этапа – включить новый процесс в повседневную работу. Это также будет являться превентивной мерой против возвращения к старым приемам (навыкам) работы. На этом этапе надо принять во внимание следующие аспекты:

- обеспечьте и удостоверьтесь в том, что введенные в действие процедуры действительно стали частью повседневной работы;
- убедитесь, что все процедуры известны и понятны каждому;
- предоставьте информацию, собранную при оценке, тем, кто ответственен за процесс;
- каждое видоизменение процесса должно документироваться в новой документированной процедуре (если это целесообразно);
- насколько возможно чаще и полнее получайте информацию и поддерживайте связь с работниками, выполняющими измерения и контроль достигнутых результатов;
- предоставляйте возможность и приветствуйте участие операторов в процессах документирования процедур.

После полномасштабного внедрения разработанного межфункциональной командой решения проблемы, улучшенный процесс должен выполняться в соответствии с документированной процедурой, изложенной, например, в стандарте предприятия или в рабочей инструкции. При этом следует руководствоваться рекомендациями цикла обеспечения качества SDCA Деминга [1, 8], рассмотренными в п. В.2.4. Введения.

\*\*\*

Прежде чем команда по улучшению качества будет распущена, функционирование этой команды должно быть оценено ее членами, чтобы сохранить накопленный опыт. Кроме того, команда должна обсудить и рассмотреть возможность использования выработанного решения проблемы в других подразделениях организации.

Обращаем ваше внимание на следующее. Только что рассмотренная методология решения проблем является наиболее общим инструментом, который может быть использован как при коллективной работе в рамках межфункциональных команд по улучшению качества и кружков качества, так и в процессе индивидуальной работы каждого специалиста. Эта методология может быть полезна при разрешении проблем, которые возникают и рассматриваются в рамках всех мето-

дов, комплексных инструментов и методологий улучшения качества, обсужденных в первой, второй и третьей главах данного учебного пособия.

### **3.10. ОТВЕТ НА ЗАДАНИЕ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**

#### **Ответ на задание № 3.1.**

Список возможных форм отказов будильника с описанием критичности последствий приведен ниже [4, 10, 63]:

- 1) будильник срабатывает слишком рано (вы проснетесь раньше, но это не очень критично);
- 2) будильник срабатывает слишком поздно (вы окажетесь в неловком положении и/или можете опоздать на заранее назначенную встречу);
- 3) будильник вообще не срабатывает (последствия могут быть критическими, так как вы пропустите назначенную встречу).

Третья форма отказа является наиболее критической. Вторая форма отказа может иметь столь же критические последствия. Первая форма отказа имеет наименее серьезные последствия – вы не выспитесь, но встреча состоится.

Для предотвращения критических последствий второй и третьей форм отказов будильника можно предпринять следующее [4, 63]. Если вы чувствуете, что последствия неявки на заранее назначенную встречу будут очень серьезными, Вам стоит использовать метод дублирования, а именно:

