

ГЛАВА 5

Комплексные инструменты и методологии улучшения качества

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

- коллективная работа в командах;
- анализ видов и последствий режимов отказа (FMEA-методология);
- развертывание функции качества (QFD-методология);
- методология реинжиниринга;
- методология бенчмаркинга;
- методология «Шесть сигм»;
- методология (методы, подходы) Гэнити Тагути;
- методология самооценки;
- методология решения проблем.

В заключительном параграфе данной главы приведены рекомендации по использованию рассмотренных в данном учебном пособии методов, инструментов и методологий.

Эти методологии и инструменты позволяют [46—54] результативно и эффективно осуществлять так называемые проекты прорыва, ведущие к радикальному переосмотру 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.

5.1. Коллективная работа в командах — важнейший инструмент осуществления проектов прорыва и/или постепенного улучшения качества

Деятельность в системе менеджмента качества (СМК), в том числе и деятельность по улучшению качества, основана на постоянном и устойчивом сотрудничестве между людьми, т. е. на эффективной коллективной работе в ко-

мандах [1, 8—12, 53, 54]. 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].

5.1.1. Кружки качества (японский стиль работы в командах)

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

- 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. Японцам свойственна высокая преданность той фирме, где они работают, и они любят ее демонстрировать. Допустим, фирма выделяет четыре недели отпуска и туристическую путевку. Ее работники две недели путешествуют, а уже на третьей неделе выходят на работу, демонстрируя таким образом преданность фирме.

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

В результате работы кружков качества выдвигается 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 (улучшений) кайдзэн (kaizen), проиллюстрированной на рис. 5.1, (тактику кайрё (kaigyō) мы рассмотрим в § 5.1.2).



Рис. 5.1. Тактика кайдзэн и кайрё [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 повышении 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 TQM.

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

5.1.2. Межфункциональные команды по улучшению качества (западноевропейский и американский стиль работы)

Почему в Западной Европе и Америке появился другой стиль работы?

Если в Японии высок дух коллективизма, то на Западе, наоборот, 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 привыкли работать на себя, а не на фирму, так как для них ценнее их личные успехи, чем успехи коллектива. Межфункциональные команды по улучшению качества [4, 12]:

- а) создаются 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, команде определяют, какой проблемой необходимо заниматься);
- б) формируются из специалистов разных отделов, обладающих 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) как правило, распускаются после решения проблемы (японский кружок качества работает на протяжении десятилетий, а рассматриваемые команды обычно работают до одного—трех лет в зависимости от сложности проблемы).

Если люди из разных отделов поработали в одной команде и им удалось успешно разрешить поставленную проблему, можно быть уверенным, что между ними сложились дружественные отношения, которые сохранятся, если даже они не будут работать в одной команде. Более того, такие отношения будут способствовать уменьшению (разрушению) барьеров между подразделениями, чего не может произойти при японском стиле работы (в японском кружке качества работают члены одной бригады, которые мало контактируют с другими бригадами).

Ключевыми факторами для успеха работы в межфункциональной команде по улучшению качества можно считать следующие [4]:

- подбор команды и назначение лидера (успех будет зависеть от того, насколько правильно выбрали команду и кто будет ею руководить);
- 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 кайрё. Этот стиль (см. рис. 5.1) 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 кайрё характеризуется следующими результатами [1]:

- не требуется больших усилий людей, но необходимы значительные инвестиции;
- только несколько специалистов вовлечены в систему улучшения;

- используют лишь ограниченное количество технологий;
- подход ориентирован на решение 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 его особенности.

* * *

В книге Б. Андерсена [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.

5.1.3. 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 привержены 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 (обычно не более 12 и не менее 4 человек).

Команда должна иметь такую структуру и состав, которые обеспечат сбалансированное разнообразие вовлеченных в команду личностей из различных отраслей знаний с различными персональными качествами, обладающих следующими умениями межличностного общения [8, 56]:

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

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

- наибольшую 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 деятельности за счет снижения сроков выполнения работ и рационального использования ресурсов.

Характерные признаки эффективной деятельности межфункциональной команды по улучшению качества [8]:

- совместное обсуждение, принятие решений и выполнение работы;
- демократический подход к подготовке и выработке решений;
- отсутствие личных конфликтов;
- интересы команды и интересы каждого члена команды взаимодополняют друг друга;
- цели команды тесно увязаны с целями организации;
- каждый знает, к чему надо стремиться;
- руководитель тренирует и направляет членов своей команды, поощряя открытые дискуссии;
- руководитель обеспечивает оптимальное использование мастерства, умений и навыков каждого члена команды;
- плодотворное сотрудничество, что обеспечивает успешный выход (прорыв) из безысходных положений;
- наличие прочной основы для взаимного доверия;
- поддерживаемая дружественная атмосфера;
- отсутствие барьеров, обусловленных различным статусом членов команды;
- люди учатся на ошибках;
- все члены команды активно участвуют в работе;
- члены команды берут инициативу на себя и вносят предложения, направленные на достижение улучшений;

- новые члены команды доброжелательно принимаются и опекаются с самого начала работы;
- альтернативные решения и мнения открыты для обсуждения, что также способствует улучшениям;
- случаи недовольства обсуждаются;
- если необходимо, члены команды поправляют друг друга;
- члены команды готовы идти на уступки ради общего результата работы;
- команда сама организует и корректирует свою работу;
- члены команды осознают свою вовлеченность и полномочия;
- деятельность команды непрерывно оценивается;
- постоянно используются методологии, инструменты и методы улучшения качества, точно так же, 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 следует ограничить одним или полутора часами;
- заседания следует проводить один раз в неделю, в одно и то же время и в одном и том же помещении (особенно на начальных этапах работы);
- работу команды рекомендуется осуществлять в рабочее время и только при стопроцентной 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 одобрить, но и реально следовать решениям и рекомендациям, выработанным командой, при условии, что эти решения соответствуют имеющимся финансовым возможностям [54].

Советуем вам более подробно познакомиться с рекомендациями [8, 54, 56, 60] по искусству межличностного общения и организации работы межфункциональных команд по улучшению качества.

5.1.4. Организация работ межфункциональных команд по улучшению качества и кружков качества в рамках СМК

Один из возможных вариантов взаимодействия межфункциональных команд по улучшению качества как с высшим руководством, так и с кружками качества в функциональных подразделениях организации приведен на рис. 5.2.

Высшее руководство организации на основе анализа положения дел в СМК определяет перечень процессов, которые должны быть усовершенствованы



Рис. 5.2. Вариант организации коллективной работы по улучшению качества СМК.

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 А, ..., D.

Для улучшения качества каждого из процессов А, ..., D определяется перечень проектов, выполнение которых необходимо для достижения поставленных высшим руководством целей. Допустим, что для улучшения процесса А оказалось необходимо выполнение двух проектов А₁ и А₂, а для улучшения процесса D — выполнение трех проектов D₁, D₂, D₃. Тогда для выполнения каждого такого проекта в организации создают соответствующее количество межфункциональных команд (МК) по улучшению качества, которые на рис. 5.2 изображены прямоугольниками с обозначениями МК А1, МК А2, ..., МК D1, ..., МК D3.

Межфункциональные команды по улучшению качества в своей работе могут и должны взаимодействовать с кружками качества (КК) в функциональных подразделениях организации, занимающихся осуществлением улучшаемого процесса (на рис. 5.2 изображены прямоугольниками с обозначениями КК А₁₁, КК А₁₂ ..., КК D₁₁ ..., КК D₃₃

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 этого параграфа отметим, что работа персонала в межфункциональных командах по улучшению качества и в кружках качества обеспечивает достижение многих целей и решение большого количества задач и при этом:

- служит важнейшим инструментом комплексного решения всевозможных проблем, в том числе проблем улучшения качества процессов и

выпускаемой продукции, 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 СМК в организации [60];
- 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.

5.2. 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 превентивных 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 стандартах ИСО 9000:2000 уделяется очень большое внимание 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?

5.2.1. Применение FMEA-методологии

FMEA-методологию применяют [8, 52, 57] для системной идентификации возможных отказов процессов и для предотвращения их последствий. В результате этой работы составляется 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]:

- *командная работа.* Реализация FMEA-методологии осуществляется силами специально подобранной межфункциональной команды специалистов;
- *иерархичность.* Для сложных технических объектов или процессов их изготовления анализу подвергают как объект или процесс в целом, так и их составляющие; отказы составляющих рассматривают 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 ответствен 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 часа и выбираться в зависимости от формулировки проблемы, знаний и опыта членов команды, степени их готовности к заседанию.

