

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Роль статистических методов в создании Японской модели управления качеством	5
1.1. История развития японской модели управления качеством	5
1.2. Применение статистических методов для решения проблем	9
Глава 2. Использование «Семи инструментов контроля качества»	17
2.1. Расслоение	18
2.2. Графики	21
2.3. Диаграмма Парето	27
2.4. Причинно-следственная диаграмма	34
2.5. Гистограмма	37
2.6. Диаграмма разброса	47
2.7. Контрольные карты	58
Глава 3. «Семь новых инструментов контроля качества» и другие новые методы анализа	69
3.1. Сущность методов, составляющих «семь новых инструментов контроля качества»	70
3.2. Методы Татути	81
3.3. Место «семи инструментов контроля качества» в ряду современных методов анализа проблем	84

Список литературы



„СЕМЬ ИНСТРУМЕНТОВ КАЧЕСТВА“ В ЯПОНСКОЙ ЭКОНОМИКЕ



МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1990

«Семь инструментов качества» в японской экономике.— М.: Издательство стандартов, 1990. 88 с. (Качество, экономика, общество. Современные проблемы).

В книге анализируется японская концепция решения проблем, возникающих в процессе обеспечения качества продукции и услуг.— «семь инструментов качества». Дается краткая история развития принципов и методов комплексного управления качеством в Японии, показывается роль как традиционных методов контроля (таких как статистические методы), так и возможности создания и применения новых методов контроля, соответствующих современным тенденциям технико-экономического прогресса. Рассматривается модифицированный вариант концепции обеспечения качества — «семи новых инструментов качества».

Для специалистов различных областей промышленности.

Ил. 47 Табл. 18 Библиогр. 12 назв.

Составитель: Э. К. Николаева

Производственное издание

Серия «Качество, экономика, общество.
Современные проблемы»

**СЕМЬ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
В ЯПОНСКОЙ ЭКОНОМИКЕ**

Редактор И. В. Зарезин
Технический редактор О. Н. Никитина
Корректор Г. И. Чуйко

ИБ № 726

Сдано в наб. 14.06.90 Подп. в печ. 08.10.90 Формат 60×90¹⁶ Бумага типографская № 2
Гарнитура литературная Печать высокая 5,5 усл. п. л. 5,88 усл. кр.-отт. 6,47 уч.-изд. л.
Тир. 35 000 Зак. № 893 Цена 2 р. 60 к. Изд. № 572/11Д

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП,
Новопресненский пер., д. 3.
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Даряус и Гирено, 39. Зак. 893.

С 2103000000—048
085(02)—90 56—90

ISBN 5-7050-0092-8

© Издательство стандартов, 1990
© ВНИИКИ, 1990

К началу 60-х годов в области контроля качества изделий на японских предприятиях проявились две новых тенденции [4]. Первая — это тенденция к расширению и углублению деятельности, связанной с управлением качеством, благодаря движению кружков качества, начавшемуся с 1962 г. Вторая — это тенденция к внедрению методов анализа более высокого класса для получения результатов более высокой точности. Для того, чтобы вооружить кружки качества четкими и простыми в использовании методами статистического контроля качества (SQC), из множества статистических методов были выбраны семь наиболее эффективных и доступных для широкого круга работающих, в совокупности составлявших систему методов, полностью обеспечивающих осуществление кружками качества статистического контроля на рабочем месте. Эти методы получили название «семь инструментов контроля качества».

Что же касается второй проблемы, то с появлением и распространением компьютеров возможности ее решения резко увеличились. Работники первой линии производства получили возможность работать с микрокалькуляторами, что значительно повысило точность обработки данных, а разработка соответствующего программного обеспечения позволила осуществлять сложный анализ данных с помощью персональных компьютеров или базовой ЭВМ, допускающей обработку в реальном масштабе времени.

Остаются такие проблемы, как доведение до необходимого уровня программного обеспечения, а также взаимозаменяемость компьютеров, однако, как полагают специалисты, это всего лишь вопрос времени, и в ближайшем будущем компьютер (в том числе и персональный) станет обязательным «инструментом контроля качества». Основной проблемой при этом станет безошибочный выбор нужного инструмента контроля, что будет определяться степенью понимания сущности методов контроля.

Еще одной важной проблемой является проблема обращения со словесной (описательной) информацией. Контроль качества носит аналитический характер, и при повторяющемся производственном процессе повторяется цикл: явление — обнаружение проблемных моментов — исследование причин — принятие необходимых мер — приостановка для внесения изменений. Для успешного решения этой проблемы необходимо, чтобы все характеристики, с которыми придется иметь дело в этом цикле, имели бы числовые значения, которые могут быть получены в результате измерений; качественные данные также каким-то способом должны быть переведены в количественные. Однако после того, как повсеместно стал распространяться всеобщий контроль качества и область

управления качеством с применением специальных статистических методов включила в себя помимо производственной сферы сферу управления и делопроизводства, сферу услуг и т. д., появилась необходимость в обработке не только количественных данных, но и описательной, «словесной информации». В 1977 г. были предложены «семь новых инструментов контроля качества», которые предназначались специально для обработки словесной информации. Для японского языка формализация и стандартизация лексики составляет особую проблему, поэтому исследования в области обработки словесной информации на японском языке пока далеки от завершения.

Г Л А В А 1

РОЛЬ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В СОЗДАНИИ ЯПОНСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

1.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЯПОНСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Управление качеством, базирующееся на статистических методах контроля, зародилось в 30-х годах в связи с началом промышленного применения в США контрольных карт, изобретенных доктором У. А. Шухартом, сотрудником фирмы «Белл» [1]. В Японии еще перед второй мировой войной начали использовать карты контроля Шухарта в производстве электрических ламп на фирме «Токио дэнки» (ныне — «Тосиба»). Но начало деятельности по контролю качества в Японии относят к 1946 г., когда контроль качества был введен на заводе Тамагава той же фирмы [5].

В 1949 г. в Японии был издан «Закон о промышленной стандартизации», которым было положено начало создания Японского промышленного стандарта — JIS. В 1949 г. в Японии впервые были организованы краткосрочные курсы по контролю качества на базе Японской ассоциации стандартизации (ЯАС), созданной в декабре 1945 г. ЯАС организовала Научное общество контроля качества (JSA—ОСС). Оно разрабатывало проекты стандартов по контролю качества, организовало исследовательскую группу при Японском союзе ученых и инженеров (ЯСУИ), начавшую глубокие исследования проблем управления качеством.

В 1950 г. в Японию из США приехал д-р У. Э. Деминг и провел ряд краткосрочных семинаров по управлению качеством. Авторский гонорар от книги, составленной на основе лекций, прочитанных на этих семинарах, был предоставлен ЯСУИ, который использовал его для учреждения премий Деминга.

Этих премий две: для отдельного лица и для предприятия.

Премия Деминга для отдельного лица присуждается одному или нескольким лицам, которые способствовали распространению и развитию теоретических принципов статистических методов контроля качества.

Существует несколько различных категорий премий предприятию, но в первую очередь это премии, присуждаемые фирме, которая в данном финансовом году добилась исключительно больших успехов в области применения статистических методов контроля качества. С каждым годом по мере повышения уровня статистического контроля качества и комплексного управления качеством в Японии претенденты на присуждение премий Деминга должны удовлетворять все более высоким требованиям. Эти премии являются наиболее престижными наградами для японских

предприятий. Премии предприятиям, стимулирующие высокие экономические показатели, привели к организационной перестройке в отраслях промышленности, где применяются методы статистического контроля качества и комплексного управления качеством и осуществляется инспектирование системы управления качеством.

50-е годы в Японии — годы фундаментальных исследований вопросов контроля качества и внедрения на японских промышленных предприятиях карт контроля и инспекционных методов контроля. Результаты исследований широко отражались в печати. Радиокорпорация NHK организовала обучение методам контроля качества для всей страны. В журнале «Хёдзюнка то хинсицу канри» (Стандартизация и контроль качества) публиковались основные лекционные материалы. С 1956 г. журнал стал публиковать материалы, касающиеся практики осуществления контроля качества в отелях и на других предприятиях сферы обслуживания. Таким образом, во второй половине 50-х годов происходит переход от контроля качества на инспекционном уровне к обеспечению контроля качества в процессе производства.

В 60-е годы проблемы контроля качества начинают выходить за рамки одного только процесса производства. Начинает звучать голос потребителя, требующего точного соответствия характеристик изделия заложенным в проекте. Как мера, направленная на решение этой проблемы, в 60-е годы начинается движение за внедрение всеобщего контроля качества. В декабре 1967 г. на 7-м симпозиуме по управлению качеством были сформулированы шесть особенностей японской системы управления качеством [1]:

- 1) всеаспектное управление качеством на уровне фирмы, участие всех работников фирмы в управлении качеством;
- 2) подготовка и повышение квалификации кадров в области управления качеством;
- 3) деятельность кружков качества;
- 4) инспектирование и оценка деятельности по управлению качеством (премия Деминга предприятию и проверка деятельности руководства);
- 5) использование статистических методов;
- 6) общенациональная программа по контролю качества.

Основным инструментом в реализации комплексного управления качеством стали кружки качества — небольшие (от 5 до 10 человек) организационно оформленные группы рабочих, объединенных для совместного обучения и применения статистических методов контроля качества и решения проблем, возникающих на рабочем месте. Роли работников первой линии производства стали придавать большое значение. Был взят курс на вовлечение в деятельность по обеспечению качества самих исполнителей в сотрудничестве с лицами, осуществляющими контроль за качеством на рабочем месте.

Постепенно была создана японская модель управления качеством — всеобщий контроль качества, представляющий собой единый процесс обеспечения качества повсеместно на фирме, выполняемый всем персоналом фирмы от президента до работников первой линии производства.

В 70-е годы еще более совершенствуется контроль качества в той форме, которая была выработана к этому времени. Кроме того, из-за быстрого экономического роста начинают проявляться определенные несоответствия в экономике страны. В эти годы разражается нефтяной кризис. База для решения таких проблем, как управление фирмой в условиях сокращения производства, совершенствование структуры управления и т. д., уже была подготовлена достаточно длительной работой по внедрению контроля качества на фирмах.

Большую роль в развитии статистического контроля качества (SQC) и перехода от SQC к TQC (всеобщему контролю качества) сыграла система подготовки кадров в стране. При действующей в Японии системе пожизненного найма знания персонала фирмы — ее капитал.

В Японии разработаны подробные программы подготовки кадров для всех уровней, включая президента фирмы, членов правления, директоров-распорядителей, начальников отделов и участков, инженеров, мастеров, организаторов, руководителей и членов кружков качества и производственных рабочих; созданы также специальные курсы для работников отдела сбыта и материально-технического снабжения. Изначально эти программы разрабатывались ЯСУИ. Разработанный ЯСУИ начальный курс по управлению качеством, который служит образцом для учебных курсов по управлению качеством в Японии, рассчитан на 6 месяцев; занятия проводятся 5 раз в месяц. Учащиеся занимаются в течение 1 недели, а затем в течение 3 недель применяют полученные знания на практике, на своем рабочем месте. Экспериментальные данные, необходимые для занятий, они получают на рабочем месте. Затем они переходят к следующему этапу обучения, уже вооруженные результатом трехнедельной практической деятельности. Таким образом, курс представляет собой попеременное чередование теории и практики. Специальные преподаватели проводят индивидуальные занятия.

Ежегодно комплексная программа обучения пополняется новыми учебными курсами.

Фирма может составить и собственную программу обучения. На некоторых фирмах разрабатываются свои учебные пособия и осуществляются свои программы обучения и подготовки кадров.

Обучение не ограничивается получением рабочими формального инструктажа. Он составляет лишь малую часть общей программы подготовки кадров. Обязанностью каждого руководителя является обучение своих подчиненных на практике.

Результатом действия общегосударственной системы подготовки кадров явилось постепенное повышение уровня средних и мелких предприятий. Благодаря обучению на курсах ЯАС и ЯСУИ квалификация работников средних и мелких предприятий практически достигла уровня квалификации работников крупных фирм. Это изменило отношения между фирмами от отношений управления и подчинения к отношениям сотрудничества равных партнеров. Выросла ответственность партнеров [6].

С 70-х годов стала быстро развиваться компьютерная техника. Вначале компьютеризация с трудом осваивалась областью контроля качества. Это объяснялось большими размерами компьютеров и их «специализацией» для иных целей. Однако с появлением мини- и особенно микрокомпьютеров скорость их распространения в сфере деятельности по обеспечению качества резко возросла. Потребовалась разработка специального программного обеспечения для целей обеспечения качества.

В настоящее время Япония широко использует компьютеры самых разных классов. Особенно распространены персональные микрокомпьютеры. Однако разработка программного обеспечения значительно отстает от потребностей области обеспечения качества на разных уровнях осуществления комплексного управления качеством. Проблемы совершенствования программного обеспечения для целей управления качеством пользуются в Японии в настоящее время особым вниманием.

На рубеже перехода в 90-е годы термин TQC — «всеобщий контроль качества», как переставший отражать сущность явления, было предложено заменить на термин UQC — «универсальный контроль качества» (В алфавите после S идет T, а после T — U!) [6].

Имеется два толкования U. Первое: контроль качества распространился на все этапы деятельности фирмы — от планирования и проектирования изделия до его обслуживания после продажи. Контроль качества распространился также на самые разные виды общественной деятельности, такие как медицина, образование и т. д., далеко выйдя за пределы сферы производства. Это — универсальность в первом толковании.

Второе толкование: распространение контроля качества на предприятия стран всего мира. 21-й век должен положить конец разногласиям и жесткой конкуренции между странами. Мировая экономика должна прийти в равновесие. Развитые страны помогут развивающимся реализовать свои возможности. Качество изделий всех стран должно стать таким, чтобы изделия вызывали доверие и покупались во всем мире. По идее Генерального соглашения по тарифам и торговле (ГАТТ), UQC должен иметь именно такой смысл.

1.2. ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

Планируя развитие предприятий в будущем, в период перехода в 21-й век, японские экономисты придают большое значение активизации деятельности по управлению качеством на базе сбора и обработки достоверных данных не только в производственных подразделениях предприятия, но и в подразделениях, относящихся к делопроизводству, финансовым и хозяйственным делам, в области материально-технического снабжения, в области управления, проектирования, разработки и освоения технологий и т. д. Именно в такой деятельности они видят смысл комплексного управления качеством на фоне больших изменений в экономике, связанных с такими явлениями, как нарастающая интернационализация предприятий, стремительное развитие в области технологий и информатики.

Собственно, контроль качества и состоит в том, чтобы, проверяя нужным образом подобранные данные, обнаружить отклонение параметров от запланированных значений при его возникновении, найти причину его появления, а после устранения причины проверить соответствие данных запланированным (стандарту или норме).

Основным методом повышения качества является цикл контроля PDCA, где P (Plan) — составление плана работы; D (Do) — выполнение работы в соответствии с планом; C (Check) — проверка соответствия полученного результата запланированному; A (Action) — принятие необходимых мер в случае отклонения результата исполнения от запланированного результата. После завершения первого цикла вновь переходят к составлению нового плана, в который вносится коррекция с учетом предыдущей ошибки. Цикл повторяется до совпадения результата с планом. Идея цикла PDCA была принесена в Японию д-ром Демингом, поэтому его часто называют циклом Деминга.

Источником данных при осуществлении контроля качества служат следующие мероприятия [7].

1. Инспекционный контроль: регистрация данных входного контроля исходного сырья и материалов; регистрация данных контроля готовых изделий; регистрация данных инспекционного контроля процесса (промежуточного контроля) и т. д.

2. Производство и технологии: регистрация данных контроля процесса; повседневная информация о применяемых операциях, регистрация данных контроля оборудования (неполадки, ремонт, техническое обслуживание); патенты и статьи из периодической печати и т. д.

3. Поставки материалов и сбыт продукции: регистрация движения через склады (входная и выходная нагрузка); регистрация сбыта продукции (данные о получении и выплате денежных сумм, контроль срока поставок) и т. д.

4. Управление и делопроизводство: регистрация прибыли; регистрация возвращенной продукции; регистрация обслуживания постоянных клиентов; журнал регистрации продажи; регистрация обработки рекламаций; материалы анализа рынка и т. д.

5. Финансовые операции: таблица сопоставления дебета и кредита; регистрация подсчета потерь; экономические расчеты и т. д.

Очень редко для заключения о качестве данные используются в том виде, в каком они были получены. Это бывает только в случаях, когда возможно прямое сравнение измеренных данных со стандартом. Чаще же при анализе данных проводятся различные операции: находят среднее значение и стандартное отклонение, оценивают разброс данных и т. д.

Все статистические методы базируются на понятии разброса. Применение на рабочем месте статистических методов для контроля за разбросом параметров изготавливаемого изделия является представлением в графическом виде простых для понимания статистических величин, характеризующих разброс. Оценка разброса данных часто дает возможность понять характер процесса. Если разброс данных мал, можно ослабить контроль; если велик — это следует воспринимать как сигнал к необходимости регулирования процесса для повышения его стабильности, повышения качества исходных материалов, выявления и устранения неполадок оборудования и пр. Собранные данные могут быть использованы не только для принятия решения в момент их получения и анализа, но и для оценки различных проблем, рассматриваемых в течение более долгого срока например, в течение месяца или года.

Обычно для анализа данных на рабочем участке на японских предприятиях используются специально подобранные несложные для понимания и применения статистические методы — так называемые «семь инструментов контроля качества». Эти семь инструментов объединяют следующие методы [7].

Расслоение. Рассмотрим пример, когда одноименные изделия производятся на нескольких станках. В этом случае всегда существует некоторая разница в технических данных этих станков, которая является причиной разброса характеристик производимых изделий. Поэтому можно получить ценную информацию о причинах дефектов, если анализировать данные, разделив (расслоив) их по станкам (оборудованию), с помощью которых были изготовлены изделия. Но влияние на разброс показателей качества изделий оказывают и другие факторы: квалификация и внимание исполнителей, качество исходных материалов, методы и условия производства, время изготовления и т. д. Проводя расслоение также и по этим факторам, можно значительно углубить анализ и повысить обоснованность заключения. Рассматривая каждый фактор, по которому проводится расслоение, можно выявить факторы второго порядка, оказывающие влияние на разброс показателей ка-

чества, зависящих от того или иного фактора первого порядка. Поэтому часто приходится проводить расслоение еще и по факторам второго, а если окажется необходимым, то и по факторам третьего порядка. Так, в нашем примере факторами расслоения второго порядка могут быть следующие:

оборудование (тип и форма; конструкция; срок службы; расположение);

человеческий фактор (заказчик; оператор; рабочий, поставленный в замену; мастер; стаж работы; мужчина или женщина);

исходные материалы (изготовитель; тип и торговая марка; партия);

методы (методы операций; условия операций — температура, давление и т. д.; система сдачи продукции);

время (дата; первая или вторая половина дня; день или ночь; день недели);

изделие (тип; сорт; качество; партия).

Метод расслоения в чистом виде применяется: при расчете стоимости изделия, когда требуется оценка прямых и косвенных расходов отдельно по изделиям и по партиям; при оценке прибыли от продажи изделий отдельно по клиентам и по изделиям; при оценке качества хранения отдельно по изделиям и по партиям и т. д. Кроме того, расслоение используется в случае применения других статистических методов: при построении причинно-следственных диаграмм, диаграмм Парето, гистограмм и контрольных карт.