- поставить второй будильник в дополнение к обычно используемому;
- или попросить дежурную по гостинице позвонить по телефону и разбудить вас в назначенное время.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. Всеобщее управление качеством : учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин / под ред. О.П. Глудкина. – М. : Радио и связь, 1999. – 600 с.
2. Гличев, А.В. Основы управления качеством продукции / А.В. Гличев. – М. : РИА «Стандарты и качество», 2001. – 424 с.
3. ГОСТ Р ИСО 19011–2003. Национальный стандарт РФ. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента качества и/или систем экологического менеджмента.
4. Фокс, М.Дж. Введение в обеспечение качества: Модуль RRC № 415а / М.Дж. Фокс ; пер. с англ. ; под общ. ред. проф. В.Н. Азарова. – М. : Фонд «Европейский центр по качеству», 1999. – 118 с.
5. Формирование системы менеджмента качества образовательных услуг университета / С.В. Мищенко, С.В. Пономарев, Н.П. Пучков, Ю.Х. Ахохов, С.В. Григорьева, Э.В. Злобин, В.А. Самородов, А.В. Трофимов, М.М. Фокин, В.А. Самодуров, С.И. Марков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2002. – Т. 8, № 4. – Препринт. – 80 с.
6. Окрепилов, В.В. Всеобщее управление качеством : учебник / В.В. Окрепилов. – СПб. : Изд-во СПб университета экономики и финансов, 1996. – Кн. 1. – 454 с.
7. Мигачев, Б.С. Сертификация продукции / Б.С. Мигачев. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 121 с.
8. Rampersad, H.K. Total Quality Management: An Executive Guide to Continuous Improvement. – Berlin-Heidelberg: Springer – Verlag, 2001. – 190 p.
9. Управление качеством. Т. 1: Основы обеспечения качества / под общ. ред. В.Н. Азарова. – М. : МГИЭМ, 1999. – 326 с.
10. Управление качеством. Т. 2: Принципы и методы всеобщего руководства качеством / под общ. ред. В.Н. Азарова. – М. : МГИЭМ, 2000. – 356 с.
11. Лapidус, В.А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / В.А. Лapidус. – М. : ОАО «Типография «Новости», 2000. – 432 с.
12. Пономарев, С.В. Управление качеством продукции: Введение в системы менеджмента качества / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин. – М. : Стандарты и качество, 2004. – 248 с.
13. Crosby, Ph.B. Quality is Free / Ph.B. Crosby. – New-York : McGraw-Hill, 1984.

14. Slack, N. Operations Management / N. Slack. – London : Pitman Publishing, 1995.

15. Shewhart, W.A. Economic Control of the Quality of Manufactured Product / W.A. Shewhart. – New Jersey : Van Nostrand Company, 1931. (Re-published by ASQC in 1980).

16. Горленко, О.А. Создание систем менеджмента качества в организации : монография / О.А. Горленко, В.В. Мирошников. – М. : Машиностроение-1, 2002. – 126 с.

17. ГОСТ Р ИСО 9000–2001. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 30 с.

18. ГОСТ Р ИСО 9001–2001. Системы менеджмента качества. Требования. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 26 с.

19. ГОСТ Р ИСО 9004–2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 52 с.

20. BS6143. Руководство по экономике качества. Ч. 2 : Модель предупреждения, оценки и отказов (1990). – М. : НТК «Трек», 2001. – 24 с.

21. Фокс, М.Дж. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Модуль RRC 416а / М.Дж. Фокс ; пер. с англ. ; под общ. ред. проф. В.Н. Азарова. – М. : Фонд «Европейский центр по качеству», 1999. – 105 с.

22. BS6143. Руководство по экономике качества. Ч. 1 : Модель затрат процесса (1992). – М. : НТК «Трек», 2001. – 26 с.

23. Системы качества. Международные стандарты ИСО серии 9000. В 3 т. – М., 1997. – Т. 1. – 186 с.; Т. 2. – 184 с.; Т. 3. – 116 с.

24. Фокс, М.Дж. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Модуль RRC 416 б / М.Дж. Фокс ; пер. с англ. ; под общ. ред. проф. В.Н. Азарова. – М. : Фонд «Европейский центр по качеству», 1999. – 131 с.

25. Настольная книга внутреннего аудитора / М.З. Свиткин, К.М. Рахлин, В.Д. Мацута, О.Д. Дымкина. – СПб. : Изд-во СПб карт-фабрика ВСЕГЕИ, 1999. – 66 с.

26. ИСО 9004-1:94. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Ч. 1: Руководящие указания // Системы качества. Международные стандарты ИСО серии 9000. – М., 1997. – Т. 1. – С. 1-8-1 – 1-8-36.

27. Управление качеством / С.Д. Ильенкова, Н.Д. Ильенкова, В.С. Мхитарян и др. – М. : Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 199 с.

28. Кассандрова, О.Н. Обработка результатов измерений / О.Н. Кассандрова, В.В. Лебедева. – М. : Наука, 1970. – 104 с.

29. Теория статистики / под ред. Р.А. Шмойловой. – М. : Финансы и статистика, 1998. – 576 с.

30. Шиндовский, Э. Статистические методы управления качеством: Контрольные карты и планы контроля / Э. Шиндовский, О. Шюрц. – М. : Мир, 1976. – 597 с.