5.2.2. Этапы осуществления FMEA-методологии

Анализ форм и последствий отказов обычно предполагает осуществление трех крупных этапов работы [8].

1. Подготовка к работе FMEA-команды.

При подготовке к работе и в начале плановых заседаний руководитель FMEA-команды должен выполнить следующее [8]:

- 1.1. Сформировать межфункциональную и квалифицированную команду, состоящую из пяти—девяти специалистов.
- 1.2. 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.
- 1.3. Предоставить членам FMEA-команды необходимую информацию, которая должна быть ими заранее тщательно изучена.
- 1.4. Сообщить членам FMEA-команды сведения об основных этапах процесса, который будет исследоваться на предстоящем заседании.

2. Основная работа FMEA-команды.

Во время заседаний, на которых будут заполняться FMEA-формы, руководитель команды должен обеспечить выполнение следующего [8]:

- 2.1. Для каждого этапа исследуемого процесса надо определить возможные режимы отказов в работе. В результате этого удастся предугадать возможные отказы в протекании процесса и связь этих отказов с другими этапами процесса.
- 2.2. Кратко обозначить, что является причиной каждого режима отказа.
- 2.3. Определить и описать последствия (влияние) этих режимов отказов на управляемость процесса.
- 2.4. Количественно оценить слабые пункты (узкие места) процесса, определив следующие факторы [57]: значимость потенциального отказа (S), вероятность возникновения дефекта (O), вероятность обнаружения отказа (D). В табл. 5.1 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 ПЧР риска должна быть заранее установлена критическая граница (ПЧР_{кр}), например [57], в пределах от 100 до 125. Если какие-то

значения ПЧР превышают установленное значение ПЧР_{гр}, значит, именно для них следует вести доработку производственного процесса.

Кроме того, следует определить для каждого режима отказа те средства и действия, которые необходимы для преодоления слабых (узких) мест исследуемого процесса.

- 2.5. Поручить ответственному специалисту или группе специалистов заняться выработкой технических решений, которые позволят предотвратить последствия отказов для наиболее рискованных ситуаций.
- 2.6. Установить промежуток времени, через который должна производиться периодическая верификация (контроль, проверка, подтверждение) выработанного решения.

Таблица 5.1
Квалиметрические шкалы значимости потенциального отказа (S), вероятности возникновения дефекта (O), вероятности обнаружения дефекта (D)

Фактор S	Фактор O	Фактор D
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

3. Действия после завершения работы FMEA-команды,

После завершения работы FMEA-команды должно быть выполнено следующее [8]:

- 3.1. Составлен письменный отчет о результатах работы по выполненному анализу форм и последствий отказов. Этот отчет должен быть передан руководителям организации.
- 3.2. 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. 5.3.

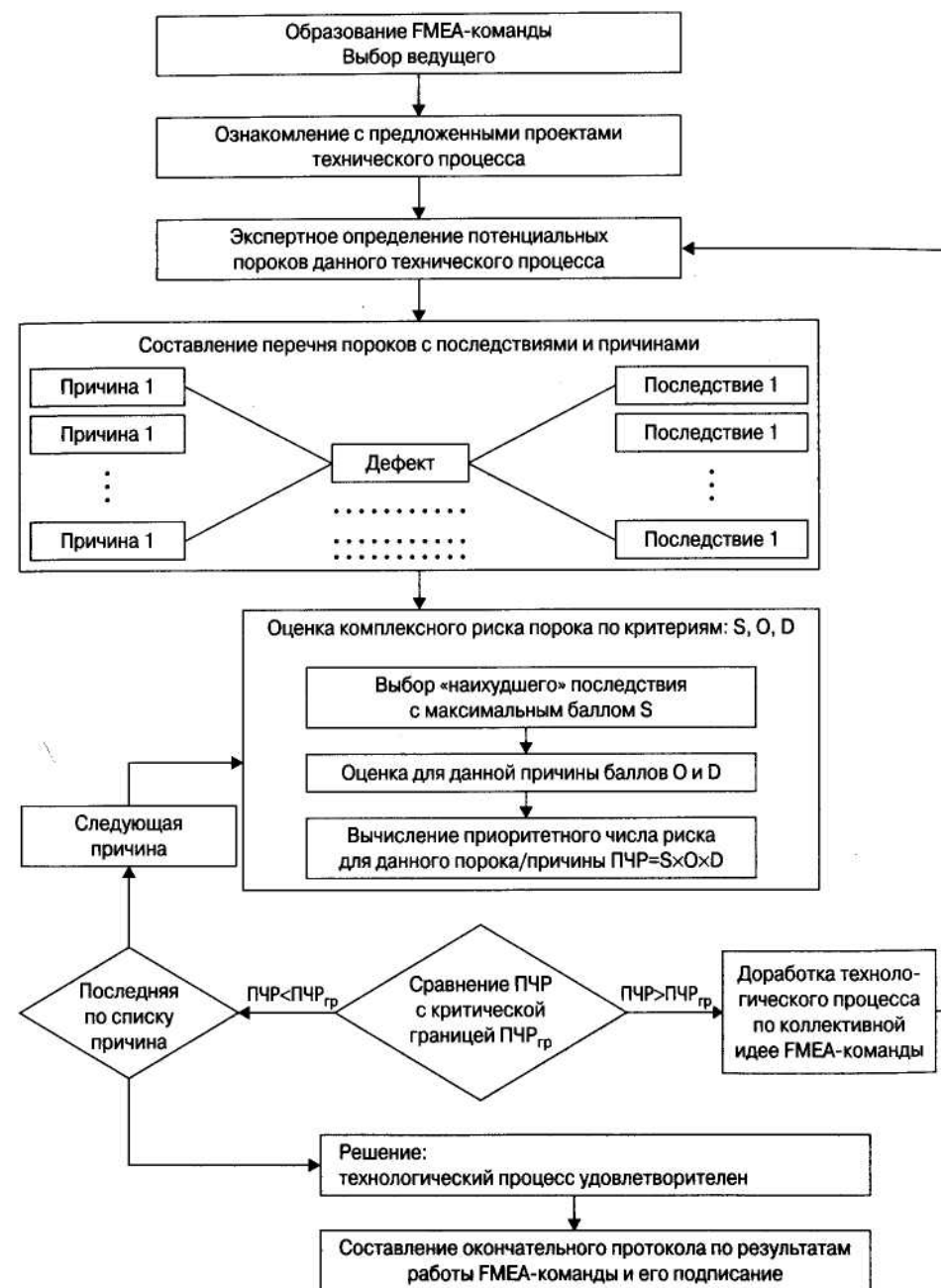


Рис. 5.3. Алгоритм работы FMEA-команды [57].

5.2.3. Пример практического применения FMEA-методологии*

Рассмотрим пример [61] 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. 5.4. Поясним его. 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

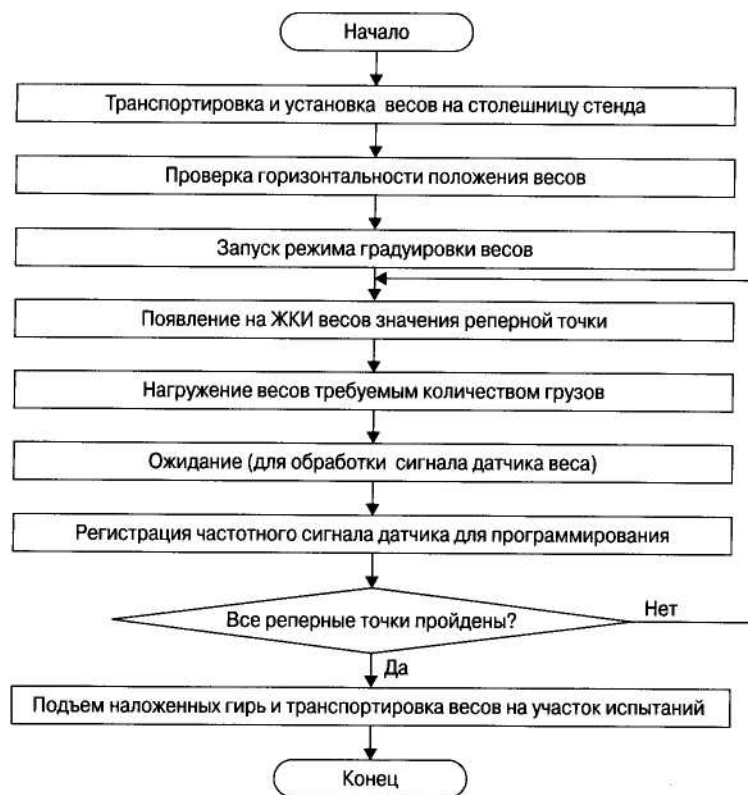


Рис. 5.4. Поточная диаграмма процесса градуировки электронных весов

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 гари на платформу весов. В результате нередки случаи, когда платформа весов бывает недогружена (из-за неполного опускания гири) или перегружена (вследствие воздействия гари, которая должна была бы быть опущена на платформу весов при нагружении в следующей реперной точке).