Графики. Графическое представление данных широко применяется в производственной практике с целью наглядности и облегчения понимания смысла данных. Различают следующие виды графиков:

график, представляющий собой ломаную линию — применяется для выражения временных и тому подобных изменений;

линейный график — применяется для выражения зависимости количественных величин;

круговой график — применяется для выражения процентного соотношения рассматриваемых данных;

ленточный график — применяется для выражения процентного соотношения рассматриваемых данных;

Z — образный график — применяется для выражения условий достижения заданных значений;

«радиационная» диаграмма — применяется для выражения баланса между несколькими факторами;

карта сравнения плановых и фактических показателей — применяется для выражения зависимости между планом и состоянием его выполнения.

Диаграмма Парето. Диаграмма Парето названа по имени итальянского экономиста Парето (1845—1923). Диаграммы Парето часто используют для анализа причин брака. С помощью диаграмм Парето в удобной и наглядной форме можно предста-

вить потери от брака в зависимости от причин появления брака. Диаграмма Парето может выражать результаты расслоения дефектов по причинам, по условиям, по положению и т. д. В результате анализа диаграмм Парето выявляют причины брака, имеющие наибольшую долю (наибольший процентный вклад) и намечают мероприятия по их устранению. Сравнивая диаграммы Парето, построенные по данным до и после улучшения процесса, оценивают эффективность принятых мер.

Причинно-следственная диаграмма. Причинно-следственная диаграмма часто называется также диаграммой Исикавы (по имени ее автора), диаграммой «причина-следствие», «рыбья кость», «рыбий скелет». Она позволяет выявить и систематизировать различные факторы и условия (например исходные материалы, условия операций, станки и оборудование, операторы), оказывающие влияние на рассматриваемую проблему (на показатели качества, такие как размер резьбы, прочность на разрыв, твердость и т. д.). Информация о показателях качества для построения диаграммы собирается из всех доступных источников: используется журнал регистрации операций, журнал регистрации данных текущего контроля, сообщения рабочих производственного участка и т. д. При построении диаграммы выбираются наиболее важные с технической точки зрения факторы. Причины сортируются на наиболее вероятные; на причины, связанные с рассеянностью, и причины, связанные с небрежностью персонала; на причины трудноустраняемые и причины, которые невозможно устранить. Разброс факторов (причин), таких как размеры, температура и другие количественные данные, получаемые с помощью измерений, анализируется с использованием гистограмм и других графических методов. При обнаружении отклонений, указывающих на возможность появления брака, принимают меры по устранению причин отклонений.

Очень часто можно проследить корреляционную зависимость между причинными факторами (параметрами процесса) и показателями качества. В этом случае параметры легко поддаются корректированию.

Сложная причинно-следственная диаграмма анализируется с помощью расслоения по отдельным факторам, таким как материалы, исполнители, время проведения операций и др. При выявленной при анализе заметной разнице в разбросе между «слоями» принимают соответствующие меры для ликвидации этой разницы и устранения причины ее появления. Причинно-следственная диаграмма как метод решения возникающих проблем используется не только в производственной сфере, но и для привлечения новых клиентов, для оценки конфликтов, возникающих между отдельными подразделениями предприятия, для контроля складских операций, контроля долговых обязательств и т. д.

Гистограмма. Если данные ежедневных измерений или контроля одного и того же или нескольких параметров — размеров, ме-

ханических характеристик и т. п., полученных за определенный период, например за месяц (число наблюдений должно составлять не менее 30, а по возможности порядка 100) — сгруппировать по частоте попадания в тот или иной интервал значений и представить это распределение данных графически в виде столбиков, получим график, называемый гистограммой (иногда его называют столбчатой диаграммой). Гистограмма может дать много ценной информации, если сравнить полученное распределение с контрольными нормативами. Информация может оказаться еще более полезной, если по полученному распределению частоты определить среднее значение и стандартное отклонение.

Диаграмма разброса. Диаграмма разброса используется для выявления зависимости между показателями качества (результат) и основными факторами производства (причина) при анализе причинно-следственной диаграммы или для выявления корреляционной зависимости между факторами. Диаграмма разброса строится как график зависимости между двумя переменными x и y . Эффективным методом определения наличия или отсутствия корреляционной зависимости является метод медиан.

Контрольные карты. Контрольная карта представляет собой специальный бланк, на котором проводятся центральная линия и две линии выше и ниже средней, называемые верхней и нижней контрольными границами. На карту точками наносятся данные измерений или контроля параметров и условий производства. Исследуя изменение данных с течением времени, следят, чтобы точки графика не вышли за контрольные границы. Если обнаруживается выброс одной или нескольких точек за контрольные границы, это воспринимается как информация об отклонении параметров или условий процесса от установленной нормы. Для выяснения причины отклонения исследуют влияние качества исходного материала или деталей, методов, операций, условий проведения технологических операций, оборудования.

В производственной практике применяются следующие виды контрольных карт:

карта средних арифметических и размахов ($\bar{x}-R$) — применяется в случае контроля по количественному признаку таких показателей качества, как длина, масса, прочность на разрыв и др.;

карта индивидуальных значений (\bar{x}) — применяется в случае необходимости быстрого обнаружения незамеченных факторов или в случае, когда за день или за неделю было произведено только одно наблюдение;

карта доли дефектной продукции (p) — применяется в случае контроля качества по определению доли дефектных изделий (например, доли дефектных винтов по длине винта, доли дефектных электрических лампочек по качеству металла и т. д.);

карта числа дефектных единиц продукции (pn) — применяется

в случае контроля качества по определению числа дефектных изделий;

карта числа дефектов (C) — применяется в случае, когда контроль качества осуществляется путем определения суммарного числа дефектов в заранее установленном постоянном объеме проверяемых изделий (например, число разрывов на постоянной площади ткани);

карта числа дефектов на единицу продукции (U) — применяется в случае контроля качества по числу дефектов на единицу продукции, когда площадь, длина или другой параметр образца продукции не являются постоянной величиной.

Данные, представляемые в контрольной карте, используются для построения гистограмм; графики, получаемые на контрольных картах, сравниваются с контрольными нормативами. Все это позволяет получать ценную информацию для решения возникающих проблем.

Контрольный листок [2]. Собственно, контрольный листок не относится к «семи инструментам контроля качества». Заполнение контрольных листков является вспомогательным методом для использования контрольных карт, гистограмм и т. п. Формы листка могут быть самыми разнообразными и зависят от поставленной задачи. В контрольный листок заносят необходимые и достаточные данные для решения этой задачи. Такой листок позволяет осуществлять сбор данных за большой период времени. Сбор данных с помощью контрольных листков не требует больших затрат труда и времени — это лишь регистрация результатов контроля, который постоянно или периодически проводится исполнителем или контролером. Примером контрольного листка может служить табл. 2.11 (контрольный листок для контрольной карты ($\bar{x}-R$)).

Перечисленные «семь инструментов контроля качества» при решении различных проблем могут использоваться как в отдельности, так и в различных комбинациях.

Решение той или иной проблемы обычно проводится по следующей схеме [7].

1. Оценка отклонений параметров от установленной нормы. Анализ и оценку данных, полученных из журналов регистрации, легко проводить при их представлении в графическом виде в следующих случаях: при появлении дефектных изделий; при появлении рекламаций; при появлении застоя в движении исходного сырья и материалов или готовой продукции; при удлинении срока хранения изделий на складах; при появлении ситуации, когда вся продукция распродана; при задержке процедур делопроизводства; при задержке поставок; при уменьшении выручки от продажи; при уменьшении прибыли; при неполадках оборудования; при уменьшении производительности станков; при уменьшении процента выхода на работу и т. д.

С помощью контрольных карт оценивают характер отклонений параметров процесса от нормы. Затем с помощью гистограмм оценивают степень нестабильности процесса.

2. Выбор наиболее важных факторов, от которых зависит решение. В случае, когда необходимо сделать заключение, по каким именно видам из большого числа выявленных видов брака можно найти решение проблемы, проводят расслоение и анализ ABC диаграмм Парето.

3. Оценка факторов, явившихся причиной возникновения проблемы. В случае, когда необходимо выявить факторы (причины), действительно оказывающие влияние на появление тех или иных видов брака (результат), организуют «мозговой штурм» всех имеющих отношение к проблеме, которые проводят анализ причинно-следственной диаграммы, куда занесены все предполагаемые факторы. При этом проводят расслоение по зависимостям между видами брака и влияющими факторами или между факторами разных порядков и с помощью диаграммы разброса исследуют возможность корреляции.

4. Оценка важнейших факторов, явившихся причиной появления брака. Для того, чтобы оценить, какие из множества причинных факторов оказывают самое большое влияние на появление брака, проводят анализ ABC диаграмм Парето.

5. Совершенствование операций. Если после систематизации и анализа причинных факторов намечаются корректирующие мероприятия и проводятся успешно, методы производства меняют в сторону совершенствования вплоть до создания нового стандарта на методы операций. Нарботанный опыт распространяется на другие рабочие участки.

6. Подтверждение результата. После улучшения методов операций вновь проводят исследование с помощью контрольных карт и гистограмм для оценки стабильности процесса после проведенных корректирующих мероприятий. Степень улучшения состояния процесса определяют сравнением диаграмм Парето, отражающих состояние до и после проведения корректирующих мероприятий. Если мощность процесса оказывается достаточной, контроль ослабляется. Улучшение методов операций может повлечь за собой снижение стоимости изделия.

Таким образом, правильная обработка и анализ данных — важнейший этап управления качеством. Для обеспечения достоверности данных необходимо строго вести регистрацию всех данных, относящихся к производству изделий конкретной партии, начиная с регистрации номера партии. Сюда должна включаться регистрация данных: приемочного контроля, контроля технологического процесса, проверки отдельных этапов процесса, входного контроля исходного сырья и материалов, контроля оборудования и т. д.

Распределение количественных данных, таких как размеры, масса, влажность и т. д., собранных за определенный период (например за месяц) при достаточном числе наблюдений (порядка

100), представленных графически гистограммой (рис. 1.1), близко к нормальному (гауссову) распределению.

Если обозначить среднее значение нормального распределения через μ , а стандартное отклонение через σ , то частота попадания данных за пределы этого диапазона будет соответствовать указанной в табл. 1.1.

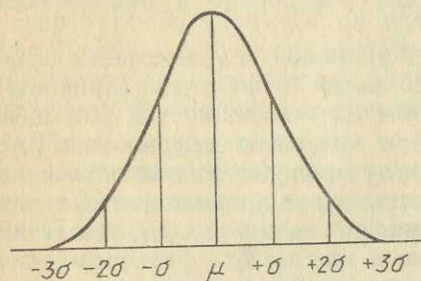


Рис. 1.1. Пример нормального распределения.

Таблица 1.1		
Диапазон	Частота попадания в диапазон, %	Частота попадания за пределы диапазона, %
$\mu \pm 1\sigma$	68,2	31,74
$\mu \pm 2\sigma$	95,44	4,56
$\mu \pm 3\sigma$	99,73	0,27
$\mu \pm 4\sigma$	99,994	0,0006

Как можно видеть, вероятность того, что данные выйдут за предел диапазона тройного стандартного отклонения, составляет 0,27%, т. е. примерно 0,3%. Это значит, что в случае, когда стандартное значение параметра изделия отличается от среднего значения на σ , если даже все изделия сделанной из партии выборки при выборочной проверке оказались годными, в партии около 0,3% изделий могут оказаться бракованными.

Таким образом, для обеспечения качества при выборочной проверке стабильность процесса должна быть такой, чтобы разброс параметров изделия удерживался в пределах 8–10-кратного стандартного отклонения в одну и другую сторону от стандартной нормы параметра.

При систематизации количественных данных, полученных в результате контроля, можно видеть, что число дефектных изделий pn и доля дефектных изделий p подчиняются биномиальному распределению (рис. 1.2). Суммарное число дефектов C подчиняется закону распределения Пуассона (рис. 1.3).

Оба эти распределения, как видно из рисунков, не обладают двусторонней симметрией, а вытянуты вправо от оси ординат. Однако если число дефектных изделий pn и среднее число дефектов на единицу площади m велики ($pn \geq 5$; $m \geq 5$), и то и другое распределение приближается к нормальному, поэтому в расчетах можно использовать нормальное распределение. При построении контрольных карт как биномиальное распределение, так и распределение Пуассона можно представлять как нормальное распределение.

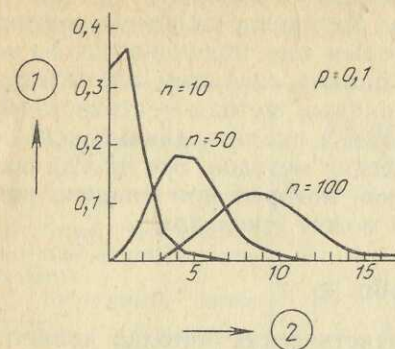


Рис. 1.2. Пример биномиального распределения:

1—относительная частота; 2—число дефектных изделий

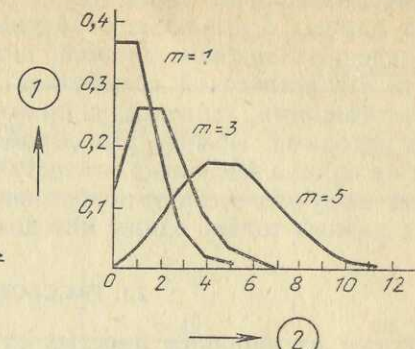


Рис. 1.3. Пример распределения Пуассона:

1—относительная частота; 2—суммарное число дефектов

ГЛАВА 2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «СЕМИ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА»

При осуществлении контроля качества производится обязательный сбор данных, а затем их обработка. Но данные, касающиеся даже одного и того же параметра изделия, не могут быть многократно получены при идентичных условиях, так как в ходе процесса меняются отдельные детали и обстоятельства. Поэтому при операциях, относящихся к контролю качества, приходится иметь дело с большим числом данных, характеризующих те или иные параметры изделия, условия процесса и т. д., причем эти данные при повторных измерениях всегда оказываются несколько отличающимися от полученных в другое время и при других условиях, то есть всегда наблюдается разброс данных. Анализируя разброс данных, можно найти решение возникшей в процессе производства проблемы.

Например, при использовании одной и той же технологии и одинаковых производственных операций, в одном случае производится качественное изделие, в другом — некачественное. Если провести сравнение процесса изготовления качественного и некачественного изделий, детально изучая данные, относящиеся к каждому этапу процесса, можно выявить момент, когда различие в данных оказалось максимальным; таким образом можно найти причину, приведшую к появлению брака. Устранение причины или системы причин будет решением проблемы.

Систематизация, обработка и исследование такого большого числа данных с помощью различных методов с целью выявления определенных закономерностей, которым они подчиняются, называется статистической обработкой; данные при этом называются статистическими данными, а применяемые методы — статистическими методами. Обычно для обработки и анализа данных используют не один, а несколько статистических методов. Это иногда позволяет получить ценную информацию, которая при анализе разброса данных только одним методом может ускользнуть.

2.1. РАССЛОЕНИЕ [8]

Одним из наиболее простых статистических методов является метод расслоения. В соответствии с этим методом производят расслоение данных, то есть группируют данные в зависимости от условий их получения и производят обработку каждой группы данных в отдельности. Например, данные, относящиеся к изделию, производимому в цеху на рабочем месте, могут в какой-то мере различаться в зависимости от исполнителя, от используемого оборудования, от методов проведения рабочих операций, от температурных условий и т. д. Все эти отличия могут быть факторами расслоения. Расслоение помогает выяснить причину появления дефекта, если обнаруживается разница в данных между «слоями». Например, если расслоение проведено по фактору «оператор», то при значительном различии в данных можно определить влияние того или иного оператора на качество изделия; если расслоение проведено по фактору «оборудование» — влияние использования разного оборудования и т. д.

Решение проблемы не всегда находится на поверхности. Рассмотрим следующий пример.

Довольно часто бывают случаи, когда поставки по заказам, размещенным в сторонних организациях, задерживаются, сроки поставок не выполняются. В таких случаях проблема обсуждается на совещании всех имеющих к ней отношение с целью нахождения причин невыполнения сроков поставок и нахождения мер по устранению этих причин. Обычными предложениями в таких случаях бывают «увеличить срок выполнения заказа» или «строго соблюдать дату оформления заказа». В этом случае необходимо хорошо проанализировать данные, чтобы понять, будет ли строгое соблюдение даты оформления заказа той мерой, которая действительно решит проблему задержки выполнения заказа. Для этого разделяют случаи выполнения заказа в срок и случаи задержки выполнения заказа, с одной стороны, а также случаи строгого соблюдения даты оформления заказа и случаи запаздывания с оформлением заказа, — с другой, после чего анализируют таблицу расслоения.

Если в результате анализа данных окажется, что строгое соблюдение даты оформления заказа приведет к значительному

улучшению положения, как это видно из табл. 2.1, то решение проблемы можно считать найденным.

Таблица 2.1.

Оформление заказа	Выполнение заказа в срок, число случаев	Выполнение заказа с опозданием, число случаев	Всего случаев
В соответствии с установленной датой, число случаев	21	2	23
С опозданием, число случаев	3	42	45
Всего случаев	24	44	68

Если же при расслоении данные оказываются расположенными, как в табл. 2.2, результат анализа не позволяет утверждать, что строгое соблюдение даты оформления заказа окажется решающим фактором в решении проблемы. В этом случае необходимо провести более глубокий анализ данных. Прежде всего, следует провести расслоение по видам деталей, которые составляют заказ (табл. 2.3).

Таблица 2.2.

Оформление заказа	Выполнение заказа в срок, число случаев	Выполнение заказа с опозданием, число случаев	Всего случаев
В соответствии с установленной датой, число случаев	6	17	23
С опозданием, число случаев	18	27	45
Всего случаев	24	44	68

Таблица 2.3.

Детали	Выполнение заказа в срок, число случаев	Выполнение заказа с опозданием, число случаев	Всего случаев
A	1	14	15
B	2	11	13
C	0	11	11
D	8	1	9
E	6	4	10
F	7	3	10
Всего случаев	24	44	68

Как видно из анализа табл. 2.3, больше всего случаев задержки поставок относится к поставкам деталей *A, B, C*. По сравнению с ними число случаев задержки деталей *D, E, F* незначительно. Следует, очевидно, найти причину такой разницы в сроках поставок этих деталей.

Допустим, было выяснено, что детали *A, B, C* в отличие от деталей *D, E, F* требуют дополнительной поверхностной обработки. Также было выяснено, что помимо того, что процесс изготовления деталей *A, B, C* оказывается дольше, их поверхностная обработка выполняется в свою очередь по вторичному заказу другим предприятием. Кроме того, оказалось, что бывают случаи, когда не требующие поверхностной обработки детали *D, E, F* также передаются для изготовления другому предприятию по вторичному заказу. Эти данные анализируются после составления таблицы расслоения по фактору наличия или отсутствия вторичного заказа.

Таблица 2.4.

Вторичный заказ	Выполнение заказа в срок, число случаев	Выполнение заказа с опозданием, число случаев	Всего случаев
Имеет место, число случаев	3	42	45
Отсутствует, число случаев	21	2	23
Всего случаев	21	44	68

Результат анализа табл. 2.4 указывает на большое влияние наличия или отсутствия вторичного заказа на срок выполнения первичного заказа.