31. ГОСТ Р 50779.10–2000 (ИСО 3534.1–93). Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.

32. ГОСТ Р 50779.11–2000 (ИСО 3534.2–93). Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения.

33. ГОСТ Р 50779.30–95. Статистические методы. Общие требования.

34. ГОСТ Р 50779.44–2001. Статистические методы. Показатели возможностей процессов. Основные методы расчета.

35. Р 50.1.018–98. Обеспечение стабильности технологических процессов в системах качества по моделям ИСО серии 9000. Контрольные карты Шухарта.

36. ГОСТ Р 50779.40–96 (ИСО 7870–93). Контрольные карты. Общее руководство и введение.

37. ГОСТ Р 50779.42–99 (ИСО 8258–91). Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.

38. Свиткин, М.З. Менеджмент качества и обеспечение качества продукции на основе международных стандартов ИСО / М.З. Свиткин, В.Д. Мацута, К.М. Рахлин. – СПб. : Изд-во СПб картфабрика ВСЕГЕИ, 1999. – 403 с.

39. Фокс, М.Дж. Введение в обеспечение качества: Модуль RRC № 415d / М.Дж. Фокс ; пер. с англ. ; под общ. ред. В.Н. Азарова. – М. : Фонд «Европейский центр по качеству», 1999. – 108 с.

40. Ловцы потерь: Карманный справочник по качеству и производительности ; пер. с англ. / Lawrence Hognor, Curtis King. – Н. Новгород : СМЦ «Приоритет», 1998. – 108 с.

41. Фокс, М.Дж. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Модуль RRC 416 с. / М.Дж. Фокс ; пер. с англ. ; под общ. ред. проф. В.Н. Азарова. – М. : Фонд «Европейский центр по качеству», 1999. – 142 с.

42. Адлер, Ю.П. Управление качеством : учебное пособие. Ч. 1 : Семь простых методов / Ю.П. Адлер, Т.М. Полховская, П.А. Нестеренко. – М. : Стандарты и качество, 2001. – 170 с.

43. ИСО 9004-4:93. Административное управление качеством и элементы системы качества. Ч. 4: Руководящие указания по улучше-

нию качества // Системы качества. Международные стандарты ИСО серии 9000 : В 3 т. – М., 1997. – Т. 2. – С. 2-3-1 – 2-3-35.

44. Davis Balestracci. Data «Sanity»: Statistical Thinking Applied to Everyday Data // <http://deming.ces.clemson.edu/pub/den/data-sanity.pdf>.

45. Статистические методы повышения качества / под ред. Хитоси Кумэ ; пер. с англ. и дополнение Ю.П. Адлера, Л.А. Конаревой. – М. : Финансы и статистика, 1990. – 304 с.

46. Rampersad, H.K. Integrated and Simultaneous Design for Robotic Assembly / H.K. Rampersad. – New-York : John Wiley & Sons, 1994.

47. Hauser, J.R. The House of Quality / J.R. Hauser, D. Clausing // Harvard Business Review. Boston, 1988. – Vol. 66, № 3.

48. Roozenburg, N.F.M. Product Design, Structures and Methods / N.F.M. Roozenburg, J. Eekels. – New York : John Wiley&Sons, 1995.

49. Camp, R.C. Benchmarking: Searching for the Best Working Methods That Will Lead to Superior Performances / R.C. Camp. – Deventer : Kluwer Business Information, 1992.

50. Rampersad, H.K. Strategic Management: a Visionary Approach / H.K. Rampersad. – Deventer : Kluwer Bedrijfsinformatie, 1997.

51. Prius, S.J. Search, report, compare & improve: An orientation study for the purpose, possibilities and use of benchmarks in the performance measuring system / S.J. Prius. – Rotterdam : Moret Funds Foundation, 1997.

52. Rampersad H.K. Application of Design Process FMEA in Production of Steppers / H.K. Rampersad. – Veldhoven : ASM Lithography, 1996.