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 ПЧР возможных отказов.

Остановимся подробнее на количественной оценке факторов S, O и D. Оценка указанных факторов была произведена по квалитметрическим шкалам, представленным в табл. 5.1.

* В подготовке рассматриваемого примера принимали участие Миронов С. В. и Бушков А. А. — студенты магистратуры Тамбовского государственного технического университета.

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. 5.2, 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 факторов O — вероятности возникновения дефекта, D — вероятности обнаружения дефекта, а также вычисленные значения ПЧР возможных отказов приведены в табл. 5.2.

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;
- внедрить блок бесперебойного питания стенда, чтобы исключить возможный сбой в подаче электроэнергии.

После завершения работы FMEA-команды, результаты которой представлены в табл. 5.2, 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

Таблица 5.2
Результаты работы FMEA-команды [61]

Дата: 25.04.04			ОАО «ТВЕС». Сборочный цех. Изучаемый процесс: градуировка весов			Руководитель: директор по качеству и надежности продукции Жмаев А. Н. Члены FMEA-команды: инженер-конструктор Прокошев А. А., инженер-метролог Мартыненко С. Т., студенты-практиканты: Миронов С. В., Бушков А. А.						
Этап процесса	Проявление отказа	Причины отказов	Последствия отказов	S	O	D	ПЧР	Средства решения проблемы	Ответственный	Дата		
Транспортировка весов и установка весов на столешницу стенда	Тяжело доставлять весы. Опасность падения весов	Нет соответствующего транспортного средства	Повреждение или поломка весов	8	2	1	16	Внедрить роликовый конвейер	Технический директор Еремин В. И.	31.10.04		
				6	3	1	18	Доработать конструкцию столешницы	Прокошев А. А.	15.08.04		
Контроль горизонтальной установки весов по уровню	Погрешность градуировки из-за того, что весы не выверены по уровню	Положение столешницы не выверено по уровню Невыполнение рабочих инструкций персоналом	Возврат весов ОТК из-за несоответствия по метрологии	6	4	3	72	Провести дополнительное обучение, инструктаж персонала	Мартыненко С. Т.	30.06.04		
				9	2	3	54	Провести внеплановую калибровку гирь	Мартыненко С. Т.	31.05.04		
Нагружение платформы весов в реперных точках	Несоответствие веса нагружения реперной точке	Используются изношенные гири Нечеткий контроль процесса нагружения платформы весов	Возврат весов ОТК из-за несоответствия по метрологии	6	7	7	252	Разработать и внедрить АСКУ стендом для градуировки весов	Начальник бюро метрологии Платов П. В.	30.11.04		
				6	2	8	96	Внести изменения в конструкцию стенда	Прокошев А. А.	31.10.04		
	Выход из строя стенда	Перекос гребенок подвижного каркаса друг относительно друга Обрыв троса	Износ гирь за счет взаимного трения	10	1	1	10	Составить график более частого технического обслуживания, ввести контроль выполнения графика ППР	Мартыненко С. Т.	31.05.04		
				2	1	1	2					
				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	Платов П. В.	31.08.04		

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 АС-КиУ полнотой опускания гири на платформу весов.

5.2.4. Дополнительные сведения об использовании FMEA-методологии при проектировании продукции

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

Обращаем ваше внимание [10, 41], что в рамках FMEA-методологии используется термин «форма отказа», а не «механизм отказа». При использовании этой методологии не предполагается осуществление прямого анализа причин отказа, лишь прогнозирование результатов появления этого симптома (отказа), в частности, того, насколько серьезны (суровы) будут его последствия. По этой причине в некоторых зарубежных изданиях [10, 41] данный инструмент называют Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA), что обычно переводится как «Анализ форм, последствий и критичности отказов».

Поясним это на конкретном примере [10, 41]. Объектом исследования [10, 41] служит 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 грудную клетку. FMEA- и FMECA-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 FMECA-методологии входит выяснение последствий и критичности потенциальной опасности каждой из этих трех возможных форм отказа транзистора, 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 достаточное представление о содержании и порядке применения FMEA-методологии. При необходимости, вам следует внимательно изучить рекомендации стандарта [57] по осуществлению анализа форм и последствий отказов.

Задание № 5.1.

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?

5.3. Развертывание функции качества (QFD-методология)

5.3.1 Основные понятия и этапы применения QFD-методологии

Развертывание функции качества (Quality Function Deployment — QFD) — это методология [1, 8, 10] 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 которой [1, 8, 10, 41] пожелания (установленные и предполагаемые потребности) потребителей с помощью матриц (рис. 5.5) переводятся в подробно изложенные технические параметры (характеристики) продукции

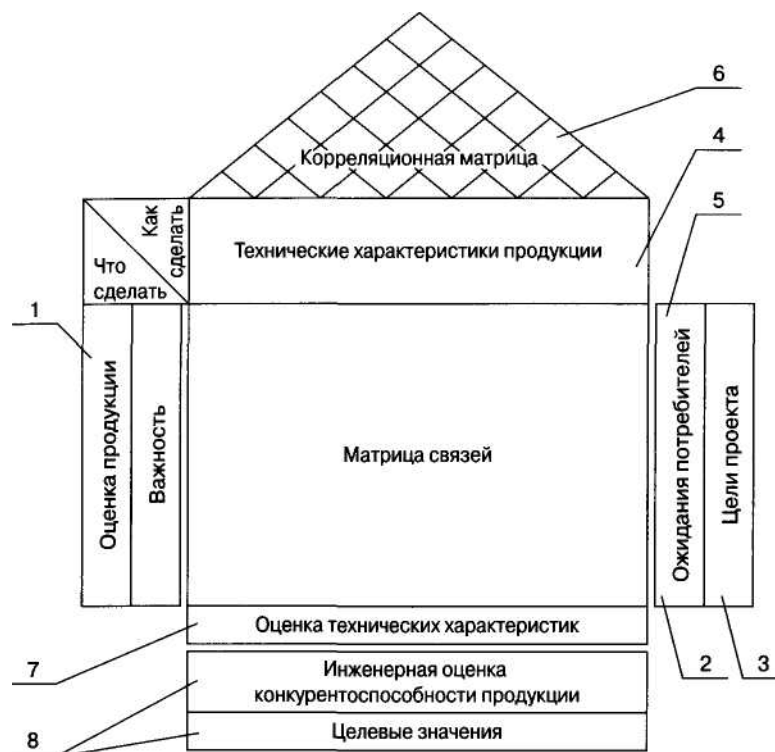


Рис. 5.5. Базовая структура QFD-диаграммы («дома качества») [1, 8, 14, 23, 24].

и цели ее проектирования. Представленную на рис. 5.5 структуру (состоящую из нескольких таблиц-матриц), используемую в рамках QFD-методологии, из-за ее формы называют «домом качества» (quality house).

Сначала важные (необходимые, критические) пожелания потребителей с помощью первого «дома качества» преобразовываются в детальные технические характеристики продукции, а затем (посредством трех последующих «домов качества», представленных на рис. 5.6) — в детальные технические требования сначала к характеристикам компонентов продукции, потом — к характеристикам процессов и, в конце концов, как к способам контроля и управления производством, так и к оборудованию для осуществления этого производства. Эти технические требования к производству (к способу контроля и управления, а также и к оборудованию) должны обеспечить достижение высокого качества продукции.

Первый «дом качества» (рис. 5.6) устанавливает связь [1, 8, 10, 41] между пожеланиями потребителей и техническими условиями, содержащими требования к характеристикам продукции. Для второго «дома качества» центром внимания является взаимосвязь [1, 8, 56] между характеристиками продукции и характеристиками компонентов (частей) этой продукции.