Таким образом, анализ данных по методу расслоения в этом случае приводит к выводу, что для окончательного решения проблемы должны быть намечены следующие меры:

- 1) не допускать вторичных заказов, которые делаются без предварительной договоренности с предприятием-заказчиком;
- 2) скорректировать объем заказа так, чтобы он был по силам предприятию, на котором размещается заказ, и не побуждал его делать вторичные заказы на стороне;
- 3) информацию о планировании размещения заказа на детали, требующие поверхностной обработки, доводить до предприятия, на котором размещается заказ, заранее;
- 4) помочь предприятию, на котором размещается заказ, освоить принципы ведения дел с предприятиями, на которых размещаются вторичные заказы.

2.2. ГРАФИКИ

Графическое представление числовых данных позволяет выявить закономерности, которым подчиняется рассматриваемая группа данных. График дает возможность не только оценить состояние на данный момент, но и спрогнозировать более отдаленный результат по тенденции процесса, которую можно в нем обнаружить, а следовательно, наметить меры, которые могут предупредить ухудшение состояния или усилить положительный результат [7].

График, выраженный ломаной линией. Таким графиком представляют, например, изменение с течением времени размера ежемесячной выручки от продажи изделий, объема производства или доли дефектных изделий. По оси ординат на таком графике откладывают значение соответствующей величины, а по оси абсцисс — время. Нанесенные на график точки соединяют прямыми отрезками. Эффективность полученной информации возрастет, если при анализе данные расслоить по таким факторам, как продавец, изделие, станок и т. д. Пример такого графика для выражения изменения реальной выручки от продажи изделий по годам от года к году приведен на рис. 2.1.

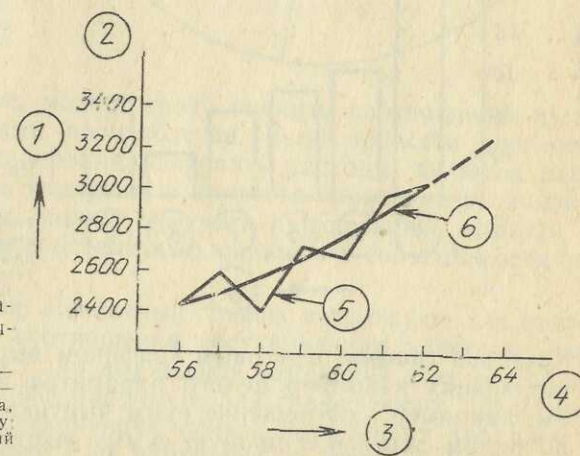


Рис. 2.1. Реальный характер изменения выручки:
1—выручка; 2—млн. ден.; 3—финансовый год; 4—год; 5—реальная точка графика, характеризующая выручку; 6—отрезок, отражающий тенденцию

С первого взгляда на рисунок можно понять реальный характер изменения выручки. Более того, если провести анализ по методу наименьших квадратов, то по отрезку, отражающему тенденцию изменения выручки, можно предсказать размер выручки в очередном году.

Карта контроля представляет собой разновидность графика, выраженного ломаной линией.

Столбчатый график. С помощью столбчатого графика представляют количественную зависимость, выражаемую высотой стол-

бика, таких факторов, как себестоимость изделия от вида изделия, сумма потерь в результате брака от процесса, коэффициент вклада в возникновение пожара от рабочего участка, сумма выручки от магазина и т. д. Разновидности столбчатого графика — диаграмма Парето и гистограмма. При построении столбчатого графика по оси ординат откладывают количество, по оси абсцисс — факторы; каждому фактору соответствует столбик.

Пример столбчатого графика показан на рис. 2.2. С помощью этого графика анализируются стимулы к покупке изделий. При первом взгляде на график становится ясным коэффициент вклада в решение о покупке каждого из стимулов. Столбики, выражающие стимулы, расположены на графике в порядке их частоты. Если построить кумулятивную сумму, получим диаграмму Парето.

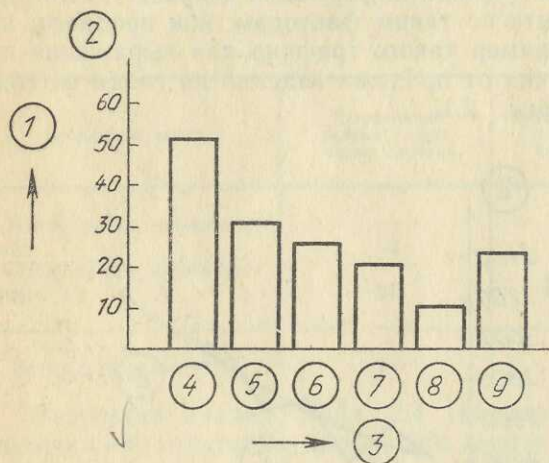


Рис. 2.2. Стимулы к покупке изделий:

1—число случаев; 2—случаи; 3—стимулы к покупке изделий; 4—качество; 5—снижение цены; 6—гарантированные сроки; 7—дизайн; 8—доставка; 9—прочие

Круговой график. Круговым графиком выражают соотношение составляющих какого-то целого параметра и всего параметра в целом, например: соотношение сумм выручки от продажи отдельно по видам деталей и полную сумму выручки; соотношение типов используемых стальных пластин и общее число пластин; соотношение тем работы кружков качества (отличающихся содержанием) и общее число тем; соотношение элементов, составляющих себестоимость изделия, и целое число, выражающее себестоимость и т. д. Целое принимается за 100% и выражается полным кругом. Составляющие выражаются в виде секторов круга и располагаются по кругу в направлении движения часовой стрелки, начиная с элемента, имеющего наибольший процент вклада в целое, в порядке уменьшения процента вклада. Последним ставится элемент «прочие». На круговом графике легко видеть сразу все составляющие и их соотношение. Пример кругового графика

показан на рис. 2.3, где представлено соотношение составляющих себестоимости производства.

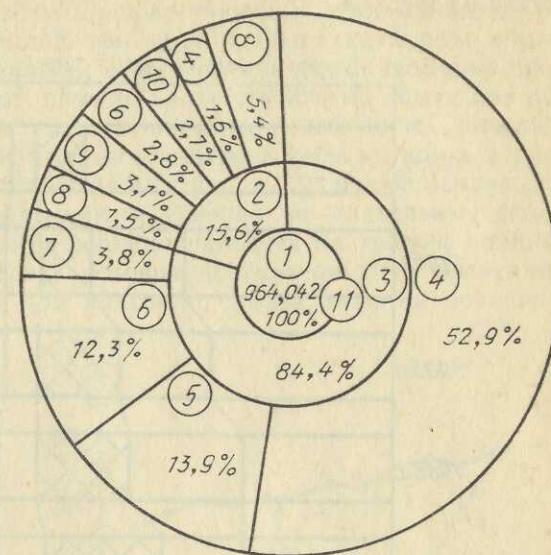


Рис. 2.3. Соотношение составляющих себестоимости производства:

1—себестоимость производства; 2—косвенные расходы; 3—прямые расходы; 4—стоимость сырья и материалов; 5—выплаты по внешним заказам; 6—расходы на зарплату; 7—стоимость закупаемых деталей; 8—прочие; 9—стоимость электроэнергии и топлива; 10—выплаты по уценке; 11—тыс. изн

Глядя на график, можно сразу оценить соотношение составляющих себестоимости производства. Если провести расслоение по видам продукции, проанализировать расходы, включая расходы на продажу и на контроль, и провести сравнение расходов по отдельным периодам, можно получить информацию, которая натолкнет на идею, способствующую снижению себестоимости производства.

Ленточный график. Ленточный график используют для наглядного представления соотношения, составляющих какого-то параметра и одновременно для выражения изменения этих составляющих с течением времени, например: для графического представления соотношения составляющих суммы выручки от продажи изделий по видам изделий и их изменения по месяцам (или годам); для представления содержания анкет при ежегодном анкетировании и его изменении от года к году; для представления причин дефектов и изменения их по месяцам и т. д.

При построении ленточного графика прямоугольник графика делят на зоны пропорционально составляющим или в соответствии с количественными значениями и по длине ленты размечают участки в соответствии с соотношением составляющих по каждому фактору. Систематизируя ленточный график так, чтобы ленты располагались в последовательном временном порядке, можно оценить изменение составляющих с течением времени.

Пример ленточного графика для выражения соотношения сумм выручки от продажи изделий по отдельным видам изделий в порядке убывания их вклада в выручку и их изменения по годам показан на рис. 2.4.

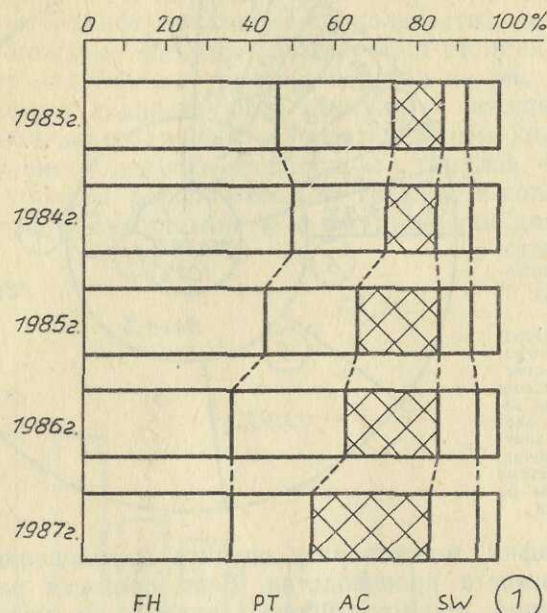


Рис. 2.4. Соотношение сумм выручки от продажи по отдельным видам изделий:

1—прочие

При взгляде на график видно, что доля выручки от продажи изделий АС из года в год увеличивается. Что же касается изделий FH (в 1987 г. их доля составляет 36,8%) и PT (в 1987 г. их доля составляет 20,8%), то хотя их вес в 1987 г. все еще значителен, за период с 1983 по 1987 г. их общая доля в выручке уменьшилась с 75,6% до 57,6%. Это объясняется изменением жизненного цикла изделий. Анализ графика приводит к выводу, что в связи с изменением обстановки необходимо направить усилия на разработку новых видов изделий.

Z-образный график. Z-образный график используют для оценки общей тенденции при регистрации по месяцам фактических данных, таких как объем сбыта, объем производства и т. д. График строится следующим образом: 1) откладываются значения параметра (например объем сбыта) по месяцам (за период одного года) с января по декабрь и соединяются отрезками прямой — получается график, образуемый ломаной линией; 2) вычисляется кумулятив-

ная сумма за каждый месяц и строится соответствующий график; 3) вычисляются итоговые значения, изменяющиеся от месяца к месяцу (меняющийся итог), и строится соответствующий график, образуемый ломаной линией. За меняющийся итог принимается в данном случае итог за год, предшествующий данному месяцу. Общай график, включающий три построенных указанным образом графика, имеет вид буквы Z, отчего он и получил свое название.

Z-график применяют, помимо контроля объема сбыта или объема производства, для уменьшения числа дефектных изделий и суммарного числа дефектов, для снижения себестоимости и уменьшения случаев невыхода на работу и т. д. По меняющемуся итогу можно определить тенденцию изменения за длительный период. Вместо меняющегося итога можно наносить на график планируемые значения и проверять условия достижения этих значений.

Пример Z-графика для контроля суммы выручки показан на рис. 2.5.

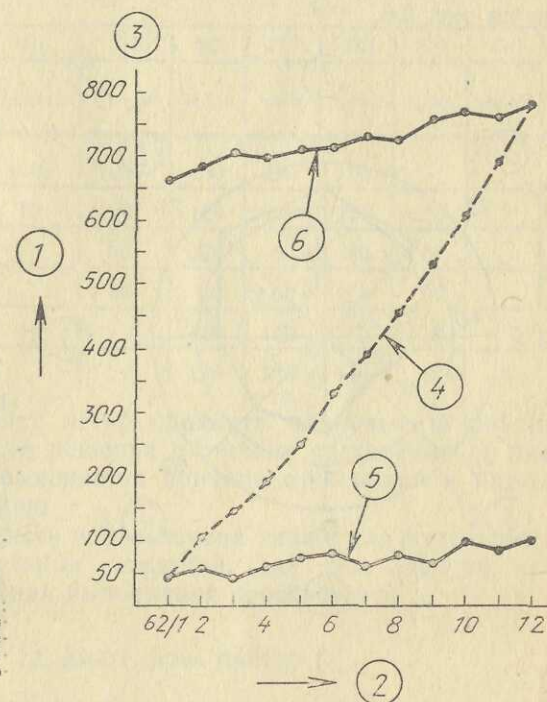


Рис. 2.5. Контроль суммы выручки:

1—выручка; 2—месяцы года; 3—млн. руб.; 4—кумулятивная сумма выручки по месяцам; 5—выручка по месяцам; 6—изменяющаяся итоговая выручка

На графике хорошо видно изменение суммы выручки от месяца к месяцу и изменение от месяца к месяцу кумулятивной суммы выручки. По поведению меняющейся итоговой суммы выручки ясна общая тенденция изменения суммы выручки за 1987 г.

Если нанести на этот график график запланированных значений суммы выручки, можно оценить условия достижения этих

значений; если нанести график кумулятивной суммы кредитного оборота, можно оценить условия контроля кредитных сумм.

«Радиационная» диаграмма. Этот график строится следующим образом: из центра круга к окружности проводятся по числу факторов прямые линии (радиусы), которые напоминают лучи, расходящиеся при радиоактивном распаде (отсюда и название графика). На эти радиусы наносят деления градуировки и откладывают значения данных. Точки, которыми обозначены отложенные значения, соединяют отрезками прямой. Таким образом, «радиационная» диаграмма представляет собой комбинацию кругового и линейного графиков. Числовые значения, относящиеся к каждому из факторов, сравнивают со стандартными значениями и значениями, достигнутыми другими фирмами. Поскольку график отличается высокой наглядностью, его используют для анализа управления предприятием, для оценки кадров, для оценки качества и т. д.

Пример «радиационной» диаграммы для анализа управления показан на рис. 2.6.

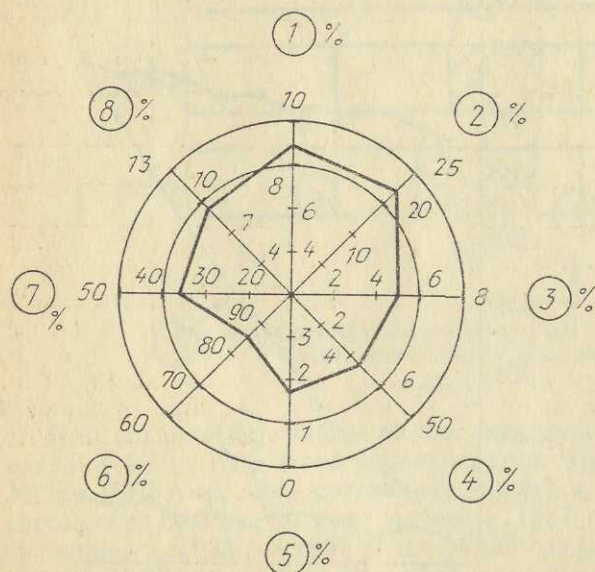


Рис. 2.6. Анализ состояния управления:

1—процент текущей прибыли от общего капитала; 2—процент общей прибыли от выручки; 3—процент текущей прибыли от выручки; 4—отношение собственного капитала к общему капиталу; 5—процент выплат от выручки; 6—соотношение прибыли и убытков; 7—предельный процент прибыли; 8—процент повышения суммы выручки за год

Анализируя график, можно в общих чертах оценить состояние управления на данной фирме. «Барометр» (стандартные значения) управления показан пунктирной линией. При сравнении с ней полученного графика можно видеть, что особого внимания требуют проблемы, связанные с соотношением прибылей и убытков. Ясно также, что имеются определенные трудности с постоянными и меняющимися расходами. Если провести сравнение

только со стандартными значениями, но и с показателями предыдущего года или с показателями других фирм, можно быстро и обобщенно оценить проблемы собственной фирмы.

Карта сравнения плановых и фактических показателей. Карта представляет собой таблицу, у которой по вертикали в две строки проставляются плановые и фактически достигнутые показатели, а по горизонтали — дата получения данных. Таблица наглядно показывает состояние выполнения плана. Такая карта применяется в случаях контроля мощности и распределения нагрузки на исполнителей или оборудования за определенный период, для оценки состояния выполнения работы за определенный период и т. д.

Примером карты сравнения плановых и фактических показателей для контроля производственного задания является табл. 2.5.

Таблица 2.5.

Изделие	Число изделий	Дата							
		18/1	19/1	20/1	21/1	22/1	23/1	24/1	25/1
		понед.	вторн.	среда	четв.	пятн.	субб.	воскр.	понед.
A	500	План	100	100	100	100			
		Факт	70	100	100	110	100	20	
B	300	План		60	60	60	60	60	
		Факт		50	50	60	70	70	
C	700	План			140	140	140		140
		Факт			120	120	140	10	150

Таблица позволяет легко сравнить плановые и фактические показатели и вынести решение о степени отставания от плана. В случае отставания выясняется причина отставания и намечаются меры по ее устранению.

Таблица может быть использована также для отдельных видов оборудования, отдельных операций, для тем занятий кружков качества, для состояния выполнения проектов и т. д.

2.3. ДИАГРАММА ПАРЕТО [7]

В повседневной деятельности предприятия постоянно возникают всевозможные проблемы, такие как трудности с оборотом кредитных сумм, с освоением новых правил принятия заказов; появление брака, неполадок оборудования; удлинение времени от выпуска партии изделий до ее сбыта; наличие на складах продукции, лежащей «мертвым грузом»; поступление рекламаций, количество которых не уменьшается, не взирая на старания повысить качество;

задержка сроков поставок исходного сырья и материалов и т. д. Поиск решения этих проблем начинают с их классификации по отдельным факторам (проблемы, относящиеся к финансовым; проблемы, относящиеся к браку; проблемы, относящиеся к работе оборудования или исполнителей, и т. д.), сбора и анализа данных отдельно по группам проблем. Чтобы выяснить, какие из этих факторов являются основными, строят диаграмму Парето и проводят анализ диаграммы.

Диаграмма Парето используется и в противоположном случае, когда положительный опыт отдельных цехов или подразделений хотят внедрить на всем предприятии. С помощью диаграммы Парето выявляют основные причины успехов и широко пропагандируют эффективные методы работы.

При использовании диаграммы Парето для контроля важнейших факторов наиболее распространенным методом анализа является так называемый АВС — анализ. Допустим, на складе находится большое число деталей — 1000, 3000 или более. Проводить контроль всех деталей одинаково, без всякого различия, очевидно, неэффективно. Если же эти детали разделить на группы, допустим, по их стоимости, то на долю группы наиболее дорогих деталей, составляющей 20—30% от общего числа хранящихся на складе деталей, придется 70—80% от общей стоимости всех деталей, а на долю группы самых дешевых деталей, составляющей 40—50% от всего количества деталей, придется всего 5—10% от общей стоимости. Назовем первую группу группой А, вторую — группой С. Промежуточную группу, стоимость которой составляет 20—30% от общей стоимости, назовем группой В. Теперь ясно, что контроль деталей на складе будет эффективным в том случае, если контроль деталей группы А будет самым жестким, а контроль деталей группы С — упрощенным.

Такой анализ широко применяется для контроля складов, контроля клиентуры, контроля денежных сумм, связанных со сбытом и т. д.

Диаграмма Парето для решения таких проблем, как появление брака, неполадки оборудования, контроль деталей на складах и т. д. строится в виде столбчатого графика, столбики которого соответствуют отдельным факторам, являющимся причинами возникновения проблемы. Столбики разделяются на группы А, В, С по числу случаев или по сумме потерь. На графике строится кривая кумулятивной суммы, по соотношению отрезков которой, относящихся к группам А, В, С, можно легко оценить фактическое положение дел (рис. 2.7).