53. The Six Sigma Memory Jogger II. Карманный справочник по инструментам и методам для команд совершенствования Шести Сигм. – Киев : Украинская ассоциация качества, 2003. – 276 с.

54. Андерсен, Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / Б. Андерсен. – М. : РИА «Стандарты и качество», 2004. – 272 с.

55. ГОСТ Р 40.003–2008. Порядок сертификации систем менеджмента качества на соответствие ГОСТ Р ИСО 9001–2008 (ИСО 9001:2008). – М. : Издательство стандартов, 2008. – 61 с;

56. Рамперсад, Х.К. Универсальная система показателей деятельности / Х.К. Рамперсад. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2004. – 352 с.

57. ГОСТ Р 51814.2–2001. Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2001. – 17 с.

58. Экспертные оценки затрат на качество на предприятиях Тамбовской области / С.В. Мищенко, С.В. Пономарев, Б.И. Герасимов, О.С. Пономарева // Стандарты и качество. – 2001. – № 7–8. – С. 79 – 81.

59. Корректирующие мероприятия. Практическое применение 8d (eight discipline) методологии на предприятиях автомобильной промышленности. URL: <http://quality.eup.ru/MATERIALY15/corr8d.htm> (Дата обращения 8.10.2012).

60. Пономарев, С.В. Осуществление процессов коррекции, корректирующих и предупреждающих действий в СМК. Методические рекомендации / С.В. Пономарев // Методы менеджмента качества. – 2011. – № 8. – С. 16 – 23.

61. Рамперсад, Х.К. Преодоление сопротивления изменениям со стороны персонала при создании СМК в организации / Х.К. Рамперсад, С.В. Пономарев // Методы менеджмента качества. – 2003. – № 12. – С. 31 – 35.

62. Применение FMEA-анализа для улучшения процесса градуировки электронных весов / Е.И. Солодков, С.В. Пономарев, А.Н. Жмаев, С.В. Миронов, А.А. Бушков // Методы менеджмента качества. – 2004. – № 8. – С. 47 – 49.

63. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества : учебное пособие / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин, В.А. Самородов, Б.И. Герасимов, А.В. Трофимов, С.А. Пахомова, О.С. Пономарева. – М. : РИА «Стандарты и качество». – 2005. – 248 с., ил.

64. ГОСТ Р ИСО 9000–2008. Системы менеджмента качества. Термины и определения – М. : Издательство стандартов, 2008. – 54 с.

65. ГОСТ Р ИСО 9001–2008. Системы менеджмента качества. Требования. – М. : Издательство стандартов, 2008. – 26 с.

66. ГОСТ Р ИСО 9004–2010. Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества. – М. : Издательство стандартов, 2011. – 46 с.

67. Михайлова, М.Р. Диаграмма Парето: новые возможности / М.Р. Михайлова, Н.С. Поздеева // Методы менеджмента качества. – 2002. – № 9. – С. 36 – 39.

68. Мищенко, Е.С. Проектирование, формирование, внедрение и практическое использование системы менеджмента качества в образовательной организации / Е.С. Мищенко, С.В. Пономарев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та. – 2009. – 96 с.

69. Виханский, О.С. Стратегическое управление / О.С. Виханский. – М. : ЭКОНОМИСТЪ, 2003. – 296 с.

70. Пономарев, С.В. Теоретические и практические основы теплофизических измерений: монография / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, А.Г. Дивин и др. ; под ред. С.В. Пономарева. – М. : Физматлит, 2008. – 408 с.



71. Шашков, А.Г. и др. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А.Г. Шашков и др. – М. : Энергия, 1973. – 336 с.

72. Лыков, А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М. : Высшая школа, 1967. – 600 с.

73. Мицель, А.А. Методы оптимизации : учебное пособие / А.А. Мицель, А.А. Шелестов. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2004. – 256 с. (<http://www.twirpx.com/file/877852/>)

74. Интрилигатор, М. Математические методы оптимизации и экономическая теория / М. Интрилигатор. – М. : Айрис-Пресс, 2002. – 553 с.

75. Статистические методы в инженерных исследованиях (лабораторный практикум) : учебное пособие / В.П. Бородюк, А.П. Вошинин, А.З. Иванов и др. ; под ред. Г.К. Круга. – М. : Высш. школа, 1983. – 216 с.

76. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 282 с.

77. Мищенко, Е.С. Разработка, формирование и практическое применение механизма управления стратегическими и среднесрочными затратами в рамках системы менеджмента качества учреждения высшего профессионального образования / Е.С. Мищенко, Т.Н. Кулюкина, С.В. Пономарев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 01(27). – Препринт. – 52 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

---

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	3
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
В.1. Отличие процесса постоянного улучшения от корректирующих и предупреждающих действий .....	6
В.2. Процесс постоянного улучшения и его связь с другими процессами СМК .....	9
В.3. Основные стадии выполнения очередной итерации процесса постоянного улучшения .....	12
<b>Глава 1. ОСНОВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ, АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ</b> .....	20
1.1. Контрольный листок .....	20
1.2. Гистограмма .....	24
1.3. Метод стратификации (группировки, расслаивания) статистических данных .....	37
1.4. Причинно-следственная диаграмма Исикавы .....	42
1.5. Диаграмма Парето .....	51
1.6. Диаграмма разброса (рассеивания) .....	58
1.7. Контрольные карты процессов и временные ряды .....	61
<b>Глава 2. НОВЫЕ МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ, РАБОТАЮЩИЕ С ВЕРБАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИЕЙ</b> .....	78
2.1. «Мозговая атака» (штурм, осада) и «атака разнесом» .....	79
2.2. Анализ поля сил, действующих «За» и «Против» выполняемого проекта улучшения .....	82
2.3. Диаграмма средства .....	86
2.4. Диаграмма связей .....	89
2.5. Древовидная диаграмма .....	92
2.6. Матричная диаграмма (таблица качества) .....	94
2.7. Стрелочная диаграмма .....	98
2.8. Поточная диаграмма (Flow chart) .....	100
2.9. Диаграмма процесса осуществления программы .....	103
2.10. Матрица приоритетов .....	105

<b>Глава 3. КОМПЛЕКСНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОДОЛОГИИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА</b> .....	106
3.1. Коллективная работа в командах – важнейший инструмент осуществления проекта прорыва и/или постепенного улучшения качества .....	106
3.2. Методология SWOT-анализа .....	115
3.3. Анализ форм и последствий отказов (FMEA-методология) .....	134
3.4. Развертывание функции качества (QFD-методология) .....	146
3.5. Реинжиниринг – методология радикального улучшения ...	161
3.6. Бенчмаркинг – методология реперных точек .....	174
3.7. Применение методов математического моделирования и оптимизации для определения режимных параметров процессов и конструкционных размеров аппаратов и устройств, обеспечивающих производство продукции высокого качества .....	181
3.8. Управление качеством с применением методов планирования и организации эксперимента при поиске оптимальных режимных параметров химического процесса .....	193
3.9. Методология решения проблем .....	197
3.10. Ответ на задание к самостоятельной работе .....	203
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	204

Учебное издание

ПОНОМАРЕВ Сергей Васильевич,  
СОСЕДОВ Геннадий Анатольевич,  
МИЩЕНКО Елена Сергеевна,  
ПАНОРЯДОВ Виктор Михайлович,  
ГРЕБЕННИКОВА Наталия Михайловна,  
ДИВИН Александр Георгиевич,  
ДИВИНА Дарья Александровна,  
ЖИЛКИН Владимир Михайлович,  
СЕНКЕВИЧ Алексей Юрьевич,  
ШИШКИНА Галина Викторовна

## **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССОВ И ПРОДУКЦИИ**

**К н и г а 2**

**ИНСТРУМЕНТЫ И МЕТОДЫ МЕНЕДЖМЕНТА  
КАЧЕСТВА ПРОЦЕССОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ,  
КОММЕРЧЕСКОЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СФЕРАХ**

Учебное пособие

Редактор **Е.С. Мордасова**  
Инженер по компьютерному макетированию **М.Н. Рыжкова**

Подписано в печать 23.10.2012  
Формат 60 × 84/16. 12,32 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 545

Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
392000, Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14