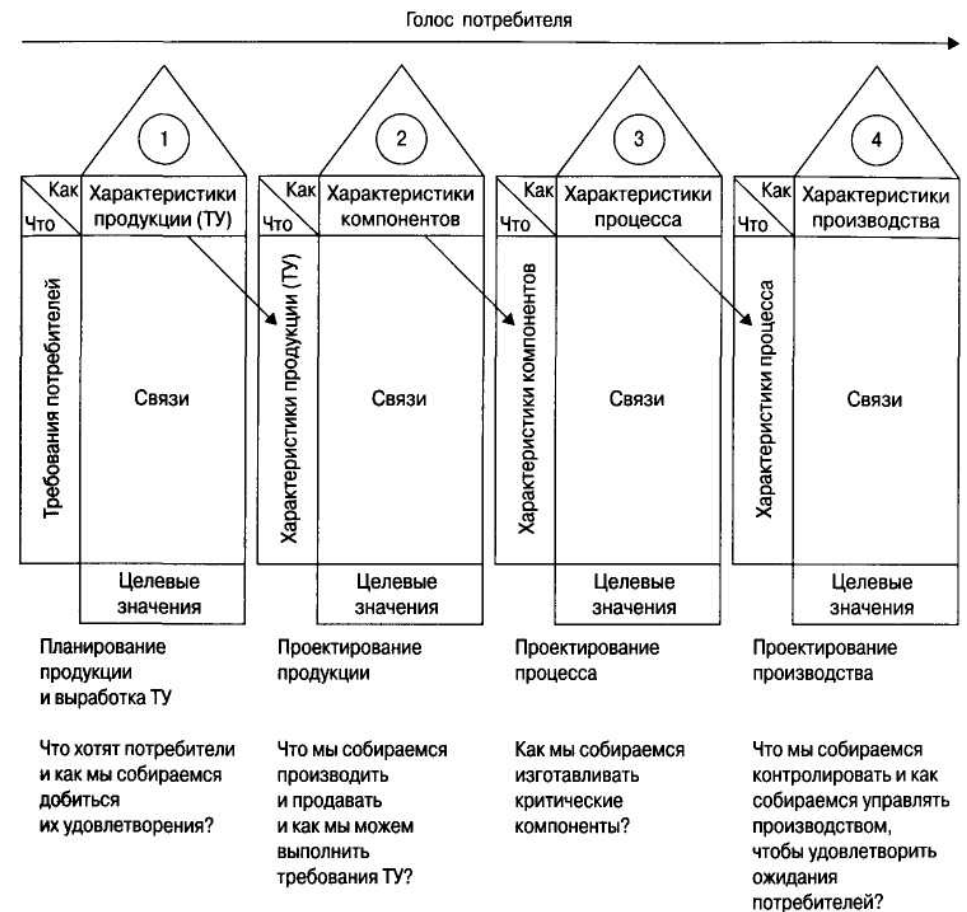


Рис. 5.6. Основные шаги последовательного применения QFD-методологии [1, 8].

Третий «дом качества» устанавливает связь [1, 8, 56] 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] 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.

5.3.2. Цели и задачи использования QFD-методологии

QFD-методология используется для обеспечения лучшего понимания ожиданий потребителей при проектировании, разработке и совершенствовании продукции, услуг и процессов с применением все большей и большей ориентации на установленные и предполагаемые потребности потребителей.

Цели и задачи QFD-методологии [1, 8, 56]:

- 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 и точно в срок» [8, 46].

5.3.3. Примерный порядок применения QFD-методологии

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

Главными вопросами при практическом применении QFD-методологии являются следующие [1, 8]:

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

При построении первого «дома качества» рекомендуется действовать следующим образом [1, 8]:

1. Определите конкретную группу потребителей, составьте реестр (список) установленных и предполагаемых потребностей (ожиданий) потребителей и определите (оцените) приоритетность этих ожиданий с использованием, например, весовых коэффициентов. Реестр ожиданий потребителей, касающийся свойств и характеристик продукции, может быть составлен на основании анализа письменных запросов, направленных

к имеющимся и потенциальным потребителям, путем проведения устных опросов и интервью, а также с применением «мозговой атаки», проведенной с участием специалистов по маркетингу, проектированию, производству и продажам рассматриваемой продукции. Важными источниками информации для оценки и отображения ожиданий потребителей могут быть также:

- посещение торговых демонстраций, ярмарок и выставок;
 - мнения опытного в вопросах продаж персонала;
 - регистрация запросов потребителей (заказчиков, покупателей, клиентов);
 - прямые контакты с потребителями, а также с представителями конкурирующих фирм;
 - результаты работ, выполненных в рамках бенчмаркинга.
2. Сравните характеристики (эксплуатационные качества) вашей продукции с показателями конкурирующей продукции. Оцените и выразите в виде чисел качество вашей продукции, а затем в письменном виде представьте ее сильные и слабые стороны (с точки зрения покупателей, заказчиков и клиентов).
 3. Идентифицируйте и количественно определите цели и задачи планируемых улучшений. В письменном виде представьте, какие свойства продукции, входящие в реестр ожиданий потребителей, должны быть улучшены по сравнению с конкурирующей продукцией, и отобразите эти цели и задачи в виде документа.
 4. Переведите ожидания потребителей на язык поддающихся количественному определению технических параметров и характеристик (технических условий) продукции. Установите, точно определите и ясно сформулируйте, как ожидания потребителей могут быть использованы для достижения вами преимуществ в конкурентной борьбе. Примерами таких технических параметров и характеристик могут служить:
 - геометрический размер;
 - вес (масса) изделия;
 - потребление энергии;
 - количество частей (деталей, узлов);
 - вместимость, емкость, объем технологического аппарата;
 - пределы измерения (прибора);
 - допустимая погрешность изготовления детали (допуск) и т. п.
 5. Исследуйте взаимозависимость между ожиданиями потребителей и параметрами (характеристиками) технических условий на продукцию. Отметьте в матрице связей, насколько сильно технические параметры и характеристики (технические условия) продукции влияют на уровень удовлетворения потребностей и ожиданий потребителей.

Рис. 5.7. «Дом качества», разработанный при планировании улучшения качества эмали ПФ-115 белого цвета (этап выработки технических условий);

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

Например (см. рис. 5.7), ожидание «блеск» получило оценку в виде весового коэффициента 4, так как оно является ценным, а ожидание «малый расход» — оценку 5, так как оно имеет большую ценность.

5.3.4.2. 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» на рис. 5.7). 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.

5.3.4.3. 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 (см. рис. 5.7) следует установить целевые значения (в цифровом виде) для каждого ожидания потребителей (характеристики, свойства) продукции. При этом еще раз используется пятибалльная шкала.

Для тех ожиданий (характеристик) продукции, которые не требуют улучшения, целевые значения устанавливаются на одном уровне с имеющимися на данный момент оценочными значениями для этих ожиданий. В рассматриваемом случае команда, созданная для осуществления проекта, в результате проведения «мозговой атаки» приняла решение, что не требуют улучшения

следующие ожидания потребителей: «чистый белый цвет», «долговечность покрытия», «хорошее высыхание».

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

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

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

$$\text{Степень улучшения} = \frac{\text{Целевое значение}}{\text{Оценка продукции}}. \quad (5.1)$$

Результаты вычислений по формуле (5.1) проставлены во втором столбце субтаблицы 3. Из рассмотрения этой «комнаты» (субтаблицы 3) общей матрицы «дома качества» можно сделать вывод, что QFD-команда решила улучшить характеристики «блеск», «малый расход», «отсутствие трещин, пузырей и т. п.», «неизменность цвета во времени» до «степени улучшения», соответственно равной 1,25; 1,3; 1,25 и 1,25.

После этого в рамках определения целей проекта должна быть установлена весомость каждого ожидания потребителя или характеристики продукции. При этом весомость вычисляют по формуле

$$\begin{matrix} \text{Весомость} \\ \text{ожидания} \\ \text{потребителя} \end{matrix} = \begin{matrix} \text{Важность} \\ \text{ожидания} \\ \text{потребителя} \end{matrix} \times \text{Степень улучшения}. \quad (5.2)$$

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

При вычислениях по формуле (5.2) получены значения:

- весомость ожидания «блеск» = 4 x 1,25 = 5;
- весомость ожидания «чистый белый цвет» = 5 x 1 = 5;
- весомость ожидания «малый расход» = 5 x 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 этого же столбца поместили сумму 35,5 всех значений весомостей. Приняв сумму 35,5 за 100 %, в четвертый столбец субтаблицы 3 поместим (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 x %.