Диаграмму Парето целесообразно применять вместе с причинно-следственной диаграммой. После проведения корректирующих мероприятий диаграмму Парето можно вновь построить для изменившихся в результате коррекции условий и проверить эффек-

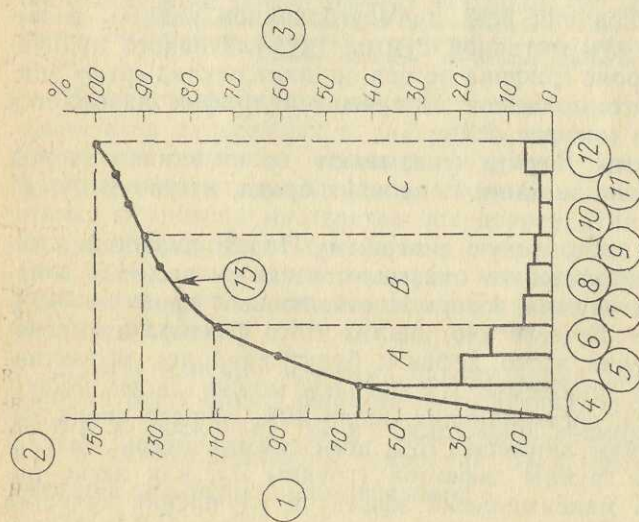


Рис. 2.7. Диаграмма Парето для анализа брака крогелельных листов:

1—сумма потерь (за месяц); 2—тыс. пен; 3—соотношение отрезков кривой кумулятивной суммы; 4—хорошее качество; 5—боковой итл; 6—отклонения от перпендикулярности; 7—трещины; 8—внестообразность; 9—боковая трещина; 10—грязь; 11—шелушение краски; 12—прочие; 13—кумулятивная сумма

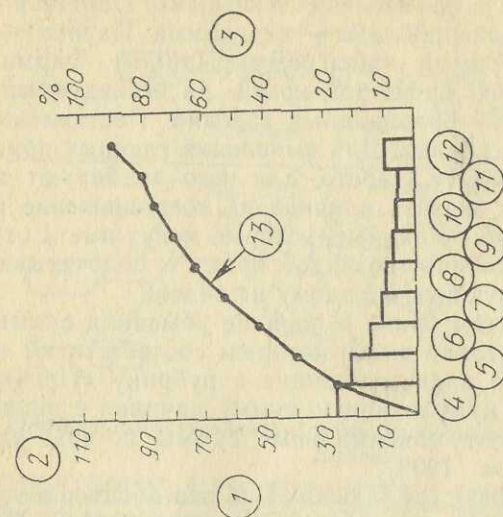


Рис. 2.8. Диаграмма Парето по видам брака крогелельных листов (после улучшения):

1—сумма потерь (за месяц); 2—тыс. пен; 3—соотношение отрезков кривой кумулятивной суммы; 4—боковой итл; 5—хорошее качество; 6—отклонения от перпендикулярности; 7—трещины; 8—внестообразность; 9—боковая трещина; 10—грязь; 11—шелушение краски; 12—прочие; 13—кумулятивная сумма

тивность проведенных улучшений. На рис. 2.8 представлена диаграмма Парето, относящаяся к той проблеме, что и диаграмма на рис. 2.7, но построенная для новых условий после улучшения.

Рассмотрим пример применения диаграммы Парето в практическом случае (схема: проблема — диаграмма Парето — причинно-следственная диаграмма — диаграмма Парето). Фирма А производит металлические листы для крыш. За исследуемый период было произведено 8020 бракованных изделий. Поставлена задача уменьшить количество брака. Для выявления главных причин брака составляют диаграмму Парето, для чего подбирают все факторы, которые могут оказать влияние на возникновение брака:

1) собирают месячные данные, которые могут иметь отношение к браку, выявляют количество видов брака и подсчитывают сумму потерь, соответствующую каждому из видов;

2) располагают виды брака в порядке убывания суммы потерь так, чтобы в конце стояли виды, которым соответствуют наименьшие суммы потерь, и виды, входящие в рубрику «Прочие»;

3) подсчитывают кумулятивную сумму начиная с видов брака, которым соответствуют максимальные суммы потерь; их общую сумму принимают за 100%;

4) на миллиметровке откладывают по оси абсцисс виды брака, начиная с тех, которым соответствуют максимальные суммы потерь, а по оси ординат — суммы потерь;

5) строят на миллиметровке столбчатый график, где каждому виду брака соответствует прямоугольник (столбик), вертикальная сторона которого соответствует значению суммы потерь от этого вида брака (основания всех прямоугольников равны), и вычерчивают кривую кумулятивной суммы (кумулятивного процента). На правой стороне графика по оси ординат откладывают значения кумулятивного процента. Полученный график называется диаграммой Парето (см. рис. 2.7);

6) для диаграммы Парето указывают ее название, период получения данных, число данных, процент брака, итоговую сумму потерь и т. д.

При взгляде на построенную диаграмму Парето становится ясным, что фактор «коробление» оказывается самым весомым и является причиной появления потерь, составляющих примерно 43% от их общей суммы. Естественно, анализ этого фактора и выяснение причин появления этого дефекта будут наиболее эффективными для решения проблемы. Из графика можно легко понять, что три вида брака, составляющих около 30% общего числа видов брака, составляют примерно 75% всей суммы потерь. Результаты анализа этой группы дефектов (группы А), как легко видеть, должны дать максимальный эффект в улучшении качества изделий.

Анализ дефекта «коробление», т. е. выявление причин его появления, был проведен на занятиях кружка качества. Для этого была построена причинно-следственная диаграмма (рис. 2.9).

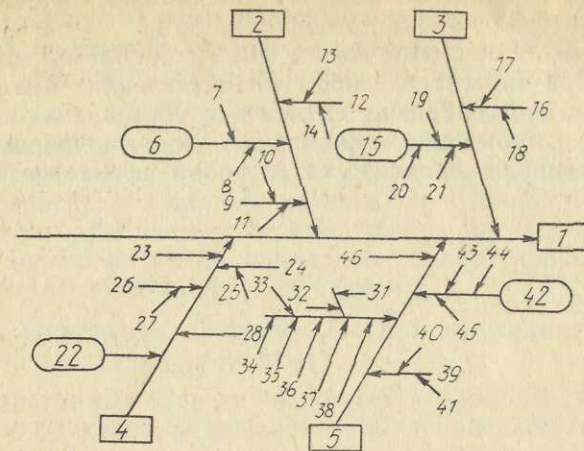


Рис. 2.9. Причинно-следственная диаграмма для анализа коробления кровельных листов:

1—коробление; 2—материал; 3—формовочный станок; 4—методы операций; 5—оператор; 6—дефекты материала; 7—растяжение по краям; 8—растяжение в центре; 9—качество материала; 10—прочность на растяжение; 11—твердость; 12—исходная толщина листа; 13—толщина слоя краски; 14—толщина плакировки; 15—регулировка; 16—техническое обслуживание и контроль; 17—повседневный контроль (текущий контроль); 18—периодический контроль; 19—центрирование валков; 20—составление теста; 21—разница в высоте валков; 22—операции формовочного станка; 23—принятие материала; 24—рабочий стол; 25—одинаковость высоты с высотой формовочного станка; 26—степень горизонтальности пола на рабочем месте; 27—степень горизонтальности станка; 28—содержание операций; 29—условия, в которых проводятся операции; 30—подготовка рабочего места; 31—уборка; 32—индикация безопасности; 33—вентиляция; 34—шум; 35—грязь; 36—освещение; 37—температура; 38—окраска; 39—обучение и практика; 40—планируемая долговременная учебная практика; 41—работает постоянно или временно; 42—уровень мастерства; 43—стаж работы; 44—одежда; 45—консультации оператору; 46—личные достижения

Исследование причинно-следственной диаграммы показало, что среди всех занесенных в диаграмму причин особенно влияют на ухудшение качества изделий следующие факторы: регулировка формовочного станка, дефекты материала, операции формовочного станка и уровень мастерства операторов. Для выделенных основных факторов была составлена специальная диаграмма Парето (рис. 2.10), из которой явствует, что наиболее важной причиной ухудшения уровня отладки формовочного станка является центрирование валков.

Для устранения основных причин брака был пересмотрен стандарт на регулировку формовочного станка, проверен специальным тестом и, поскольку были обнаружены возможности его улучшения, в него были внесены изменения. Было также организовано повышение квалификации операторов.

После этого была построена диаграмма Парето (рис. 2.8) для сравнения с диаграммой (рис. 2.7), построенной до улучшения стандарта. Из сравнения диаграмм видно, что в результате улуч-

шения качества изделия по фактору «коробление» удалось сократить сумму потерь от брака примерно на 30%.

В сложной экономической жизни фирмы проблемы могут возникнуть в любой момент в любом подразделении. Анализ этих проблем всегда целесообразно начинать с составления диаграммы Парето. С их помощью можно анализировать широкий круг проблем, относящихся практически к любой сфере деятельности на фирме.

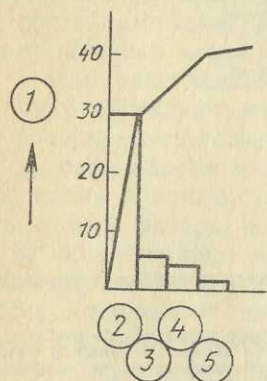


Рис. 2.10. Диаграмма Парето для анализа коробления кровельных листов:

1—число дефектов; 2—центрирование валков; 3—операции фермовочного станка; 4—опытность оператора; 5—дефекты материала

Финансовая сфера: анализ себестоимости изделий отдельно по видам изделий; анализ сбыта; анализ соотношения затрат на деятельность по контролю по факторам контроля; анализ прибыли отдельно по видам изделий; анализ процента прибыли; анализ «мертвого капитала» в обороте денежных сумм отдельно по назначению сумм и т. д.

Сфера сбыта: анализ прогноза потребностей отдельно по видам изделий; анализ выручки от продажи изделий отдельно по продавцам и по магазинам; анализ случаев получения рекламаций отдельно по содержанию рекламаций и анализ суммы потерь от рекламаций; анализ числа возвращенных изделий отдельно по видам изделий; анализ выручки отдельно по сумме выручки, отдельно по видам изделий, и т. д.

Сфера материально-технического снабжения: анализ числа случаев специального отбора по видам сырья и материалов; анализ числа дней задержки поставок отдельно по видам сырья и материалов; анализ денежных потерь в результате бесполезной задержки на складах отдельно по видам сырья и материалов; анализ расходов на хранение на складах отдельно по видам сырья и материалов, и т. д.

Сфера производства: анализ числа переделок отдельно по рабочим участкам; анализ числа неполадок отдельно по станкам; анализ выхода и качества отдельно по условиям рабочих операций; анализ процента брака отдельно по дням недели; анализ

случаев остановки процесса отдельно по процессам; анализ потерь времени отдельно по процессам; анализ числа дней хранения на складах и денежных затрат на это отдельно по видам изделий; анализ случаев поломок отдельно по рабочим участкам, и т. д.

Сфера делопроизводства: анализ числа предложений отдельно по сотрудникам (по кружкам качества); анализ числа дней обработки документов отдельно по предложениям; анализ качества нереализованных материалов и процента их реализации отдельно по рабочим участкам; анализ числа ошибок в накладных отдельно по видам накладных; анализ процента выполнения плана отдельно по подразделениям и т. д.

При построении диаграмм Парето необходимо обращать внимание на следующие моменты:

1) диаграмма Парето оказывается наиболее эффективной, если число факторов, размещаемых по оси абсцисс, составляет 7—10;

2) при обработке данных необходимо проводить их расслоение по отдельным факторам, которые должны быть хорошо известны. Это — время отбора данных, тип изделий и партия сырья (материалов, комплектующих), процесс, руководитель, клиент, станок, оператор и т. д.;

3) при построении диаграммы Парето для числа случаев, процента и т. п. в случае возможности подсчета при этом суммы затрат следует отражать на диаграмме Парето также и сумму затрат;

4) в том случае, когда все столбики на диаграмме Парето оказываются одной высоты, т. е. разницы во вкладе отдельных факторов в появлении брака нет, анализ диаграммы, а следовательно, и улучшение положения, оказывается достаточно простым.

Однако равномерность распределения вклада факторов в появление брака может быть обусловлена и неправильным подходом к расслоению, поэтому в таких случаях при расслоении следует проверить данные или собрать новые. При построении диаграммы для числа случаев (процента) нужно подсчитать и отобразить на диаграмме сумму потерь;

5) в случае, когда фактор «Прочие» оказывается слишком большим по сравнению с другими факторами, следует повторить анализ содержания фактора «Прочие», а также вновь проанализировать все факторы;

6) если фактор, стоящий первым по порядку, технически труден для анализа, следует начать с анализа следующего за ним;

7) если обнаруживается фактор, в отношении которого легко провести улучшение, то его следует проводить, не обращая внимания на его место в порядке расположения факторов в диаграмме;

8) при систематическом ежемесячном составлении диаграмм Парето для одного и того же процесса и сравнения этих диаграмм

в некоторых случаях, несмотря на отсутствие заметных изменений общего количества брака, меняют порядок расположения факторов, влияющих на появление брака. При нарушении стабильности процесса в этом случае нестабильность будет сразу замечена.

Если удастся уменьшить влияние этих факторов в одинаковой степени, проявится высокая эффективность улучшения;

9) бывает, что факторы, доля влияния которых уменьшилась, и факторы, доля влияния которых не изменилась после улучшения, находятся между собой в корреляционной зависимости.

2.4. ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА

Качество изделия обеспечивается в процессе его изготовления. Можно сказать, что качество изделия является результатом действия системы факторов и причин, составляющих процесс. Японцы, тяготеющие к алгоритмизации определений для упрощения усвоения основных понятий работниками первой линии производства, определяют процесс как взаимодействие 4M (material — (материал) + machine — (оборудование) + man — (оператор) + method — (метод)). Зависимость между процессом (4M), представляющим собой систему причинных факторов, и качеством, представляющим собой результат действия этих причинных факторов, можно выразить графически, как показано на рис. 2.11 [8].

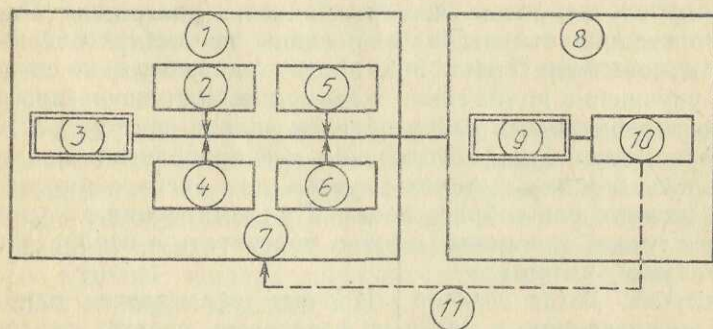


Рис. 2.11. Причинно-следственная диаграмма:

1—система причинных факторов; 2—материалы; 3—основные факторы производства; 4—оператор; 5—оборудование, включая инструменты; 6—методы операций; 7—процесс (4M); 8—следствие; 9—характеристики качества; 10—данные; 11—процесс контролируется качеством

Если результат процесса, допустим качество изделия, оказался неудовлетворительным, следовательно, в системе причин, т. е. в какой-то точке процесса, произошло отклонение от заданных условий. Если причина, вызвавшая отклонение в ходе процесса, всегда может быть обнаружена и устранена, будут производиться из-

делия только высокого качества. Более того, если постоянно поддерживать заданные условия хода процесса, можно обеспечить формирование высокого качества. Важно также, что полученный результат — показатели качества (точность размеров, степень прочности, степень чистоты и т. д.) — выражается, как показано на рис. 2.11, конкретными данными. Используя эти данные, с помощью статистических методов осуществляют контроль процесса, т. е. проверяют систему причинных факторов. Таким образом, процесс контролируется по фактору качества.

Для производства изделий, качество которых удовлетворяло бы запросам потребителей, прежде всего необходимо наиболее важным показателям качества (являющимся следствием) поставить в соответствие различные факторы производства (составляющие систему причинных факторов). Затем на те факторы, которые оказывают отрицательное влияние на результат, необходимо оказать воздействие правильно подобранными мерами и этим ввести процесс в стабильное состояние. Для этого важно хорошо понимать и контролировать зависимость между характеристиками качества (следствием) и параметрами процесса (системой причинных факторов). При этом удобно использовать так называемую причинно-следственную диаграмму. Как показано на рис. 2.12, характеристики качества, являющиеся следствием, определяют различные причины — причину A, причину B, — обозначенные стрелками. Эти причины являются, в свою очередь, следствием других причин: A₁, A₂, ... (для следствия A); причин B₁, B₂, ... (для следствия B) и т. д. Все они также обозначены стрелками,

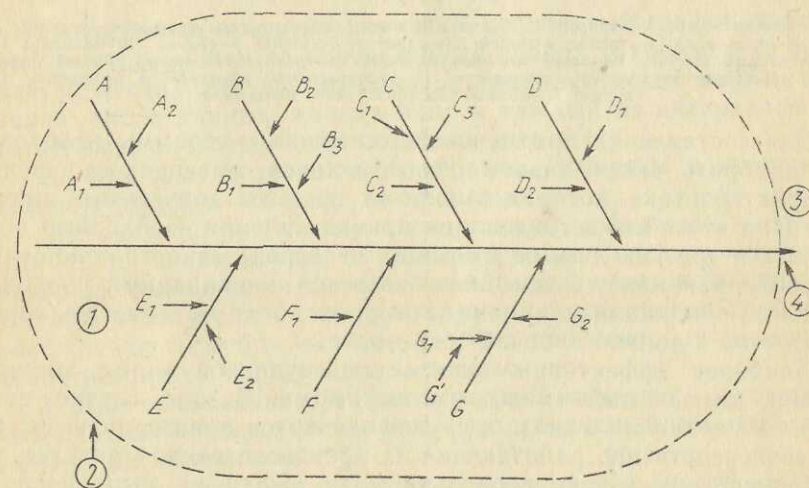


Рис. 2.12. Причинно-следственная диаграмма («рыбья кость»):

1—система причинных факторов; 2—факторы испытывают разброс; 3—характеристика (следствие); 4—характеристика испытывает разброс

направленными к соответствующим следствиям. Вторичным причинам могут соответствовать третичные причины — G'_1 и т. д.

При поиске причин важно помнить, что характеристики, являющиеся следствием, обязательно испытывают разброс. Поиск среди этих причин факторов, оказывающих особенно большое влияние на разброс характеристик (т. е. на результат), называют исследованием причин. На рис. 2.13 показана причинно-следственная диаграмма, отражающая зависимость показателей качества электрической бритвы от влияющих факторов и условий для случая, когда рассматривается проблема отклонения величины зазора между ножами бритвы от запланированного.