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

Для весомости ожидания «долговечность покрытия» получаем значение

$4 \times 100/35,5 = 11$ и т. д.

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

5.3.4.4. Этап подробного описания технических характеристик продукции

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

- массовая доля нелетучих веществ;
- условная вязкость;
- укрывистость высушенной пленки;
- степень перетира;
- блеск пленки;
- время высыхания до степени 3;
- твердость пленки;
- прочность покрытия при ударе;
- эластичность пленки при изгибе;
- адгезия;
- стойкость покрытия к статическому воздействию воды;
- цвет;
- морозостойкость;
- термостойкость.

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

5.3.4.5. Этап заполнения матрицы связей

На данном этапе изучается сила влияния технических характеристик продукции на выполнение ожиданий потребителя. Эта работа проводится с применением матрицы связей (см. рис. 5.7, субтаблицу 5), являющейся центральной частью общей матрицы «дома качества».

Посредством матрицы связей исследуется взаимосвязь между ожиданиями потребителей и техническими характеристиками (параметрами) продукции. Эта работа включает в себя взаимную стыковку того, «ЧТО НАДО СДЕЛАТЬ?» с тем, «КАК ЭТО НАДО СДЕЛАТЬ?»

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

При заполнении элементов (ячеек) матрицы связей для описания силы взаимосвязей на рис. 5.7 использованы символы, приведенные в табл. 5.3.

Таблица 5.3
Символы и коэффициенты, используемые для описания силы взаимосвязи

Символ	Сила взаимосвязи	Весовой коэффициент
◎	Сильная	9
○	Средняя	3
△	Слабая	1

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

На рис. 5.7 видно, что ожидание потребителей «долговечность покрытия» очень сильно взаимосвязано с технической характеристикой «адгезия». Однако это же ожидание потребителей слабее взаимосвязано с характеристикой «время высыхания до степени 3» и совсем слабо связано с характеристикой «морозостойкость».

Цифровые оценки значимости взаимосвязи каждой технической характеристики проектируемой эмали ПФ-115 белого цвета должны быть представлены в ячейках (клеточках) матрицы связей на рис. 5.7. Эти цифровые оценки значимости легко подсчитываются по формуле

$$\text{Значимость взаимосвязи} = \text{Сила взаимосвязи} \times \text{Весомость, \%}. \quad (5.3)$$

При вычислениях по формуле (5.3) используются числовые значения весовых коэффициентов «сила взаимосвязи» (см. табл. 5.3), а значения показателей «весомость, %» берутся по данным четвертого столбца субтаблицы 3 (см. рис. 5.7).

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

В нижние правые части элементов (ячеек) матрицы связей (см. рис. 5.7, субтаблицу 5) занесены числовые значения показателей «значимость взаимосвязи», например, для элемента (ячейки) на пересечении строки «долговечность покрытия» со столбцом «адгезия» по формуле (5.3) получим:

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

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

$$\text{Значимость взаимосвязи} = 3(\text{O}) \times 14 = 42$$

и т. д.

Суммы числовых значений показателей «значимость взаимосвязи» по каждому столбцу (колонке), представленные в верхней строке «суммарная оценка» субтаблицы 7, показывают приоритетность каждой технической характеристики проектируемой эмали ПФ-115 белого цвета. Из рис. 5.7 видно, что техническая характеристика «время высыхания до степени 3» имеет суммарную оценку 159, «адгезия» — 141, а «стойкость пленки к статическому воздействию воды» — 267.

Все значения, стоящие в верхней строке субтаблицы 7, были просуммированы. В результате получили итоговую величину 1491, отображенную в дополнительной ячейке субтаблицы 7. В нижней строке субтаблицы 7 помещены числовые значения приоритетности (выраженные в процентах от итоговой величины 1491) каждой технической характеристики проектируемой эмали ПФ-115 белого цвета. В частности, технические характеристики «стойкость пленки к статическому воздействию воды», «термостойкость», «укрывистость 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.

5.3.4.6. Этап определения взаимодействия между техническими характеристиками продукции

Сила взаимосвязи между техническими параметрами отображается в элементах (ячейках) треугольной матрицы связей (субтаблица 6), образующей «крышу» матрицы «дома качества», с использованием символов, приведенных в табл. 5.3. 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 «укрывистость высушенной пленки». Обозначенные символами «⊙», «○», «△» взаимосвязи имеют очень важное

значение при детализации (подробном описании) путей усовершенствования этой продукции.

5.3.4.7. Этап технического анализа

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

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

5.3.4.8. Этап определения целевых значений технических характеристик продукции

Целевые значения технических характеристик продукции определяют на основе имеющихся данных с учетом их приоритетности. Целевые значения имеют непосредственное отношение к улучшению технических характеристик продукции, к которому стремятся менеджеры, поэтому команды проектировщиков в дальнейшем должны осуществлять эти улучшения. В рассматриваемом нами примере главный упор сделан в основном на улучшение следующих характеристик:

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

5.3.4.9. 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. 5.7, построила второй, третий и четвертый «дома качества» и с их помощью выработала рекомендации, приведенные ниже.

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

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

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

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

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 необходимое представление о практическом применении QFD-методологии. Построение второго, третьего и четвертого «домов качества» выполняется аналогично.

5.4. Реинжиниринг — методология радикального улучшения

5.4.1. Смысл и содержание методологии реинжиниринга

Реинжиниринг [54] — это методология совершенствования путем фундаментального переосмысления, радикальной модификации или даже коренного перепроектирования процессов, нацеленная на достижение существенного улучшения критических показателей исполнения деятельности в организации, в частности:

- увеличение добавленной ценности;
- улучшение показателей качества процессов и/или продукции;
- снижение затрат и рост прибыли;
- сокращение времени производственного цикла;
- и, как результат, повышение конкурентоспособности не только продукции, но и организации в целом.

Реинжиниринг — это не тот инструмент, который нужно использовать для достижения, например 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].

5.4.2. 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), а предполагает обязательное применение тактики «крупных шагов» (кайрѐ) (см. § 5.1). 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.

5.4.3. Основные этапы выполнения проекта реинжиниринга

Реинжиниринг является одним из самых радикальных вариантов осуществления очередной итерации процесса постоянного улучшения, рассмотренного во введении к данной книге. Каждая итерация процесса постоянного улучшения предусматривает выполнение следующих четырех крупных стадий:

- а) выбор процесса;
- б) описание и оценка существующего процесса;
- в) улучшение процесса и стандартизация достигнутого совершенствования;
- г) 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. 5.8.

Следует отметить, что третий, четвертый и пятый этапы графически проиллюстрированной процедуры реинжиниринга представляют собой определенную детализацию содержания стадии «улучшение процесса и стандартизация достигнутого улучшения», выполняемой на каждой итерации процесса постоянного улучшения.

Рассмотрим подробнее содержание работ, выполняемых на каждом этапе процедуры осуществления реинжиниринга.

5.4.3.1. Выбор процесса, нуждающегося в реинжиниринге

На 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 в случае применения именно реинжиниринга для радикальной перестройки этого процесса?
- 5) какие материально-технические и человеческие ресурсы потребуются для осуществления проекта реинжиниринга этого процесса?
- 6) имеются ли финансовые возможности для инвестиций в проект реинжиниринга процесса?



Рис. 5.8. Основные этапы процедуры осуществления реинжиниринга.

Ответы на эти вопросы должны быть подготовлены с привлечением представителей всех служб и подразделений организации, включая специалистов по следующим направлениям деятельности:

- 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 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 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.

5.4.3.2. 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. 5.8.

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 — внедрению радикально модифицированного или перестроенного процесса, обеспечивающего коренное улучшение показателей деятельности организации. Разработанный членами команды план действий должен содержать ответы на следующие вопросы [54]:

- 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 общим руководством 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.

5.4.3.3. 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. § В.2.2);
- 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.

5.4.3.3.1. Проектирование реинжиниринга-модификации действующего процесса

Рассмотрим подробнее рекомендации по осуществлению реинжиниринга-модификации рассматриваемого командой процесса. Во многих случаях реинжиниринг-модификацию можно осуществить путем 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, передачу, 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 реинжиниринге-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 небольшие задания 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, 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 необходимо руководствоваться принципом Парето, из которого следует, что для автоматизации 80 % всех работ (при осуществлении операций процесса, подвергаемого реинжинирингу) требуется только

20 % от затрат, которые необходимы 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 этих 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».

5.4.3.2. 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 является конечным потребителем 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, суток) должны быть удовлетворены эти потребности?
- каким образом будут удовлетворены эти потребности?
- какой для этого необходим процесс?
- какие нужны технологии и оборудование?
- кто будет выполнять операции?
- следует ли повышать квалификацию или проводить переподготовку персонала?
- каковы 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 откатами нового процесса?

Для повышения творческой активности членов команды и с целью разбудить воображение и дать импульс к поиску новых идей, руководитель может обратиться к своим коллегам, например, при проведении «мозговой атаки», с рекомендациями-вопросами [54]:

- представьте, что вам надо создать образ конкурента своей организации. Каким вы его видите? Как он достигает наилучшего результата в конкуренции с нами?
- что такое идеальный процесс?
- как бы вы поступили на месте недоброжелателей, решив нанести вред организации при проектировании процесса?
- если бы у вас была возможность сформировать группу по проектированию процесса или даже создать всю нашу организацию заново, с чистого листа, как бы тогда выглядела наша организация и/или создатели процесса?

Успех реинжиниринга с чистого 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.

* * *

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.

5.4.4. Подготовка к внедрению проекта реинжиниринга

Смыслом, содержанием и целью данного этапа является выполнение мероприятий, которые позволят осуществить разработанный проект перестройки процесса сначала в небольшом масштабе (участок цеха, производственная линия), а затем и в масштабе всей организации.

Разработав проект реинжиниринга, необходимо еще раз оценить масштаб требующихся 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.

5.4.5. Внедрение проекта реинжиниринга

На этом этапе внедряют проект реинжиниринга на одном из участков цеха или на одной производственной линии, а возможно, на одной единице технологического оборудования.

В первую очередь демонтируют заменяемые аппараты и оборудование. При реинжиниринге с чистого листа демонтируют все оборудование перестраиваемого процесса. После этого устанавливают новые аппараты и оборудование, щиты и пульты со средствами измерений, контроля и автоматизации, осуществляют монтаж трубных и электрических проводок. 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 показатели результативности и эффективности соответствуют целевым значениям, установленным в утвержденном высшим руководством задании на выполнение проекта реинжиниринга, то с участием производственников и проектировщиков разрабатывается уточненная (по результатам пробной эксплуатации) стандартная процедура осуществления нового процесса, которая после утверждения 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 обнаруженных несоответствий разрабатывает предложения по внесению изменений в имеющийся проект. После утверждения изменений проекта внедряют дополнительные технические решения, а затем 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.

5.4.6. 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 проекта реинжиниринга процесса.

Вторая цель, к которой стремятся при выполнении этого этапа, состоит в том, чтобы постараться с максимальной пользой для организации применить 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 его содержание следует довести до сведения 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 наградило 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, которые связаны с добавлением ценности продукции, повышением удовлетворенности потребителей продукцией, а также укреплением конкурентоспособности на рынке не только отдельных видов продукции, но и самой организации в целом.

5.5. Бенчмаркинг

Глобальный рынок стал реальностью. Глобализации экономики присущи острая конкуренция как внутри национальных границ, так и со стороны зарубежных фирм, в том числе крупных транснациональных компаний.

Глобальный рынок предопределяет следующие критерии конкурентоспособности товаров: качество продукции, цена товара, сроки поставки, стоимость эксплуатации, удобство обслуживания, имидж товара. Хотя из приведенных критериев качество имеет самый высокий приоритет, нельзя сбрасывать со счетов и другие составляющие конкурентоспособности.

На глобальном рынке одновременно присутствуют большое число конкурентов — производителей того или иного товара. Для того чтобы добиться успеха в конкурентной борьбе, необходимо, как минимум, знать состояние дел с качеством и эффективностью бизнеса партнеров, то что принято называть деловым совершенством, а еще лучше использовать их передовые приемы и практические методы для достижения коммерческих успехов своей компании.

Процедуру подобного изучения и сравнения в последние годы называют бенчмаркингом.

Этот термин введен в научный и практический оборот в 1972 г. усилиями Института стратегического планирования Кембриджского университета, а целенаправленное его использование началось в 1979 г. в американской корпорации Хегох.

Эталоны для сравнения, которые применяются при бенчмаркинге, являются ступенью передового опыта, а сама процедура в переводе на понятный для российского специалиста язык служит средством изучения, распространения и внедрения этого опыта.

Как показывает опыт западных компаний, посредством бенчмаркинга многим компаниям удастся добиться успехов в бизнесе за счет усовершенствования производства товаров и услуг, взаимоотношений с потребителями.

Существуют различные подходы к проведению бенчмаркинга. Приведем один из них. Он включает в себя следующие основные этапы:

- выявление тех аспектов деятельности компании, по которым потребители выделяют поставщиков, добившихся делового совершенства, из круга всех остальных;
- установление наилучших примеров практических методов работы;
- определение способов достижения лучшими компаниями высокого уровня эффективности;
- установление выполнимых, но достаточно высоких стандартов эффективности для каждого аспекта деятельности компаний;
- выявление того, что должно быть сделано для доведения показателей работы компаний до оптимального уровня;
- выполнение намеченных планов [62].

Процесс проведения бенчмаркинга целесообразно начинать с выбора ключевых параметров работы компании, подлежащих измерению и оценке собственной деятельности. При этом должны быть выявлены те из них, которые способны оказать наибольшее положительное влияние на взаимоотношения компании

с ее потребителями и принести максимальное повышение базовых показателей деятельности компании. Здесь должен быть применен принцип Д-технологий, при котором малое приращение дает максимальный эффект.

Эти параметры могут следовать за составляющими конкурентоспособности — качеством продукции или услуг, скоростью и уровнем сервиса, стабильностью поставок и др.

Следующий очень важный шаг — выбор компании, с которой будут сравниваться показатели работы. Целесообразно начать сравнение между собой отдельных подразделений внутри самой компании или показателей ее деятельности в разных регионах. Что касается эталонных компаний, то это не обязательно должны быть прямые конкуренты, тем более что они неохотно делятся сведениями о ключевых характеристиках своей деятельности.

Искомую информацию можно получить в исследовательских организациях, специализированных отраслевых маркетинговых центрах, в периодических изданиях.

Однако имеется немало компаний, которые понимают взаимовыгодность подобного обмена данными. Некоторые из них могут работать на практически идентичных рынках, но по разным причинам не конкурируют друг с другом, например, в связи с географической удаленностью.

Иногда полезнее сравнивать показатели деятельности компании с обобщенными характеристиками по отрасли или экономике в целом, нежели с определенными предприятиями.

Примером эффективной государственной модели практической помощи во внедрении методов бенчмаркинга является Великобритания.

За этот участок работы отвечает Департамент передового опыта менеджмента Министерства торговли и промышленности. Услуги, предоставляемые департаментом, нацелены преимущественно на организации малого и среднего бизнеса.

Так как эта модель может быть с успехом применима в России, рассмотрим ее содержание подробнее.

Отработано три схемы поддержки бенчмаркинга.

Первая схема — Connect — использует серию интерактивных модулей на CD-ROM, специально ориентированных на проведение бенчмаркинга и применение модели делового совершенства, дающих пользователям широкое представление о лучших методах организации работы и позволяющих радикально упростить процедуру предоставления консалтинговых услуг. Они могут использоваться при проведении презентаций, переговоров, семинаров и тому подобных мероприятий, представляя собой гибкую систему, подстраивающуюся под местные условия и обстоятельства. Их применение стимулирует компании к повышению эффективности путем сопоставления с другими предприятиями и изучения их опыта.

Вторая схема — Benchmarking Index, в соответствии с которой компании имеют возможность перейти к повышению собственной конкурентоспособнос-

ти путем сравнительной оценки своих показателей в ключевых областях деятельности с показателями других предприятий отрасли или своего региона. Она представляет простую компьютерную систему, позволяющую компании оценить свою работу в сравнении с другими предприятиями при помощи ответов на вопросы, относящиеся к 80 аспектам финансового состояния, менеджмента и делового совершенства. Эта услуга создана с целью поощрения более широкого использования бенчмаркинга предприятиями малого бизнеса.

Данная система включает достаточно сложную централизованную базу данных, содержащую информацию, собранную компаниями в процессе проведения бенчмаркинга. Компания имеет возможность выбрать группу предприятий, в сравнении с которыми она желает провести собственный бенчмаркинг. Отбор проводят по отраслям промышленности, географическим регионам, размерам предприятий или по любому сочетанию указанных признаков.