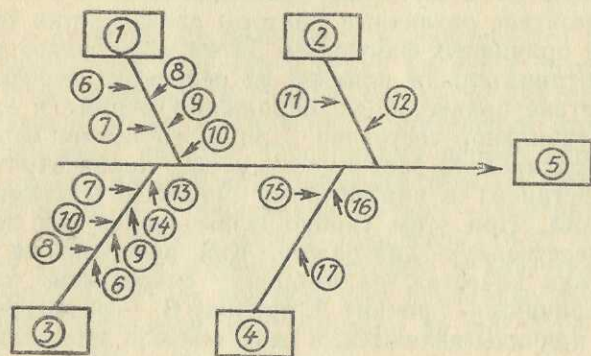


Рис. 2.13. Причинно-следственная диаграмма для анализа зазора между ножами электробритвы:

1—внутренние ножи; 2—измерения; 3—внешние ножи; 4—совместное вращение (трение); 5—зазор; 6—прокладка; 7—трение внешней поверхности; 8—изгиб; 9—сварка; 10—закалка; 11—измерительный прибор; 12—оператор, производящий измерения; 13—трение нижней поверхности; 14—трение внутренней поверхности; 15—распределение абразивного материала; 16—время; 17—количество абразивного материала

Для составления причинно-следственной диаграммы необходимо подобрать максимальное число факторов, имеющих отношение к характеристике, которая вышла за пределы допустимых значений. При этом для исследования причин явления необходимо привлечь и третьих лиц, не имеющих непосредственного отношения к работе, так как у них может оказаться неожиданный подход к выявлению и анализу причин, которого могут не заметить лица, привычные к данной рабочей обстановке.

Наиболее эффективным считается групповой метод анализа причин, называемый «мозговым штурмом». В этом случае, если проблема возникла в цеху, к группе экспертов присоединяются лица, непосредственно работающие на производственном участке, на котором возник дефект, поскольку люди, ежедневно выполняющие производственные операции на своем рабочем месте, могут сообщить больше ценных фактов, чем кто-либо другой; они хорошо понимают изменения и отклонения в рабочем процессе. Даже

просматривая документацию, относящуюся к контролю, или записи рабочих операций, можно пропустить запись (а оператор может сообщить важную для решения проблемы операцию), и если такую информацию упустить, это может обернуться большим ущербом.

При использовании метода «мозгового штурма» для выявления причин возникновения проблемы основное внимание обращают на следующие моменты:

1) обеспечивается атмосфера, в которой каждый член группы свободно высказывает все, что он думает в отношении причин возникновения проблемы. Вышестоящие по служебной лестнице внимательно выслушивают, не оказывая на выступающего никакого давления;

2) в выступлениях не одобряются бесплодные разговоры, ценятся идеи и сознательное оперирование фактами;

3) лица, относящиеся к руководящему составу, никогда не высказываются первыми, так как после выступления руководителя или ветерана простому рабочему трудно свободно высказать свое мнение;

4) при составлении причинно-следственной диаграммы последней стрелкой среди причин обязательно следует обозначить «и прочие», так как всегда могут остаться неучтенные факторы.

При анализе причин часто приходится пользоваться другими статистическими методами, и прежде всего — методом расслоения.

2.5. ГИСТОГРАММА [7]

Гистограмма представляет собой столбчатый график, построенный по полученным за определенный период (например за неделю или за месяц) данным, которые разбиваются на несколько интервалов; число данных, попадающих в каждый из интервалов (частота), выражается высотой столбика (рис. 2.14).

Данные для построения гистограммы собирают в течение длительного периода — недели, месяца, года и т. д.

Систематизируя большое число данных, собранных за длительный срок, анализируют их распределение (среднее значение и разброс), комбинируя методы «семи инструментов контроля качества», и получают важную информацию для оценки проблемы и нахождения способов ее решения. Так, при контроле качества изделий используют следующие методы.

1. Для ежемесячного анализа условий изменения доли дефектных изделий используют график, представляемый ломаной линией (изменение во времени).

2. Долю дефектных изделий отдельно по видам брака исследуют с помощью диаграммы Парето и кругового графика.

3. Изменение факторов, влияющих на появление брака, по месяцам исследуют с помощью ленточного графика.

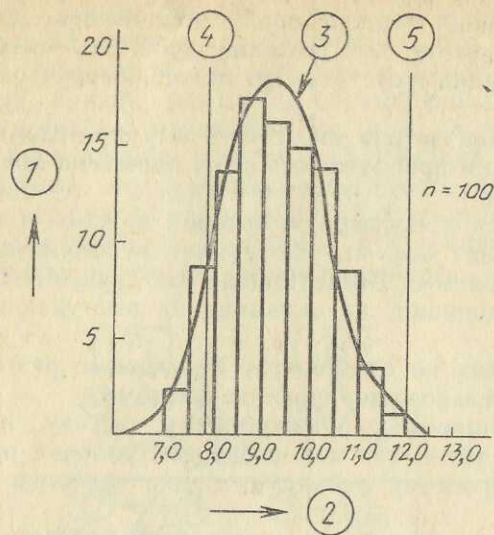


Рис. 2.14. Пример гистограммы:

1—частота; 2—толщина пластины, мм; 3—кривая распределения частоты; 4—нижнее предельное значение нормы; 5—верхнее предельное значение нормы (верхняя граница нормы)

4. Долю дефектных изделий, число дефектных изделий и показатели качества контролируют с помощью контрольных p -карт, pn -карт и $(\bar{x} - R)$ -карт.

5. Отношение между факторами, влияющими на появление дефектов (причинами) и самими дефектами (результатом), исследуются с помощью причинно-следственной диаграммы.

6. Показатели качества при высоком проценте дефектных изделий сравнивают со стандартами с помощью гистограммы.

Комбинация различных методов анализа позволяет исследовать проблему с самых разных точек зрения, что имеет большое значение для оценки положения, нахождения путей решения проблемы и проведения мероприятий по улучшению состояния процесса.

Как уже говорилось выше, насколько бы идентичными ни были условия производства, показатели качества всегда имеют определенный разброс. Автоматизация производства уменьшает разброс, но не устраняет его совсем. Однако при внимательном рассмотрении можно видеть, что разброс подчиняется определенным закономерностям. Обычно частота разброса оказывается максимальной в центре зоны разброса, а чем дальше от центра, тем частота меньше, т. е. чаще всего разброс подчиняется нормальному закону распределения. Следовательно, систематизируя показатели качества и анализируя построенную для них гистограмму,

можно легко понять вид распределения, а определив среднее значение \bar{x} и стандартное отклонение s , можно провести сравнение показателей качества с контрольными нормативами и таким образом получить информацию высокой точности.

Гистограмма применяется главным образом для анализа значений измеренных параметров, но может использоваться и для расчетных значений. Благодаря простоте построения и наглядности гистограммы нашли применение в самых разных областях:

для анализа времени нахождения в банке, в больнице и т. д., времени реагирования группы обслуживания от момента получения заявки от клиента, времени обработки рекламации от момента ее получения и т. д.;

для анализа сроков получения заказа (за контрольный норматив принимается срок поставки согласно договору);

для анализа значений показателей качества, таких как размеры, масса, механические характеристики, химический состав, выход продукции и др. при контроле готовой продукции, при приемочном контроле, при контроле процесса в самых разных сферах деятельности;

для анализа чистого времени операций, времени истирания режущей поверхности, и т. д.;

для анализа числа бракованных изделий, числа дефектов, числа поломок и т. д.

Гистограмма строится в следующем порядке.

Систематизируют данные, собранные, например, за 10 дней или за месяц. Число данных должно быть не менее 30—50, оптимальное число — порядка 100. Если их оказывается более 300, затраты времени на их обработку оказываются слишком большими. Следующий шаг — определение наибольшего L и наименьшего S значений данных. При большом числе значений (порядка 100) определение L и S затруднительно, поэтому вначале определяют наибольшее и наименьшее значения в каждом десятке значений, а затем среди полученных значений определяют L и S . Интервал между наибольшим и наименьшим значениями делят на соответствующие участки. Число участков должно примерно соответствовать корню квадратному из числа данных. При числе данных 30—50 число участков должно быть равно 5—7, при числе данных 50—100 — 6—10; при числе данных 100—200 — 8—15. Далее определяют ширину участка h . Разность между L и S делят на число участков и полученное число округляют. Например, для анализа результатов контроля толщины пластин при $L=11,8$ мм, $S=7,1$ мм и числе участков 10 получим $h=(11,8-7,1):10=0,47$ мм. Округляют это число до 0,5 мм и получают ширину участка $h=0,5$ мм.

Значения границ участков определяют следующим образом. Вначале находят наименьшее граничное значение для первого участка из условия S — единица измерения.

В приведенном примере $S=7,1$ мм; единица измерения составляет 0,1 мм. Таким образом, наименьшее граничное значение для первого участка оказывается равным

$$7,1 \text{ мм} - \frac{0,1 \text{ мм}}{2} = 7,05 \text{ мм}.$$

Прибавляя к полученному значению ширину участка $h=0,5$ мм, находим, что первый участок занимает интервал на оси абсцисс от 7,05 мм до 7,55 мм. Аналогично, прибавляя 0,5 мм к 7,55 мм, получим интервал второго участка (7,55 мм—8,05 мм), и т. д.

В интервал последнего участка (11,55—12,05) входит наибольшее значение L .

Следующий шаг — определение центральных значений для участков. Центральное значение для участка определяют по формуле

$$\frac{\text{Сумма граничных значений участка}}{2} = \frac{\text{нижнее граничное знач. участка} + \text{верхнее граничное знач. участка}}{2}.$$

В приведенном примере центральное значение для первого участка равно

$$\frac{7,05 + 7,55}{2} = 7,3 \text{ мм}.$$

Центральные значения последующих участков находятся прибавлением ширины участка $h=0,5$ мм к значению для предыдущего участка.

В размеченные описанным выше образом интервалы участков размещают данные измеренных значений толщины пластин в каждом интервале, которые составляют частоту f попадания этих данных в соответствующий интервал (табл. 2.6).

Таблица 2.6.

Интервал участка, мм	Центральное значение, мм	Частота
7,05—7,55	7,3	2
7,55—8,05	7,8	9
8,05—8,55	8,3	14
8,55—9,05	8,8	17
9,05—9,55	9,3	16
9,55—10,05	9,8	15
10,05—10,55	10,3	14
10,55—11,05	10,8	9
11,05—11,55	11,3	3
11,55—12,05	11,8	1

Сумма

(Σf) 100

Последним шагом является построение графика гистограммы. По оси абсцисс откладывают значения параметров качества, по оси ординат — частоту. Для каждого участка строят прямоугольник (столбик) с основанием, равным ширине интервала участка; высота его соответствует частоте попадания данных в этот интервал (см. рис. 2.13). Если на гистограмме от руки провести кривую распределения данных по частоте, а также верхнее и нижнее предельные значения нормы, то легко можно понять вид распределения гистограммы и соотношение значений контрольных нормативов. Анализ гистограммы позволяет сделать заключение о состоянии процесса, однако если неясны условия контроля процесса или временные изменения, необходимо в комбинации с гистограммой использовать также контрольные карты и график, представляемый ломаной линией. Полученная в результате анализа гистограммы информация может быть легко использована для построения и исследования причинно-следственной диаграммы, что повысит обоснованность мер, намеченных для улучшения процесса.

Поскольку гистограмма выражает условия процесса за период, в течение которого были получены данные, важную информацию может дать форма распределения гистограммы в сравнении с контрольными нормативами.

Различают следующие модификации формы гистограммы.

1. Гистограмма с двусторонней симметрией (нормальное распределение). Гистограмма с таким распределением встречается чаще всего. Она указывает на стабильность процесса.

2. Гистограмма, вытянутая вправо. Такую форму с плавно вытянутым вправо основанием гистограмма принимает в случае, когда невозможно получить значения ниже определенного — например для процента содержания микроconstituents, для диаметра деталей и т. д.

3. Гистограмма, вытянутая влево. Такую форму с плавно вытянутым влево основанием гистограмма принимает в случае, когда невозможно получить значения выше определенного — например, для процента содержания составляющих высокой чистоты.

4. Двугорбая гистограмма. Такая гистограмма содержит два возвышения (которые чаще всего имеют разную высоту) с провалом между ними и отражает случаи объединения двух распределений с разными средними значениями, например в случае наличия разницы между двумя станками, между двумя видами материалов (или комплектующих), между двумя операторами и т. д. В этом случае можно провести расслоение по двум видам фактора, исследовать причины различия и принять соответствующие меры для его устранения.

5. Гистограмма в форме обрыва, у которой как бы обрезан один край (или оба). Такая гистограмма представляет случай, когда, например, отобраны и исключены из партии все изделия с

параметрами ниже контрольного норматива (или выше контрольного норматива, или и те и другие). После исследования причин отклонения значений параметров от нормы и стабилизации процесса можно прекратить отбор всех изделий с параметрами, отличающимися от нормальных.

6. Гистограмма с ненормально высоким краем (в форме обрыва). Такая гистограмма отражает случаи, когда, например, требуется исправление параметра, имеющего отклонение от нормы, или при искажении информации о данных и т. д. После стабилизации процесса операции по исправлению могут быть прекращены. При этом необходимо уделить внимание случаю грубого искажения данных при измерениях и принять меры к тому, чтобы такие случаи не повторялись.

7. Гистограмма с отделенным островком. Такой гистограммой выражаются случаи, когда была допущена ошибка при измерениях, когда наблюдались отклонения от нормы в ходе процесса и т. д. По результатам анализа гистограммы делают заключение о необходимости настройки измерительного прибора или срочного осуществления контроля параметров процесса и применяют соответствующие меры.

8. Гистограмма с прогалом (с «вырванным зубом»). Такая гистограмма получается, когда ширина интервала участка не кратна единице измерения (не выражается целым числом в выбранной единице измерения), когда оператор ошибается в считывании показаний шкалы и др.

9. Гистограмма, не имеющая высокой центральной части. Такая гистограмма получается в случаях, когда объединяются несколько распределений, в которых средние значения имеют небольшую разницу между собой. Анализ такой гистограммы целесообразно проводить, используя метод расслоения.

В тех случаях, когда известна норма, отмечают прямыми линиями верхнюю и нижнюю границу нормы (устанавливают контрольные нормативы) для сравнения с ними распределения, выраженного гистограммой. При взгляде на гистограмму в этом случае сразу ясно, попадает ли гистограмма в интервал между контрольными нормативами. Если норму определить нельзя, на график наносят точки, отображающие запланированные значения, и проводят через них линии для сравнения с ними гистограммы. При сравнении гистограммы с нормой или с запланированными значениями могут иметь место разные случаи.

1. Среднее значение \bar{x} распределения находится посередине между контрольными нормативами, разброс не выходит за пределы нормы. Наиболее желательно положение, когда ширина между контрольными нормативами примерно в 8 раз больше стандартного отклонения s .

2. Гистограмма полностью входит в интервал, ограниченный контрольными нормативами, но разброс значений велик, края гистограммы находятся почти на границах нормы (ширина нормы

в 5-6 раз больше стандартного отклонения s). При этом существует возможность появления брака, поэтому необходимы меры для уменьшения разброса.

3. Среднее значение \bar{x} распределения находится посередине между контрольными нормативами, разброс также находится в пределах нормы, однако края гистограммы намного не доходят до контрольных нормативов (ширина распределения более чем в 10 раз превышает стандартное отклонение s). Казалось бы, такое положение не должно вызывать беспокойства, поскольку налицо гарантия против появления брака. Но если сузить ширину нормы, т. е. сделать несколько менее строгим стандарт на изделие, можно повысить мощность производства и эффективность с точки зрения сбыта. Если несколько увеличить разброс, т. е. сделать несколько менее строгими стандарты на технологические операции и нормы на сырье, материалы и комплектующие, можно повысить производительность и понизить стоимость исходных материалов и комплектующих.

4. Разброс невелик по сравнению с шириной нормы, но из-за большого смещения среднего значения \bar{x} в сторону нижней границы нормы появляется брак. Необходимы меры, способствующие перемещению среднего значения к средней точке между контрольными нормативами.

5. Среднее значение \bar{x} находится посередине между контрольными нормативами, но из-за большого разброса края гистограммы выходят за границы нормы, т. е. появляется брак. Необходимы меры по уменьшению разброса.

6. Среднее значение смещено относительно центра нормы, разброс велик, появляется брак. Необходимы меры по перемещению среднего значения к средней точке между контрольными нормативами и уменьшению разброса.

Таким образом, сравнение вида распределения гистограммы с нормой или запланированными значениями дает важную информацию для управления процессом. Поскольку при этом приходится оперировать средним значением \bar{x} и стандартным отклонением s , надо уметь их вычислять. Сделаем это на практическом примере.

Допустим, собранные за месяц данные о размерах внешнего диаметра вала систематизированы в таблицу частот (табл. 2.7), по которой построена гистограмма.

По значениям полученной при этом частоты f , среднему значению \bar{x} и стандартному отклонению s гистограммы можно вычислить показатель C_p мощности процесса. На построенной гистограмме проводят перпендикулярные оси абсцисс линии, соответствующие значениям \bar{x} и s , верхней и нижней границам нормы, а также линию, соответствующую тройному стандартному отклонению $3s$.

Для вычисления \bar{x} и s составляют специальную таблицу (табл.

2.8), в которую вносят значения интервалов, средние значения \bar{x} и частоту f . Сумма частот $\sum f$ совпадает с числом данных n .

Таблица 2.7.

Номер интервала	Интервал	Центральное значение интервала	Частота f
1.	2,5005—2,5055	2,503	1
2.	2,5055—2,5105	2,508	4
3.	2,5105—2,5155	2,513	9
4.	2,5155—2,5205	2,518	14
5.	2,5205—2,5255	2,523	22
6.	2,5255—2,5305	2,528	19
7.	2,5305—2,5355	2,533	10
8.	2,5355—2,5405	2,538	5
9.	2,5405—2,5455	2,543	6
Сумма			($\sum f$) 90

Таблица 2.8.

Номер интервала	Интервал	Среднее значение \bar{x}	Частота f	U	Uf	U^2f
1.	2,5005—2,5055	2,503	1	-4	-4	16
2.	2,5055—2,5105	2,508	4	-3	-12	36
3.	2,5105—2,5155	2,513	9	-2	-18	36
4.	2,5155—2,5205	2,518	14	-1	-14	14
5.	2,5205—2,5255	2,523 = x_0	22	0	0	0
6.	2,5255—2,5305	2,528	19	1	19	19
7.	2,5305—2,5355	2,533	10	2	20	40
8.	2,5355—2,5405	2,538	5	3	15	45
9.	2,5405—2,5455	2,543	6	4	24	96
Сумма				($\sum f$) 90	($\sum Uf$) 30	($\sum U^2f$) 302

Определяют значения для столбца U . Для этого полагают $U=0$ в точке, соответствующей максимальной частоте f , или центральному значению интервала, который, по предположению, является средним в распределении. От этого значения $U=0$ в сторону уменьшения значений измерения записывают значения U , всякий раз на единицу меньше предыдущего: -1, -2, -3, ..., а в сторону увеличения значений измерения — всякий раз на единицу больше предыдущего: 1, 2, 3, ... Среднее значение интервала, для которого $U=0$, обозначают через x_0 , ширину интервала — через h .

Заполняют столбец $U \cdot f$, для которого вычисляют произведение U и f и находят сумму $\sum Uf$.

Находя произведение U^2f и U , определяют значения для столбца U^2f и сумму $\sum U^2f$.

Определяют \bar{x} по формуле

$$\bar{x} = x_0 + h \cdot \frac{\sum Uf}{\sum f}$$

и наносят на гистограмму линию, соответствующую \bar{x} (рис. 2.15).

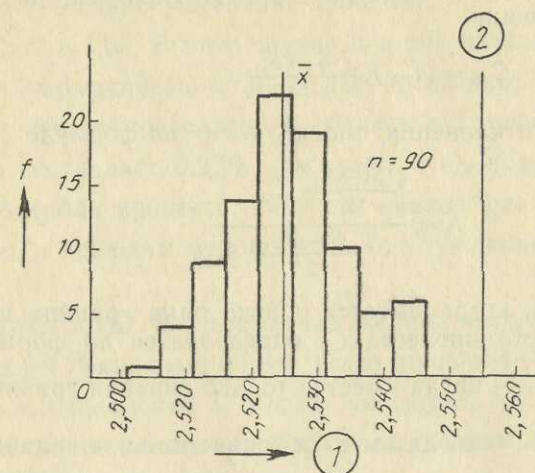


Рис. 2.15. Гистограмма для диаметра оси:

1—диаметр оси, мм; 2—верхняя граница нормы

В числовом выражении среднее значение \bar{x} для рассматриваемого примера будет равно $\bar{x} = 2,523 + 0,005 \cdot \frac{30}{90} = 2,52467$ мм.

Стандартное отклонение определяют по формуле

$$s = h \cdot \sqrt{\frac{\sum U^2f - \frac{(\sum Uf)^2}{\sum f}}{\sum f - 1}}$$

В числовом выражении стандартное отклонение s для рассматриваемого примера будет равно

$$s = 0,005 \cdot \sqrt{\frac{302 - \frac{30^2}{90}}{90 - 1}} = 0,00906 \text{ мм.}$$

Следующий шаг — определение показателя мощности процесса C_p . По значению C_p можно делать заключение о состоянии разброса по отношению к норме, о том, достаточен ли допуск на норму.

В том случае, когда имеется как верхняя, так и нижняя границы нормы и гистограмма расположена между ними, показатель мощности процесса C_p определяется по формуле

$$C_p = \frac{S_u - S_l}{6s}$$

где S_U — верхняя граница нормы; S_L — нижняя граница нормы.

В случае, когда среднее значение \bar{x} параметра нельзя легко отрегулировать техническими средствами, степень отклонения можно оценить по показателю мощности процесса C_{pk} по восстановлению отклонения:

$$C_{pk} = (1-K) \frac{S_U - S_L}{6s},$$

где K — степень отклонения, определяемая по формуле

$$K = \frac{\left| \frac{S_U + S_L}{2} - \bar{x} \right|}{\frac{S_U - S_L}{2}}.$$

В том случае, когда имеется только одна граница нормы, показатель мощности процесса C_p определяется по формулам:

$$C_p = \frac{S_U - \bar{x}}{3s} \text{ — когда имеется только верхняя граница нормы;}$$

$$C_p = \frac{\bar{x} - S_L}{3s} \text{ — когда имеется только нижняя граница нормы.}$$

Если использовать значения $\bar{x} = 2,52467$ мм и $\bar{x} = 0,00906$ мм, полученные для рассматриваемого числового примера, и принять значения для верхней границы нормы $S_U = 2,555$ мм и для нижней границы нормы $S_L = 2,495$ мм, то значение C_p в числовом выражении окажется равным

$$C_p = \frac{S_U - S_L}{6s} = \frac{2,555 - 2,495}{6 \cdot 0,00906} = 1,1037.$$

Степень отклонения K будет равна

$$K = \frac{\frac{S_U + S_L}{2} - \bar{x}}{\frac{S_U - S_L}{2}} = \frac{2,525 - 2,52467}{0,06} = 0,011.$$

Показатель мощности процесса по восстановлению отклонения C_{pk} окажется равным

$$C_{pk} = (1-K) \frac{S_U - S_L}{6s} = 0,989 \cdot \frac{0,06}{0,05436} = 1,0916.$$

Если известно числовое значение C_p , анализ мощности процесса производится следующим образом.

1. В случае, когда $C_p \geq 1,67$, ширина интервала между контрольными нормативами не менее чем в 10 раз превышает стандартное отклонение s ; разброс параметров изделия невелик, появление брака не угрожает. Целесообразно несколько понизить класс исходного сырья (материалов, комплектующих) и упростить контроль процесса, что приведет к снижению себестоимости продукции.

некоторому сужению ширины интервала между нижней и верхней границами нормы, улучшению стратегии сбыта.

2. $1,67 > C_p \geq 1,33$. В этом случае ширина интервала между контрольными нормативами в 8—10 раз превышает стандартное отклонение s . Идеальное состояние процесса.

3. $1,33 > C_p \geq 1,00$. В этом случае ширина интервала между контрольными нормативами в 6—8 раз превышает стандартное отклонение s . Когда показатель C_p близок к 1, вероятность появления брака составляет 0,27% (см. табл. 1.1), поэтому необходимо усилить контроль процесса, провести анализ факторов, влияющих на разброс, и провести мероприятия по улучшению состояния процесса.

4. $1,00 > C_p \geq 0,67$. В этом случае ширина интервала между нижней и верхней границами нормы всего лишь в 4—6 раз превышает стандартное отклонение s . Когда показатель C_p приближается к 0,67, вероятность появления брака составляет 4,56% (см. табл. 1.1). Это означает, что контроль процесса неудовлетворителен. Необходимо наладить строгий контроль процесса и провести сплошной контроль выпускаемых изделий с целью недопущения брака. Вместе с тем нужно провести немедленное исследование факторов, влияющих на разброс, и принять меры к улучшению состояния процесса.

5. $0,67 > C_p$. В этом случае ширина интервала между нижней и верхней границами нормы не превышает $4s$. Процент брака превышает 4,56%. О таком процессе можно сказать, что он неконтролируем. Необходимо провести сплошной контроль продукции, чтобы предотвратить выпуск бракованных изделий, и одновременно принять меры к повышению качества, выяснив причины появления брака. Иногда приходится заново проводить изучение потребностей потребителей, а также пересматривать нормы.

Анализ состояния процесса по показателю C_p целесообразно проводить в комбинации с применением карт контроля.

2.6. ДИАГРАММА РАЗБРОСА [7]

Диаграмма разброса применяется для исследования зависимости между двумя видами данных, например для анализа зависимости суммы выручки от числа обращений к продавцу, сопротивления удару от давления, при котором производилась обработка, и т. д.

Диаграмма разброса, так же как и метод расслоения, используется для выявления причинно-следственных связей показателей качества и влияющих факторов при анализе причинно-следственной диаграммы.

Диаграмма разброса строится как график зависимости между двумя параметрами. Если на этом графике провести линию медианы, он позволяет легко определить, имеется ли между этими двумя параметрами корреляционная зависимость. С помощью диаграммы разброса анализируется зависимость между влияющими факторами (причиной) и характеристиками (следствием), между двумя факторами, между двумя характеристиками.

К примерам применения диаграммы разброса для анализа зависимости между причинным фактором и характеристикой (следствием) относятся диаграммы для анализа зависимости суммы, на которую заключены контракты, от числа поездок бизнесмена с целью заключения контрактов (планирование эффективных поездок); процента брака от процента невыхода на работу операторов (контроль персонала); числа поданных предложений от числа циклов (от времени) обучения персонала (планирование обучения); расхода сырья на единицу готовой продукции от степени чистоты сырья (стандарты на сырье); выхода реакции от температуры реакции; толщины плакировки от плотности тока; степени деформации от скорости формовки (контроль процессов); размера принятого заказа от числа дней, за которое производится обработка рекламаций (инструкции по ведению торговых операций, инструкции по обработке рекламаций), и т. д.

При наличии корреляционной зависимости причинный фактор оказывает очень большое влияние на характеристику, поэтому, удерживая этот фактор под контролем, можно достичь стабильности характеристики. Можно также определить уровень контроля, необходимый для требуемого показателя качества.

Примерами применения диаграммы разброса для анализа зависимости между двумя причинными факторами могут служить диаграммы для анализа зависимости между содержанием рекламаций и руководством по эксплуатации изделия (движение за отсутствие рекламаций); между циклами закалки отожженной стали и газовым составом атмосферы (контроль процесса); между числом курсов обучения оператора и степенью его мастерства (планирование обучения и подготовки кадров), и т. д.

При наличии корреляционной зависимости между отдельными факторами значительно облегчается контроль процесса с технологической, временной и экономической точек зрения.

Применение диаграммы разброса для анализа зависимости между двумя характеристиками (результатами) можно видеть на таких примерах, как анализ зависимости между объемом производства и себестоимостью изделия; между прочностью на растяжение стальной пластины и ее прочностью на изгиб; между раз-

мерами комплектующих деталей и размерами изделий, смонтированных из этих деталей; между прямыми и косвенными затратами, составляющими себестоимость изделия; между толщиной стального листа и устойчивостью к изгибам, и т. д.

При наличии корреляционной зависимости можно осуществлять контроль только одной (любой) из двух характеристик.

Для построения диаграммы разброса с целью определения наличия зависимости между двумя видами данных прежде всего проводят сбор этих данных и представляют их в виде таблицы соответствия тех и других какому-то общему для них условию сбора. Примером может служить табл. 2.9 для значений влажности волокна до обработки и в процессе обработки.

Таблица 2.9.

Номер измерения	До обработки, x	В процессе обработки, y	Номер измерения	До обработки, x	В процессе обработки, y
1	6,8	6,1	14	7,5	7,1
2	7,1	6,7	15	7,8	7,0
3	6,5	6,3	16	6,8	6,9
4	7,8	7,1	17	7,3	7,3
5	7,5	7,4	18	7,3	6,9
6	8,5	7,6	19	8,3	7,6
7	8,8	8,2	20	7,2	7,3
8	7,0	6,4	21	7,3	7,0
9	7,4	6,8	22	5,1	7,9
10	6,5	6,0	23	7,9	6,9
11	7,8	6,8	24	7,8	7,1
12	9,2	8,8	25	7,3	6,9
13	6,0	5,7			

Если данные разделить на причинные факторы и характеристики, то, очевидно, к причинным факторам следует отнести \bar{x} , а к характеристикам — данные y . Если данных мало, четкую зависимость установить трудно, поэтому желательно, чтобы число пар данных было не менее 30. Однако даже в тех случаях, когда число данных оказывается всего лишь порядка 10, часто можно получить какую-то полезную информацию.

Для значений x и y находят по таблице их максимальные и минимальные значения:

максимальные значения $x=9,2$, $y=8,8$;

минимальные значения $x=6,0$, $y=5,7$.

На графике (рис. 2.16) на оси абсцисс откладывают значения x , на оси ординат — значения y . При этом длину осей делают почти равной разности между их максимальными и минимальными значениями и наносят на оси деления шкалы. На вид график приближается к квадрату. Действительно, в рассматриваемом случае разность между максимальным и минимальным значениями

равна для $x: 9,2-6,0=3,2$, для $y: 8,8-5,7=3,1$, поэтому промежутки между делениями шкалы можно делать одинаковыми.

Далее на график наносятся данные в порядке измерений. Если на одну и ту же точку графика попадает два или три значения, они обозначаются как точка в круге, или в двух кругах, или возле точки проставляется число данных, или рядом с нанесенной точкой сразу перед ней ставятся еще одна, две точки и т. д. (на рис. 2.16 точки нанесены одна рядом с другой). После нанесения данных на графике указываются число данных, цель, наименование изделия, название процесса, исполнитель, дата составления графика и т. д. Желательно также, чтобы при регистрации данных во время измерений приводилась и сопровождающая информация, необходимая для дальнейших исследований и анализа: наименование объекта измерения, характеристики, способ выборки, дата, время измерения, температура, влажность, метод измерения, тип измерительного прибора, имя оператора, проводившего измерения (для данной выборки) и др.

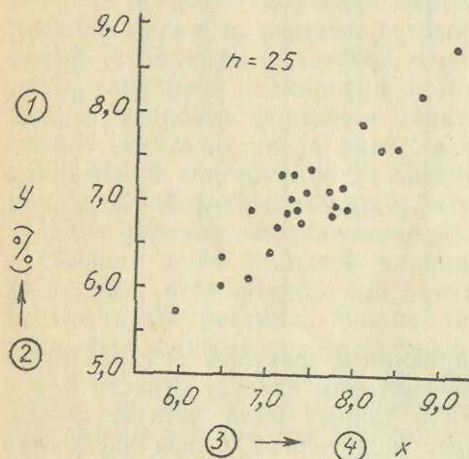


Рис. 2.16. Диаграмма разброса для процента влажности:

1—процент влажности; 2—в промежуточном процессе; 3—до обработки; 4—процент влажности

При первом взгляде на диаграмму разброса можно сообразить, имеется ли между двумя параметрами корреляционная зависимость. О корреляционной зависимости между двумя параметрами можно говорить в том случае, когда разброс данных имеет линейную тенденцию. О характере поведения участков диаграммы разброса, на которую не попали точки, отражающие значения данных, ничего определенного сказать нельзя.

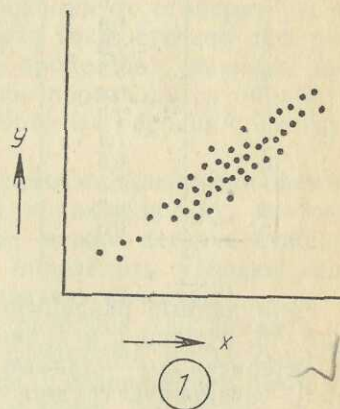


Рис. 2.17. Прямая корреляция:

1—при увеличении x увеличивается также и y

Характер корреляционной зависимости, который определяется видом диаграммы разброса, дает представление о том, каким изменением будет подвержен один из параметров при определенных изменениях другого. Так, при увеличении x на диаграмме рис. 2.17 y также будет увеличиваться (прямая корреляция). В этом случае при осуществлении контроля за причинным фактором x характеристика y будет оставаться стабильной.

На рис. 2.18 приведен пример легкой прямой корреляции. При увеличении x увеличивается также и y , но разброс y велик по отношению к определенному значению x . С помощью контроля причинного фактора x можно до некоторой степени держать под контролем характеристику y , но необходимо также иметь в виду и другие факторы, оказывающие влияние на y .

На рис. 2.19 показан пример обратной (отрицательной) корреляции. При увеличении x характеристика y уменьшается. Если причинный фактор x находится под контролем, характеристика y остается стабильной.

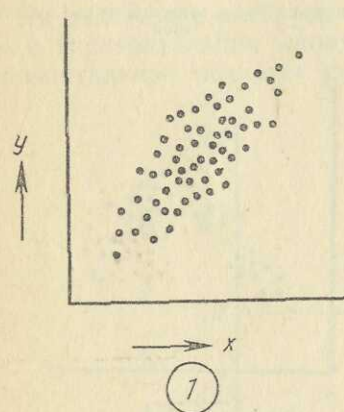


Рис. 2.18. Легкая прямая корреляция:

1—при увеличении x увеличивается также и y , однако разброс y по отношению к определенному x велик

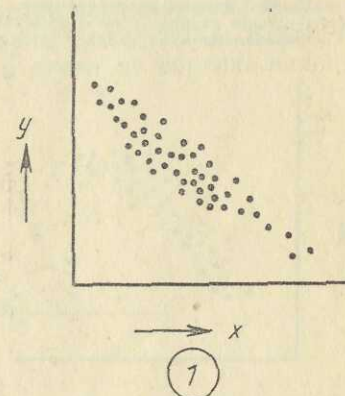


Рис. 2.19. Обратная (отрицательная) корреляция:

1—при увеличении параметра x параметр y уменьшается

Рис. 2.20 отражает случай легкой обратной корреляции, когда при увеличении x характеристика y уменьшается, но при этом велик разброс значений y , соответствующих фиксированному значению x .

На рис. 2.21 показан пример отсутствия корреляции, когда никакой выраженной зависимости между x и y не наблюдается. В этом случае необходимо продолжать поиск факторов, коррелирующих с y , исключив из этого поиска фактор x .

Между параметрами x и y возможны также случаи криволинейной корреляции (рис. 2.22 и 2.23). Если при этом диаграмму

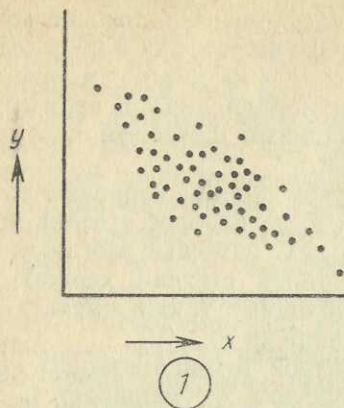


Рис. 2.20. Легкая обратная корреляция:

1—при увеличении параметра x параметр y уменьшается, однако разброс y по отношению к определенному x велик

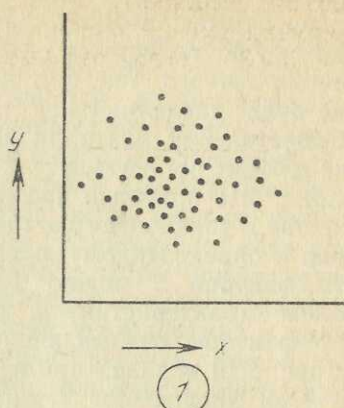


Рис. 2.21. Отсутствие корреляции:

1—между x и y зависимость не наблюдается

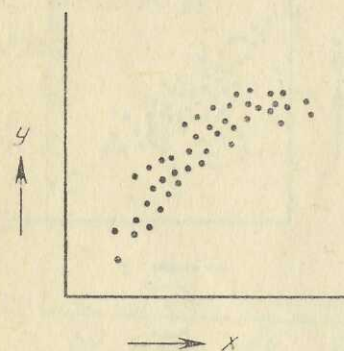


Рис. 2.22. Криволинейная корреляция

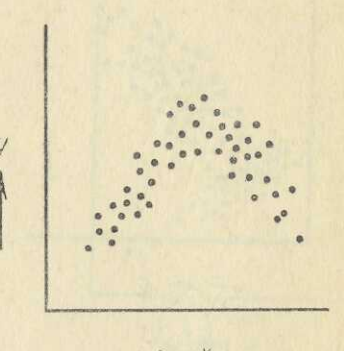


Рис. 2.23. Криволинейная корреляция

разброса можно разделить на участки, имеющие прямолинейный характер, проводят такое разделение и исследуют каждый участок в отдельности.

Существуют различные методы оценки степени корреляционной зависимости. Одним из них является метод вычисления коэффициента корреляции r по формуле

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y},$$

где x_i, y_i — значения параметров x и y для i -го измерения; \bar{x}, \bar{y} — средние арифметические значения величин x и y ; S_x, S_y — стан-

дартные отклонения величин x и y ; n — число измерений в выборке (объем выборки).

Рекомендуемое значение n для выполнения корреляционного анализа $n=30$. Тогда коэффициент корреляции

$$r = \frac{\frac{1}{30} (x_1 - \bar{x})(y_1 - \bar{y}) + (x_2 - \bar{x})(y_2 - \bar{y}) + \dots + (x_{30} - \bar{x})(y_{30} - \bar{y})}{S_x S_y}.$$

Если $r = \pm 1$, это свидетельствует о наличии корреляционной зависимости, если $r = 0$, корреляционная зависимость отсутствует. Чем ближе коэффициент корреляции к 1, тем теснее зависимость между параметрами.

Более простым методом анализа степени корреляционной зависимости считается метод медиан, удобный при исследовании технологического процесса с использованием данных, полученных на рабочем месте. Рассмотрим действие этого метода на практическом примере, диаграмма разброса для которого приведена на рис. 2.16 [7].