Третья схема — Inside UK Enterprise (IUKЕ) — предоставляет предприятиям возможность ознакомиться с опытом применения лучших методов организации производства путем посещения передовых компаний.

Список организаций, принимающих посетителей по программе IUKЕ, в настоящее время насчитывает более 180 компаний, каждая из которых может служить образцом при внедрении одного или нескольких аспектов передового опыта. Эти компании представляют широкий срез британской промышленности и сферы услуг. Будучи крупнейшей в мире программой подобного типа, IUKЕ организовала более 25 тысяч однодневных экскурсий с целью обмена опытом.

Посетители имеют возможность выбрать ведущие компании определенного сектора экономики из числа владеющих положительным опытом внедрения передовых методов организации производства, включая применение гибкого автоматизированного производства, командную организацию труда, установление взаимоотношений с поставщиками. Предоставляя высшим руководителям компаний возможность проведения открытых дискуссий в узком кругу коллег, программа IUKЕ является бесценным форумом для их ускоренного обучения.

Все три услуги министерства находятся в прямой логической связи, взаимно дополняя друг друга. Услуга Connect обеспечивает знакомство с опытом лучшей организации работы предприятий, Benchmarking Index позволяет оценить собственную эффективность предприятия в сравнении с другими, и, наконец, программа Inside UK Enterprise направлена на внедрение передового опыта с предварительным посещением лучших компаний [63].

Сложившаяся теория и практика рассматривает следующие виды бенчмаркинга [64]:

- от объекта сравнения: внутренний, конкурентный, функциональный и общий;
- от того, что сравнивается: показатели, процессы, комплексные модели (стратегический бенчмаркинг).

Современные процессы бенчмаркинга напрямую связаны с моделью делового совершенства EFQM (Европа), критериями премии имени М. Болдриджа (США), премии Э. Деминга (Япония). Они стали также неотъемлемой частью методологии «Шесть сигм».

Важно отметить, что бенчмаркинг — это непрерывный процесс, а не разовое мероприятие. Так как требования потребителей постоянно меняются, меняются и характеристики работы компаний-конкурентов. Соответственно эталоны, в сравнении с которыми проводится бенчмаркинг, также меняются, и только непрерывный бенчмаркинг способен помочь компании быстрее узнавать о всех новациях и выгодно применять их на практике.

Бенчмаркинг как поиск образцов для подражания стал всемирным движением. Многолетний опыт применения бенчмаркинга в США был подхвачен и широко распространен в Европе и Японии. В 1994 г. было заключено соглашение об официальном учреждении глобальной сети бенчмаркинга (GBN) в качестве сообщества официально независимых центров бенчмаркинга, имеющего своими целями содействие всеобщему признанию бенчмаркинга как инструмента менеджмента и его всемирному распространению и применению.

Для решения проблемы на уровне Европейской комиссии в феврале 1997 г. была сформирована рабочая группа экспертов, известная под названием Европейский форум по бенчмаркингу (EBF), в которой собраны представители промышленности, правительственных органов, учебных заведений и консалтинговых фирм. Эта группа проработала глубинные причины проблем, препятствующих широкому применению бенчмаркинга в масштабах Европы, подготовила предложения по расширению использования бенчмаркинга в качестве средства повышения конкурентоспособности европейской промышленности на трех уровнях: структурном (финансы, образование, транспорт и т. д.), отраслевом (сектор экономики) и отдельных компаний.

GBN приняла решение о создании глобальной системы информации о передовом опыте, основанной на использовании Интернета. С целью непрерывной интенсификации и упрощения мирового обмена опытом и информацией между участниками GBN разработала концепцию коммуникационной платформы, значительно более сложной по сравнению с существующим форумом. Создание этой платформы заканчивается, и она обеспечит поиск информации по запросам и обмен знаниями, относящимися ко всем этапам бенчмаркинга наряду со структурированным поиском отчетов о проведенных исследованиях. Учитывая современные взгляды на проблему управления знаниями, эта дискуссионная платформа постепенно будет преобразована в платформу знаний, обеспечивающую индивидуальный доступ к информации о передовом опыте.

Предшественницей бенчмаркинга в России была мощная система научно-технической информации. Центры НТИ функционировали более чем в 100 регионах страны.

Они обладали громадными информационными ресурсами, широкими издательскими возможностями. Некоторые из них продолжают работать и в постсоветском пространстве. Так, успешно функционируют дома научно-технической пропаганды, ныне подотчетные Российскому союзу научных и инженерных объединений, а также отдельные отраслевые центры научной и технико-экономической информации.

Особо необходимо отметить важный документ 70—80-х гг. прошлого столетия — карту технического уровня продукции, введенную ГОСТ 2.116—76. Каждое изделие, подлежащее государственной аттестации, оценивалось по основным функциональным и потребительским показателям в сравнении с лучшими мировыми образцами. Так что нельзя не учитывать и отечественный опыт. Его надо развивать с учетом мировых достижений и тенденций внедрения бенчмаркинга. Знаменательным событием стало вступление в ноябре 2004 г. России в члены GBN. Национальным партнером в Глобальной сети бенчмаркинга стала Всероссийская организация качества.

5.6. Методология «Шесть сигм»

Методология «Шесть сигм» (Six Sigma) — один из самых эффективных инструментов инжиниринга качества. Буква греческого алфавита σ обозначает в статистике меру изменчивости, вариабельности, степень отклонения любого процесса от его цели.

Концепция «Шесть сигм» основана на том, что существует прямая корреляция между числом дефектов продукции, увеличением производственных затрат и уровнем удовлетворенности потребителей.

Первые разработки этой методологии в 80-е гг. прошлого столетия были осуществлены в корпорациях Motorola и General Electric. Затем методологию «Шесть сигм» освоили многие известные транснациональные компании, считая ее основным инструментом, позволяющим улучшить качество, увеличить долю рынка, снизить затраты и получить значительную прибыль. Например, в упомянутых корпорациях внедрение методологии «Шесть сигм» приносило до 6 млрд долл. прибыли в год.

В методологии «Шесть сигм» основным показателем служит число дефектов на единицу продукции, включая все стадии ее производства. Значение сигмы показывает, как часто может возникнуть дефект.

Так называемая сигмовая воспроизводимость процесса, которую удобнее выражать в дефектах на миллион возможностей (ppm — parts per million — частей на миллион), измеряет способность процесса выполнять бездефектную работу.

Гуру этой методологии, генеральный директор академии «Шесть сигм» США М. Хэрри, приводит такой пример. Если ковер, покрывающий пол зала от стены до стены площадью 100 кв. м, очистить до уровня трех сигм, примерно 0,25 кв. м площади останется невычищенной; если ковер очистить до уровня шесть сигм,

невычищенный участок составит величину с булавочную головку. Он же приводит следующую таблицу [66, с. 10]:

Число сигм	Значение ppm, дефектов на миллион	Издержки от плохого качества, % от объема продаж	Примечание
6	3,4	< 10	Мировой класс
5	233	10—15	
4	6210	15—20	Среднее в промышленности
3	66 807	20—30	
2	308 537	30—40	Неконкурентоспособность
1	690 000		

Главное в методологии — стратегия прорыва — последовательные шаги по улучшению деятельности фирмы, где фокус на потребителей — ключевой элемент. Стратегия прорыва имеет следующие фазы (DMAIC):

- Define — определяй.
- Measure — измеряй.
- Analyze — анализируй.
- Improve — улучшай.
- Control — управляй.

Эти фазы содержат основные этапы [67, 68]:

1. **Определить проект**
 - Определить цель и масштаб проекта.
 - Собрать всю информацию о функционировании процесса, а также о нуждах и требованиях ваших потребителей.
2. **Измерить**
 - Для более точного направления усилий по совершенствованию собрать информацию о существующей ситуации.
3. **Анализировать для выявления причин**
 - Определить коренные причины дефектов.
 - Подтвердить их данными.
4. **Улучшать**
 - Разработать, испытать и внедрить решения, направленные на коренные проблемы.
 - Использовать данные для оценки результатов решений и планов, разработанных для их внедрения.
5. **Управлять**
 - Поддерживать достигнутый успех путем стандартизации методов выполнения работы или функционирования процесса.
 - Прогнозировать будущие совершенствования и разрабатывать планы сохранения уроков, извлеченных из усилий по совершенствованию.