На диаграмме разброса проводится вертикальная линия медианы и горизонтальная линия медианы (рис. 2.24). Выше и ниже горизонтальной медианы, справа и слева от вертикальной медианы

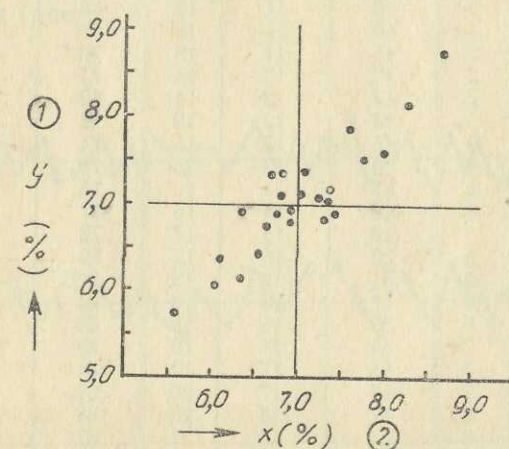


Рис. 2.24. Диаграмма разброса для процента влажности:

1—процент влажности (в промежуточном процессе); 2—процент влажности (до обработки)

ны будет равное число точек. Если число точек окажется нечетным, следует провести линию через центральную точку. В каждом из четырех квадрантов, получившихся в результате разделения диаграммы разброса вертикальной и горизонтальной медианами,

подсчитывают число точек и обозначают n_1, n_2, n_3, n_4 соответственно. Точки, через которые прошла медиана, не учитывают. Отдельно складывают точки в положительных и точки в отрицательных квадрантах:

$$n_{(+)} = n_1 + n_3 = 9 + 9 = 18;$$

$$n_{(-)} = n_2 + n_4 = 2 + 2 = 4;$$

$$k = n_{(+)} + n_{(-)} = 18 + 4 = 22.$$

Так как три точки находятся на медиане, k не равно $n=25$.

Для определения наличия и степени корреляции по методу медианы используется специальная таблица (табл. 2.10) кодовых значений, соответствующих различным k при двух значениях коэффициента риска α (0,01 и 0,05).

Таблица 2.10

k	α		k	α		k	α	
	0,01	0,05		0,01	0,05		0,01	0,05
8	0	0	27	10	12	66	22	24
9	0	1	28	10	12	67	22	25
10	0	1	29	11	12	68	22	25
11	0	1	30	11	13	69	23	25
12	1	2	31	11	13	70	23	26
13	1	2	32	12	14	71	24	26
14	1	2	33	12	14	72	24	27
15	2	3	34	13	15	73	25	27
16	2	3	35	13	15	74	25	28
17	2	4	36	13	15	75	25	28
18	3	4	37	14	16	76	26	28
19	3	4	38	14	16	77	26	29
20	3	5	39	15	17	78	27	29
21	4	5	40	15	17	79	27	30
22	4	5	41	15	18	80	28	30
23	4	6	42	16	18	81	28	31
24	5	6	43	16	18	82	28	31
25	5	7	44	17	19	83	29	32
26	6	7	45	17	19	84	29	32
27	6	7	46	17	20	85	30	32
28	6	8	47	18	20	86	30	33
29	7	8	48	18	21	87	31	33
30	7	9	49	19	21	88	31	34
31	7	9	50	19	21	89	31	34
32	8	9	51	20	22	90	32	35
33	8	10	52	20	22			
34	9	10	53	20	23			
35	9	11	54	21	23			
36	9	11	55	21	24			

Сравнивая меньшее из чисел $n_{(+)}$ и $n_{(-)}$ с кодовым значением из табл. 2.10, соответствующим значению k , делают заключение о наличии и характере корреляции. Если меньшее из чисел $n_{(+)}$ и

$n_{(-)}$ оказывается равным или меньше табличного годового значения, то корреляционная зависимость имеет место. В рассматриваемом примере табличное кодовое значение при коэффициенте риска $\alpha=0,01$, соответствующее $k=22$, равно 4. Поскольку $n_{(-)}=4$, можно утверждать, что в данном случае между двумя параметрами существует корреляционная зависимость с коэффициентом риска 1%. Поскольку $n_{(+)} > n_{(-)}$, это свидетельствует о прямой корреляции. В случаях, когда $n_{(+)} < n_{(-)}$, можно говорить об обратной корреляции.

В случаях, когда характеристика (результат) y и влияющий на нее фактор (причина) x контролируются с помощью графиков или контрольных карт, заключение о наличии или отсутствии корреляции между ними может быть сделано и без построения диаграммы разброса, а только на основании сравнения соответствующих графиков или контрольных карт.

Рассмотрим в качестве примера случай, когда требуется сделать заключение о наличии или отсутствии корреляционной зависимости между температурой реакции x и выходом реакции y при получении химического продукта. Наши действия будут иметь следующую последовательность.

1. Представляем в виде графиков по 50 значений температуры реакции x и выхода реакции y , получаемых ежедневно с помощью измерений (рис. 2.25).

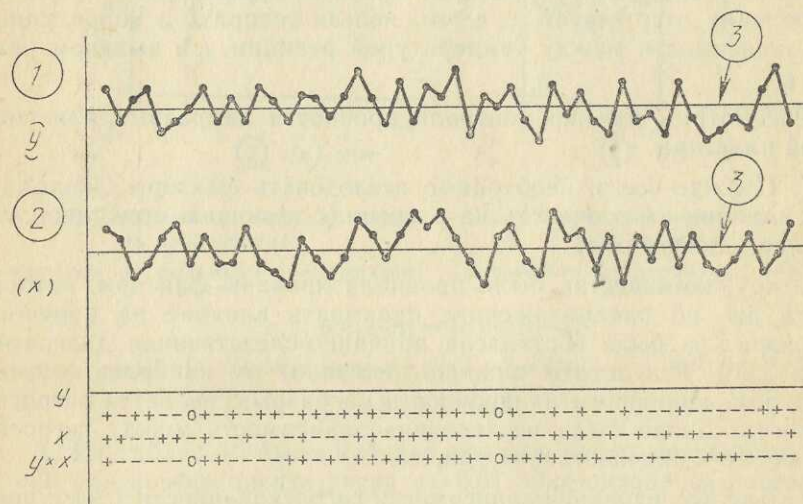


Рис. 2.25. Анализ корреляции с помощью графиков:

1—выход; 2—температура; 3—линия медианы

2. На обоих графиках проводим линии медиан, разделяющие график так, что точки графика распределяются поровну выше и ниже соответствующей медианы.

3. Придадим точкам, находящимся выше соответствующих медиан, знак (+), точкам, находящимся ниже медиан, знак (-); точки, находящиеся на линии медианы, получают знак (0).

4. Записываем ряд знаков, полученных в результате последовательного перемножения y и x , причем если знаки y и x одинаковы, произведение yx получает знак (+), если разные — знак (-), а если одно из значений (y или x) имеет знак (0), произведение yx также получает знак (0).

5. Складываем число знаков (+), число знаков (-) и число знаков (0) и обозначаем их как $n'_{(+)}$, $n'_{(-)}$, n'_0 . Определяем $n_{(+)}$ и $n_{(-)}$:

$$n_{(+)} = n'_{(+)} + \frac{n'_0}{2} = 23 + \frac{2}{2} = 24;$$

$$n_{(-)} = n'_{(-)} + \frac{n'_0}{2} = 25 + \frac{2}{2} = 26.$$

6. Обозначаем сумму $n_{(+)}$ и $n_{(-)}$ через k и определяем k : $k = n_{(+)} + n_{(-)} = 24 + 26 = 50$. Меньшее из чисел $n_{(+)}$ и $n_{(-)}$ сравниваем с кодовым значением из табл. 2.10, соответствующим k , и делаем заключение о наличии или отсутствии корреляции. Из этих двух чисел меньшее $n_{(+)} = 24$. Из таблицы видим, что кодовое число, соответствующее $k = 50$, при коэффициенте риска 0,05 равно 17. Поскольку $n_{(+)} = 24 > 17$, можем сделать заключение о том, что корреляция отсутствует, т. е. что нельзя говорить о корреляционной зависимости между температурой реакции y и выходом реакции x .

Рассмотрим пример контроля прочности на разрыв пластмассовой пластины.

1. Прежде всего, необходимо исследовать факторы, оказывающие влияние на прочность на разрыв (с помощью причинно-следственной диаграммы).

В кружке качества были проанализированы факторы, которые могли бы, по предположению, оказывать влияние на прочность на разрыв, и была составлена причинно-следственная диаграмма (рис. 2.26). Результаты анализа показали, что наиболее весомым фактором, влияющим на прочность на разрыв, является гигроскопичность. Далее была исследована зависимость между гигроскопичностью и прочностью на разрыв.

2. Для исследования зависимости гигроскопичности (%) и прочности на разрыв (Н/мм²) была построена диаграмма разброса по 50 данным (рис. 2.27).

3. На диаграмме разброса построены вертикальная и горизонтальная линии медианы и подсчитано число точек в каждом из четырех полученных квадрантов (рис. 2.28):

Рис. 2.26. Причинно-следственная диаграмма для анализа прочности на разрыв:

1—прочность на разрыв; 2—метод формовки; 3—материал; 4—гигроскопичность; 5—качество; 6—условия формовки; 7—тип; 8—соотношение; 9—смешивание; 10—чистота; 11—давление; 12—сжатие; 13—прессование; 14—наслоение; 15—толщина; 16—форма; 17—температура; 18—время; 19—влажность

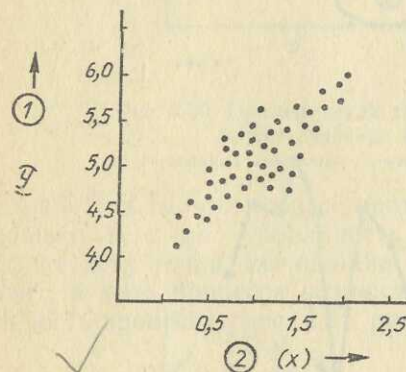
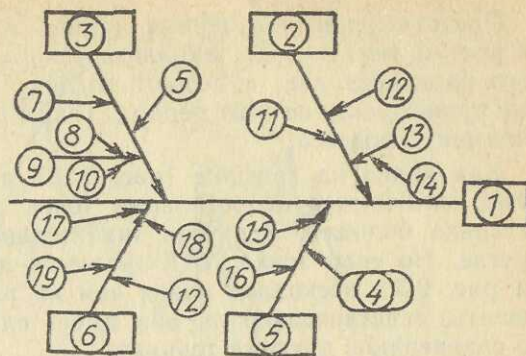


Рис. 2.27. Диаграмма разброса (диаграмма корреляции):

1—прочность на растяжение; 2—гигроскопичность

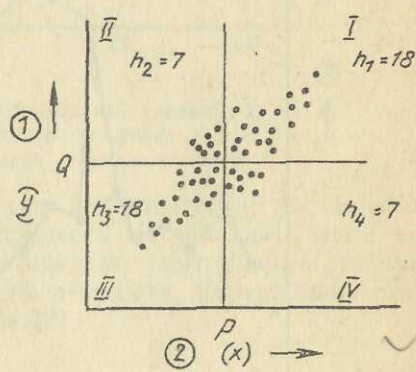


Рис. 2.28. Анализ корреляции по методу медианы:

1—прочность на растяжение; 2—гигроскопичность

$$n_{(+)} = n_1 + n_3 = 18 + 18 = 36;$$

$$n_{(-)} = n_2 + n_4 = 7 + 7 = 14;$$

$$k = 36 + 14 = 50.$$

4. Из табл. 2.10 было найдено кодовое число, соответствующее $k = 50$ при коэффициенте риска $\alpha = 0,01$. Оно оказалось равным 15. Поскольку $n_{(-)} = 14$, что меньше 15, можно считать, что между гигроскопичностью и прочностью на разрыв имеет место корреляция с коэффициентом риска 1%.

5. В результате проведенного исследования был установлен строгий контроль параметра «гигроскопичность», что позволило обеспечить стабильность прочности на разрыв.

2.7. КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

Представление полученных данных в виде графика в порядке их поступления в ходе технологического процесса в виде временного ряда позволяет с первого взгляда оценить изменения, которые происходили на этот период. Таким образом, график отражает динамику процесса.

Как видно на графике (рис. 2.29), точка № 8 и точка № 15 резко отличаются от остальных точек тем, что одна имеет значительно большее, а другая значительно меньшее значение, чем другие. Но если точка № 8 окажется на графике, как показано на рис. 2.30, несколько ниже, чем на рис. 2.29, то будет трудно решить, действительно ли она имеет слишком большое значение по сравнению с другими точками.

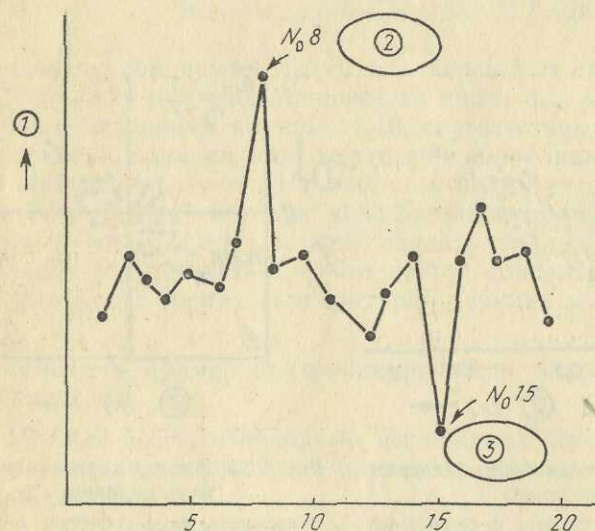


Рис. 2.29. Пример выброса точек на графике:

1—единица измерения; 2—слишком большое значение; 3—слишком малое значение

В таких случаях, когда анализ графика не приводит к однозначному решению, используют контрольные карты, которые позволяют принять объективное решение [9].

Контрольная карта — это разновидность графика, однако она отличается от обычного графика наличием линий, называемых контрольными границами или границами регулирования. Эти контрольные границы обозначают ширину разброса, образующегося в обычных условиях течения процесса. Если все точки на графике входят в область, ограниченную контрольными границами, это

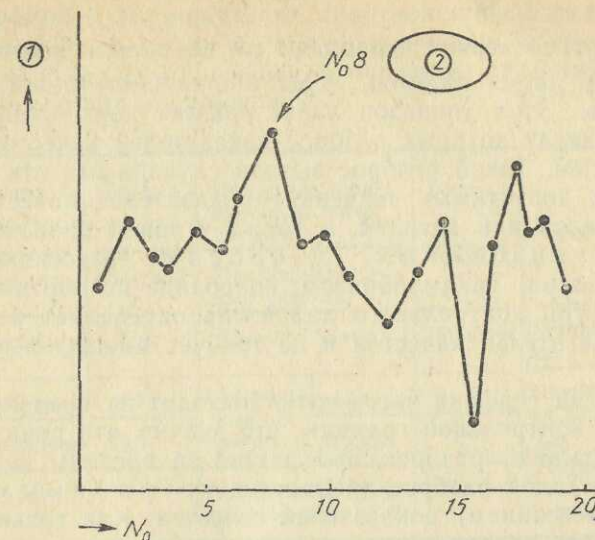


Рис. 2.30. Пример, когда трудно сказать, слишком ли велико значение точки на графике:

1—единица измерения; 2—слишком ли велико значение?

указывает на то, что процесс протекает в относительно постоянных условиях, т. е. на стабильность процесса. И наоборот, если на графике есть точки, выходящие за пределы контрольных границ, значит, в ходе процесса возникли погрешности, нарушившие стабильность процесса (рис. 2.31, рис. 2.32).

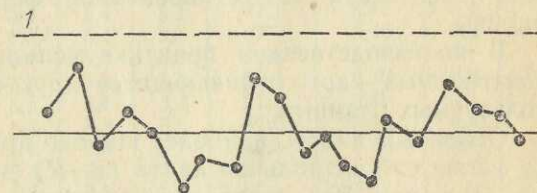


Рис. 2.31. Все точки находятся в пределах контрольных границ; процесс устойчив:

1—верхняя контрольная граница нормы; 2—нижняя контрольная граница нормы

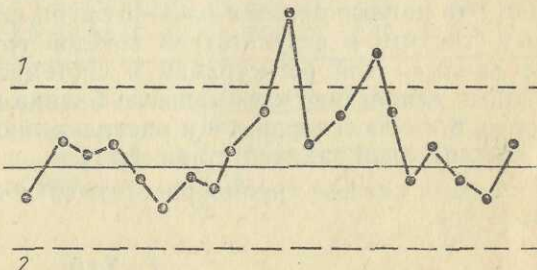


Рис. 2.32. Наблюдается выброс точек за пределы контрольной границы (это говорит о возникновении неполадок в процессе):

1—верхняя контрольная граница; 2—нижняя контрольная граница

При осуществлении контроля характеристик с помощью контрольных карт проверяют, попадают ли все точки графика в диапазон между двумя линиями, представляющими собой контрольные границы. Этот диапазон характеризует контрольные нормативы, в пределах которых разброс показателей качества считается допустимым. Такой разброс вызван случайными отклонениями (в пределах допустимых значений) показателей качества исходных материалов или деталей, а также условий производства, и называется неизбежным разбросом (рассеянием) показателей качества. Таким образом, колебание по вертикали точек графика внутри контрольного диапазона определяет неизбежный разброс показателей качества и не требует вмешательства в ход процесса.

Если же на графике часть точек выходит за пределы верхней или нижней контрольной границы, это значит, что показатели качества испытывают разброс, выходящий за пределы контрольных нормативов. Такой разброс называется **устранимым разбросом** (рассеянием) показателей качества. Как только на контрольной карте появляется одна или несколько точек на графике, выходящих за пределы контрольного диапазона, что указывает на появление устранимого разброса, необходимо немедленно принять все меры для выявления и устранения причины отклонения.

В порядке составления контрольной карты самым важным является способ определения контрольных границ. Для определения контрольных границ (или контрольных нормативов) необходимо собрать большое количество данных, называемых предварительными данными, характеризующих состояние процесса, и на их основе рассчитать по установленной формуле контрольные нормативы.

В производственной практике используются различные виды контрольных карт, отличающиеся друг от друга характером используемых данных.

Основным видом, наиболее широко применяемым в производстве, является контрольная карта ($\bar{x}-R$), для кратности называемая ($\bar{x}-R$)-карта. Эта карта составляется в следующем порядке.

1. Собирают предварительные данные измерений характеристик (таких как длина, вес, прочность и т. д.) числом в пределах 100. Эти данные делятся на 4—5 групп, равных по количеству данных, так что в результате в каждой группе получается по 20—25 данных. Для регистрации и систематизации предварительных данных используют специальные бланки контрольных листов, которые отличаются формой и расположением данных в соответствии с поставленной задачей (табл. 2.11).

2. Для каждой группы рассчитывают среднее значение \bar{x} и размах R :

$$\bar{x} = \Sigma x / n,$$

где Σx — сумма всех измеренных значений x ; n — число измеренных значений в группе.

$R = (\text{максимальное из измеренных значений в группе}) - (\text{минимальное из измеренных значений в группе})$. Выражает диапазон разброса значений в группе.

Таблица 2.11

Наименование изделия	Татами	Номер распоряжения об изготовлении	—	Срок	с 30.06.1980
Показатель качества	Толщина	Производственный участок	—		по 10.07.1980
Единица измерения	см	Диетная норма	50 штук	№ станка	Станок № 1
Контрольные границы	верхняя	5,7	Контрольные об-разцы	кол-во	Оператор
	нижняя	5,3		период	Контролер
Номер стандарта	—	Номер измерительного прибора	№ 2	Личная печать (подпись)	.....