При анализе и принятии решений широко используются известные ранее приемы: диаграммы сродства, Парето, матричная, «рыбий скелет», диаграф связи, функция потерь по Тагути, FMEA. Сохраняется преемственность с тем, что было сделано в области качества ранее (стандарты ИСО серии 9000, бенчмаркинг, самооценка). Работа над проектом «Шесть сигм» будет успешной, если на фирме обеспечиваются следующие условия:

- возглавят всю деятельность первые руководители;
- будет постоянно осуществляться фокус на потребителя;
- руководство и тренинг будут проводить опытные эксперты;
- поощрение открытого выявления и обсуждения дефектов;
- эффективное использование собранных данных;
- создание атмосферы взаимопомощи и взаимопонимания, основанных на командных методах.

Для успешной реализации методологии «Шесть сигм» разработана система кадрового обеспечения. Специалисты, участвующие в процессе реализации методологии, обозначаются с использованием терминологии восточных единоборств. Это обладатели «черного», «зеленого» и «желтого» поясов.

Обладатели «черного» пояса — эксперты по внедрению методологии «Шесть сигм». Они занимаются исключительно его внедрением и переходят от одного проекта к другому. Менее квалифицированные специалисты — обладатели «зеленых» поясов — интенсивно участвуют в реализации этих проектов, но без отрыва от выполнения своих основных обязанностей. В концепции «Шесть сигм» отражено, чтобы все сотрудники компании прошли обучение и были аттестованы как обладатели «желтых» поясов.

«Черные пояса» выполняют следующие задачи:

наставника — развивают сеть специалистов по «Шести сигмам» внутри фирмы или ее подразделения;

учителя — проводят организованное обучение персонала применению новых стратегий и инструментов;

инструктора — обеспечивают личную поддержку персонала фирмы;

распространителя — передают и распространяют новые стратегии и инструменты во время учебы, проводят семинары, симпозиумы и разбирают конкретные примеры;

партнеров — выявляют и анализируют возможности улучшения бизнеса фирмы за счет взаимодействия с другими организациями;

компетентных лиц — побуждают фирму применять стратегии и инструменты методологии «Шесть сигм».

В последние годы философия «Шесть сигм» дополнена концепцией «Бережливое производство» (Lean), нацеленной на устранение потерь и непроизводительных затрат [69]. Концепция «Lean Six Sigma» вобрала в себя все лучшее из двух отдельно существующих методологий.

5.7. Методы Гэнити Тагути

Имя японского ученого Гэнити Тагути в настоящее время в табеле о рангах по популярности не уступает К. Исикаве, Дж. Джурану, А. Фейгенбауму. Это объясняется тем, что его идеи и подходы при обеспечении качества нашли широкое применение в промышленности Японии, а затем и в других странах.

Они характеризуются тем, что забота о качестве начинается на ранних этапах его формирования — при проектировании изделий и технологических процессов.

Основные элементы подхода Г. Тагути заключаются в следующих постулатах.

1. Важная мера качества изделия — это социальные потери, которые несет из-за него общество.
2. В конкурентной экономике постоянное улучшение качества и снижение затрат необходимы для выживания в бизнесе.
3. Программа постоянного улучшения качества включает в себя непрерывное уменьшение разбросов выходных характеристик изделия относительно их заданных значений.
4. Потери потребителя из-за разбросов выходной характеристики изделия пропорциональны квадрату отклонения этой характеристики от ее заданного значения.
5. Качество и цена изделия в значительной степени определяются инженерным проектированием изделия и процесса его изготовления.
6. Разброс выходных характеристик изделия или процесса может быть уменьшен путем использования фактора нелинейности влияния параметров изделия или процесса на эти характеристики.
7. Чтобы идентифицировать значения параметров изделия или процесса, которые уменьшают разброс выходных характеристик, можно использовать статистически планируемые эксперименты.

Прокомментируем приведенные выше элементы этой философии.

1. Г. Тагути считает, что качество — это потери, которые несет общество с того момента, как изделие отправлено потребителю. Чем меньше социальные потери из-за недоработок изделия, тем изделие более желательно потребителю.
2. Постоянное улучшение качества и снижение затрат на протяжении жизненного цикла изделий — необходимые условия для выживания в глобальной экономике.
3. Постоянное улучшение качества невозможно без соответствующего уменьшения выбросов выходных характеристик изделия относительно их заданных значений. Чем меньше вариация выхода относительно заданного значения, тем выше качество. В свою очередь, заданное значение должно быть определено как идеальное значение выходной характеристики.

Эти характеристики измеряются как по непрерывной шкале, так и упорядоченным категориальным распределением (плохой, приемлемый, хороший, отличный). Оценка по непрерывной шкале более эффективна, но выходные данные, требующие субъективной оценки, измерить по ней невозможно.

4. Любые разбросы выходной характеристики изделия относительно ее заданного значения приводят к потерям потребителя.

Простейшая квадратичная функция потерь (рис. 5.9) имеет вид:

$$I(y) = k(y - \tau)^2,$$

где k — константа, y — выходная характеристика, измеренная по непрерывной шкале; τ — заданное значение y ; $I(y)$ — потери, выраженные в долларах, которые несет потребитель в течение срока службы изделия из-за отклонения y от τ . Очевидно, что чем больше отклонение выходной характеристики y от ее заданного значения τ , тем больше потери потребителя $I(y)$.

Средние потери потребителя из-за вариации выхода получаются статистическим усреднением квадратичной функции потерь, связанной с возможными значениями y . В случае квадратичной функции потерь средние потери из-за вариации выхода пропорциональны средней квадратичной ошибке y относительно заданного значения τ .

Концепция квадратичных потерь показывает важность непрерывного уменьшения вариации выхода.

5. В связи с увеличением сложности современных изделий проектирование изделий и процессов производства играет решающую роль (робастное

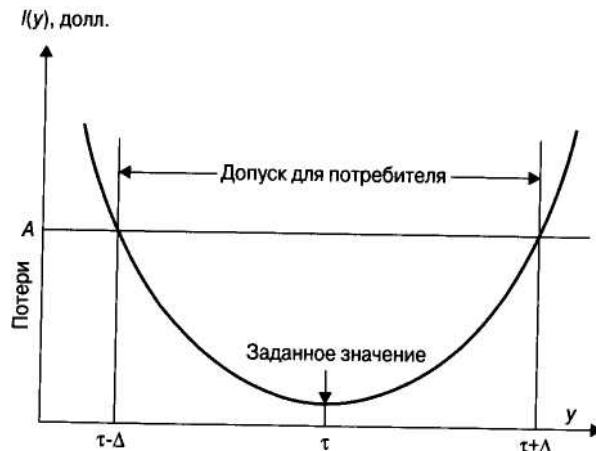


Рис. 5.9. Простейшая квадратичная функция потерь.

проектирование)*. В процессе производства отклонения от номинальных значений неизбежны, и они влияют на вариацию выхода изделий. Уменьшение влияния различных отрицательных факторов наиболее эффективно на стадии проектирования изделия и процессов.

Улучшение проектирования процессов, усиление контроля приведет к уменьшению разброса из-за влияния источников изменчивости.

6. Начиная с первой стадии цикла разработки изделия, контроль качества должен стать неотъемлемой частью проектирования и сопровождать все последующие стадии. При этом используются такие методы, как проверка чувствительности, испытания прототипа изделия, ускоренные испытания долговечности и испытания на надежность.

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

Системное проектирование — процесс применения научных и инженерных знаний к разработке модели изделия. Модель изделия определяет начальные значения параметров изделия или процесса. Системное проектирование включает учет как требований потребителя, так и производственных условий.

Параметрическое проектирование — процесс идентификации таких значений параметров изделия или процесса, которые уменьшают чувствительность конструкции к источникам изменения параметров.

Проектирование допусков — процесс определения допусков вблизи номинальных значений, которые идентифицированы с помощью параметрического проектирования.

7. Для идентификации значений параметров изделия или процесса, которые уменьшают вариацию выхода, могут быть использованы статистически планируемые эксперименты. Г. Тагути разработал новый подход к использованию статистически планируемых экспериментов.

Г. Тагути предлагает использовать критерий, который он назвал «отношение сигнал/шум» (s/n), в качестве выходной статистики.

Он определил три типа отношения s/n для трех типов функции потерь: как можно меньшее, как можно большее или некоторое конечное.

Г. Тагути применяет специальные планы эксперимента с использованием отношения «сигнал/шум». Подробнее о методах Тагути можно прочитать в [71, 74].

В нашей стране методы Тагути получили известность после публикаций Ю. П. Адлера [72, 73].

* Робастность — устойчивость (от англ. robust).