Дата	№ групп	Измеренные значения					Сумма Σx	Среднее значение \bar{x}	Диапазон R	Примечания
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5				
30/6	1	5,3	5,4	5,4	5,4	5,6	27,1	5,42	0,3	
30/6	2	5,5	5,4	5,4	5,3	5,3	26,9	5,38	0,2	
1/7	3	5,5	5,3	5,3	5,3	5,4	26,8	5,36	0,2	
1/7	4	5,6	5,3	5,4	5,4	5,4	27,1	5,42	0,3	
2/7	5	5,5	5,4	5,4	5,4	5,3	27,0	5,40	0,2	
2/7	6	5,4	5,4	5,5	5,5	5,4	27,2	5,44	0,1	
3/7	7	5,5	5,4	5,4	5,4	5,4	27,1	5,42	0,1	
3/7	8	5,6	5,4	5,5	5,4	5,4	27,3	5,46	0,2	
4/7	9	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	26,8	5,36	0,1	
4/7	10	5,5	5,3	5,4	5,3	5,4	26,9	5,38	0,2	
5/7	11	5,4	5,4	5,5	5,4	5,4	27,1	5,42	0,1	
5/7	12	5,4	5,4	5,4	5,3	5,5	27,0	5,40	0,2	
7/7	13	5,4	5,3	5,4	5,5	5,7	27,3	5,46	0,4	
7/7	14	5,3	5,4	5,4	5,4	5,5	27,0	5,40	0,2	
8/7	15	5,4	5,3	5,5	5,5	5,4	27,1	5,42	0,2	
8/7	16	5,4	5,3	5,4	5,4	5,4	26,8	5,36	0,1	
9/7	17	5,4	5,3	5,3	5,3	5,3	26,8	5,36	0,2	
9/7	18	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	27,1	5,42	0,1	
10/7	19	5,6	5,4	5,4	5,4	5,4	27,2	5,44	0,2	
10/7	20	5,6	5,3	5,3	5,5	5,3	27,0	5,40	0,3	

Контрольная карта \bar{x}	Контрольная карта R	Сумма	108,12	3,9
$UCL = \bar{x} + A_2 \bar{R} = 5,519$	$UCL = R = 0,411$	$\bar{\bar{x}} = 5,406$	$\bar{R} = 0,195$	
$LCL = \bar{x} - A_2 \bar{R} = 5,293$	$LCL = R = \text{— (не определено)}$	n	A_2	D_3 D_4
		4	0,73	2,28 —
		5	0,58	2,11 —

3. На бланке контрольной карты по вертикальной оси откладывают значения \bar{x} и R , а по горизонтальной оси — номера групп. На график наносят точками значения \bar{x} и R для каждой группы.

4. Находят средние значения $\bar{\bar{x}}$ и $\bar{\bar{R}}$ для \bar{x} и R каждой группы. Эти средние значения определяют среднюю линию контрольного диапазона: $\bar{\bar{x}}$ — среднюю линию для \bar{x} -карты, $\bar{\bar{R}}$ — среднюю линию для R -карты.

Для рассматриваемого случая $\bar{\bar{x}} = 5,406$; $\bar{\bar{R}} = 0,195$.

Средняя линия обычно обозначается сплошной линией.

5. Контрольные границы устанавливаются отдельно для \bar{x} -карты, R -карты рассчитываются по следующим формулам:

а) для \bar{x} -карты

верхняя контрольная граница $UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{\bar{R}}$,

нижняя контрольная граница $LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{\bar{R}}$;

б) для R -карты

верхняя контрольная граница $UCL = D_4 \bar{\bar{R}}$,

нижняя контрольная граница $LCL = D_3 \bar{\bar{R}}$.

Значения A_2 , D_4 , D_3 для данного случая приведены в «Таблице коэффициентов для расчета контрольных границ» (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Количество выборок n	A_2	D_3	D_4
2	1,880	—	3,267
3	1,023	—	2,575
4	0,729	—	2,282
5	0,577	—	2,115
6	0,483	—	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777

Примечание: Прочерк в столбце для D_3 означает, что контрольный диапазон не имеет нижней контрольной границы.

Поскольку в рассматриваемом примере число групп $n = 5$, коэффициенты A_2 , D_4 и D_3 берут соответствующими количеству выборок $n = 5$, т. е. $A_2 = 0,577$; $D_4 = 2,115$; $D_3 = —$ (не предусмотрено). Расчет дает следующие значения для контрольных границ:

а) для \bar{x} -карты

верхняя контрольная граница $UCL = 5,519$,

нижняя контрольная граница $LCL = 5,293$;

б) для R -карты

верхняя контрольная граница $UCL = 0,411$.

Контрольные границы обозначаются обычно пунктирной линией.

Контрольная карта ($\bar{x}-R$) показана на рис. 2.33.

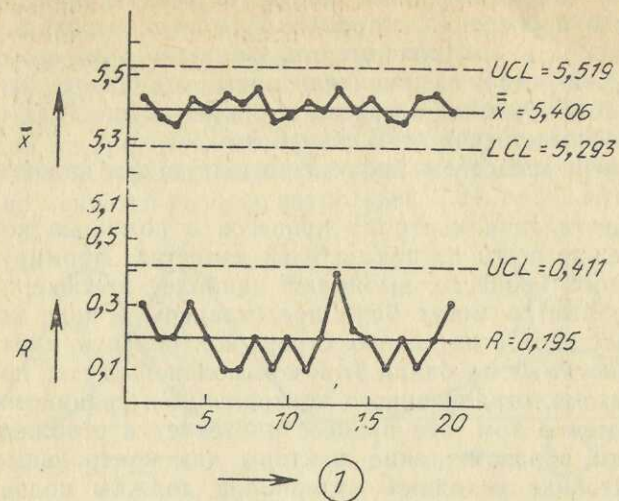


Рис. 2.33. Контрольная карта ($\bar{x}-R$) для толщины пластины:

i — номер группы

Производственный процесс — это результат технологических операций, источник появления определенных показателей качества. Иными словами, в широком смысле в понятие «процесс» можно включить исходное сырье и материалы, механическое оборудование, операторов и методы операций и т. д. Однако при конкретном осуществлении контроля процесса на рабочем участке функции процесса рассматриваются как преобразование исходного сырья и материалов (т. е. исходного продукта) в изделие (в выходной продукт), осуществляемое операторами с помощью определенных методов проведения технологических операций при использовании определенного оборудования. Показатели качества, наблюдаемые на выходе процесса, обусловлены при этом влияющей на них системой наиболее существенных факторов, включающей методы проведения операций, условия проведения операций и т. д. Эти факторы называют контрольными параметрами. Тщательный контроль исходного сырья и материалов является важнейшим элементом обеспечения качества на рабочем участке, т. е. в процессе изготовления изделия.

Если велик разброс показателей качества исходного сырья и материалов, этот разброс обязательно отразится на разбросе показателей качества готового изделия. Поэтому очень важен входной контроль, который должен обеспечить ввод в процесс исходных материалов максимально высокого качества. Далее, для того чтобы в технологическом процессе производились изделия стабиль-

ного качества, тщательному контролю должны подвергаться методы и условия проведения операций. Для этого необходимо внимательно подобрать контрольные параметры и для каждого из этих параметров — технические стандарты, стандарты на операции и т. д. Повседневные операции должны осуществляться при обязательном соответствии этим стандартам.

Эффективным средством такого контроля также являются контрольные карты.

Для осуществления контроля процесса с помощью контрольных карт прежде всего из показателей качества, формируемых в результате этого процесса, выбирают наиболее важные, которые сравнительно быстро могут быть представлены в виде количественных данных. Для этих данных строят контрольную карту. Если все точки, наносимые на бланк этой контрольной карты, попадают внутрь диапазона, ограниченного контрольными границами, делается заключение о том, что процесс протекает в стабильных условиях. Таким образом, такие факторы как контрольные параметры и состояние исходных материалов должны подвергаться постоянной непосредственной проверке. Если на контрольной карте точки немного колеблются вверх-вниз относительно средней линии, не выходя за пределы контрольных границ, можно спокойно работать. Процесс можно считать стабильным, если дневные партии изделий, выпущенных за 2—3 дня подряд, почти идентичны. Когда процесс протекает стабильно и удовлетворяет всем требованиям с технологической и экономической стороны, говорят, что «процесс находится в контролируемом состоянии».

Если при построении контрольной карты окажется, что одна или несколько точек выходят за контрольные границы, это означает, что были каким-то образом нарушены условия обеспечения одного или нескольких факторов, относящихся к исходным материалам или контролируемым параметрам. Ясно, что при этом необходимо проверить, правильно ли были использованы исходные материалы, соблюдалось ли соответствие технологическим стандартам и стандартам на операции в отношении контрольных параметров, например температуры, или времени обработки, или других условий, таких как способы выполнения операций и т. д.

В соответствии с принятыми правилами построения контрольных карт точка, расположенная точно на контрольной границе, считается вышедшей за пределы контрольной границы.

В том случае, когда при исследовании причины отклонения параметра, приведшего к выходу точки за контрольную границу, удастся эту причину устранить, центральную линию и контрольные границы, которые были установлены на основании расчета, проведенного по предварительным данным, собранным до этого момента, следует пересчитать, исключив данные для группы, относящейся к точке, вышедшей за контрольную границу (вновь расчитать только по оставшимся данным). Затем определенные по

этим предварительным данным среднюю линию и контрольные границы нанести на бланк контрольной карты, приняв их за контрольные нормативы для контроля процесса.

В том случае, когда на графике \bar{x} ($\bar{x}-R$)-карты какая-то точка выходит за контрольную границу, это означает, что возникает отклонение от среднего для групп. А в случае, когда за контрольные границы выходит точка на графике R , это означает, что значительно меняется разброс групп (рис. 2.34, рис. 2.35).

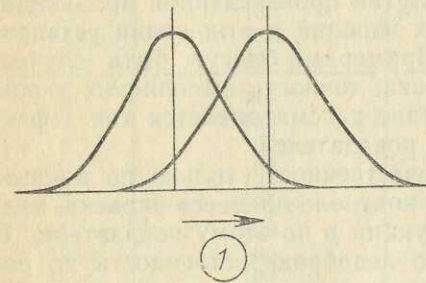


Рис. 2.34. За контрольную границу вышла точка на графике (\bar{x}):
1 — изменилось среднее

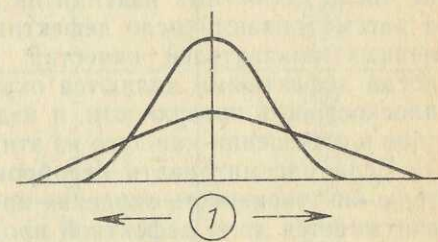


Рис. 2.35. За контрольную границу вышла точка на графике (R):
1 — увеличился разброс

Чтобы не допускать ошибок при осуществлении контроля процесса с использованием контрольных карт, следует соблюдать определенные правила. Прежде всего, необходимо с большим вниманием относиться к выбору контрольных параметров среди всех факторов, составляющих процесс. Далее, необходимо ясно представлять уровень и размах контрольных параметров в конкретных случаях, при которых следует осуществлять контроль процесса. Кроме того, необходимо хорошо понимать, в отношении каких показателей качества производимых в этом процессе изделий необходимо отбирать данные для построения контрольной карты, чтобы наиболее эффективно осуществлять контроль процесса. Очень важно правильно понимать смысл контроля качества, который не ограничивается контролем процесса, различая «контроль» и «проверку». ($\bar{x}-R$)-карты, называемые контрольными картами по количественному признаку, используются в тех случаях, когда показатели качества могут быть выражены количественными данными — размеры, вес, чистота и т. д. В тех случаях, когда показатели качества определяются качественными данными, например интенсивность окрашивания или степень загрязнения, которые трудно выразить в количественном виде, обычно применяется другой вид контрольных карт, которые называются контрольными картами по альтернативному признаку. В таких случаях качество определяется двумя оценками: «качественно» и «некачественно». Одним из видов контрольных карт по альтернативному признаку являются p -карты.

При построении p -карты вначале собирают предварительные данные так, чтобы их число можно было представить 20-25 группами, и для каждой группы рассчитывают долю (%) дефектной продукции p по следующей формуле:

$$p = pn/n,$$

где pn — число дефектных изделий; n — число выборок.

При определении доли дефектной продукции p подсчитывают не число дефектных изделий из партий произведенной продукции, а рассматривают число дефектных изделий в отношении установленных показателей качества. Примерами могут быть случаи, когда дефектными являются окраска, точность выполнения углов, плоскостность поверхности, и изделие рассматривается как дефектное в отношении каждого из этих показателей.

Если рассматривать недоброкачественность только по показателю «интенсивность окраски» при контроле процесса окраски, подсчитывается доля дефектной продукции p по этому показателю. В табл. 2.13 представлены данные о недоброкачественности по показателю «интенсивность окраски» изделия, разделенные на 25 групп.

Построим контрольную p -карту по данным табл. 2.13.

1. Определим долю дефектных изделий для каждой группы, разделив число дефектных изделий p на число выборок n .

2. На бланке контрольной карты по вертикальной оси будем откладывать найденные для отдельных групп значения доли дефектной продукции p в процентах, а по горизонтальной оси — номера групп, как показано на рис. 2.36.

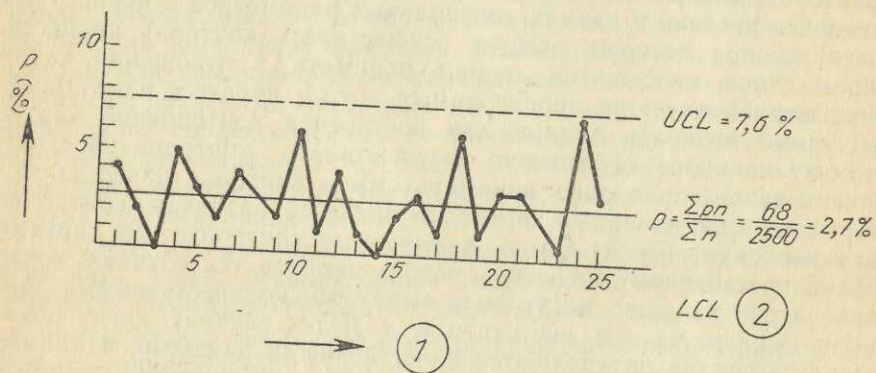


Рис. 2.36. Карта для контроля качества окраски изделия:

1 — номер выборки

3. После нанесения всех точек p рассчитаем центральную линию и контрольные границы по следующим формулам:

центральная линия: $\bar{p} = \Sigma pn / \Sigma n,$

где \bar{p} — среднее арифметическое для p ; Σpn — сумма числа дефектных изделий; Σn — сумма числа выборок;

Таблица 2.13.

№ группы	Число выборок n	Число дефектных изделий, pn	Доля дефектных изделий, p
1	100	4	0,04
2	100	2	0,02
3	100	0	0,00
4	100	5	0,05
5	100	3	0,03
6	100	2	0,02
7	100	4	0,04
8	100	3	0,03
9	100	2	0,02
10	100	6	0,06
11	100	1	0,01
12	100	4	0,04
13	100	1	0,01
14	100	0	0
15	100	2	0,02
16	100	3	0,03
17	100	1	0,01
18	100	6	0,06
19	100	1	0,01
20	100	3	0,03
21	100	3	0,03
22	100	2	0,02
23	100	0	0
24	100	7	0,07
25	100	3	0,03
Всего	$\Sigma n = 2500$	$\Sigma pn = 68$	

контрольные границы:

верхняя $UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}},$

нижняя $LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}.$

Поскольку при расчете нижней контрольной границы результат в некоторых случаях может оказаться отрицательным, в этих случаях нижняя контрольная граница отсутствует. Если при расчете LCL результат оказывается равным нулю, нижняя контрольная граница будет проходить по оси абсцисс.

4. Определенная указанным образом центральная линия обозначается на карте сплошной линией, а контрольные границы — пунктирной линией.

С помощью контрольных карт можно контролировать также суммарное число дефектов, например число царапин на поверхности изделия и т. п. В этом случае применяются так называемые *C*-карты. В табл. 2.14 представлены данные по подсчету числа царапин на поверхности изделия в зависимости от номера выборки.

Таблица 2.14.

№ выборки	Суммарное число дефектов C	№ выборки	Суммарное число дефектов C
1	4	11	5
2	5	12	3
3	4	13	2
4	4	14	7
5	4	15	3
6	7	16	4
7	3	17	2
8	3	18	3
9	4	19	4
10	4	20	7

1. Значения суммарного числа дефектов C из табл. 2.14 наносят на бланк контрольной карты. В этом случае по вертикальной оси откладывают значения C , а по горизонтальной — номера выборок.

$$\bar{C} = \frac{\Sigma C}{20} = \frac{82}{20} = 4,1.$$

верхняя контрольная граница $UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$;

нижняя контрольная граница $LCL = \bar{C} - 3 \sqrt{\bar{C}}$.

$$UCL = 4,1 + 3 \sqrt{4,1} = 10,17;$$
$$LCL = 4,1 - 3 \sqrt{4,1} = -1,97 \text{ (отсутствует).}$$

l —номер выборки

Например, в случае, когда на p -карте контроля интенсивности окраски точка вышла за контрольную границу, необходимо исследовать такие контрольные параметры процесса, как соответствие стандарту на операции процесса окрашивания, постоянство интенсивности окраски, соблюдение установленного метода сушки и т. д.

«СЕМЬ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА»
И ДРУГИЕ НОВЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Рассмотренные «семь инструментов контроля качества», в которых методы и идеи контроля качества были изложены предельно ясно, позволили простыми методами решать 95% проблем, касающихся контроля качества в самых разных областях. Целью создания этих «семи инструментов» было получение возможности применения методов контроля качества всем персоналом фирмы на любом участке работы. Оставшиеся 5% проблем должны были

решаться статистическими методами контроля и какими-то другими. Ими стали «семь новых инструментов контроля качества».

«Семь новых инструментов контроля качества» относятся к методам обработки главным образом словесных (описательных) данных. Применение этих инструментов особенно эффективно, когда их используют как методы наиболее полной реализации планов на основе системного подхода в условиях сотрудничества всего коллектива предприятия.

Эти «семь новых инструментов» должны дополнять другие широко применяемые статистические методы контроля качества. Важно именно совместное применение уже известных методов контроля качества и «семи новых инструментов контроля качества».

3.1. СУЩНОСТЬ МЕТОДОВ, СОСТАВЛЯЮЩИХ «СЕМЬ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА»

1. Диаграмма средства. Эта диаграмма служит для определения причин нарушения процесса и их систематизации для облегчения поиска мер, направленных на их исключение. Например, важной задачей для фирмы является нахождение правильных методов осуществления научных исследований и разработок с учетом условий, складывающихся в современном обществе в «эпоху высокоэффективных технологий». При этом важным оказывается вопрос, как изменить существующую систему обеспечения качества, чтобы она соответствовала новым требованиям. Каждая такая тема характеризуется множеством словесных данных. Диаграмма средства представляет собой метод систематизации основных проблем, требующих решения, подобранных по принципу средства того количества словесных данных, которое относится к этим проблемам.

На рис. 3.1 представлена диаграмма средства на тему «Каким должно быть направление развития деятельности предприятия, начиная с данного момента времени в условиях, в которых находятся предприятия машинного производства». Диаграмма составлена в 1982 г. В диаграмме указывается, в каком направлении в последующие три года должна развиваться деятельность предприятия в условиях обострения конкуренции, увеличения многообразия требований потребителей, конкуренции в области обеспечения качества и т. д. Иными словами, в диаграмме определяются наиболее важные конкретные проблемы, требующие решения.

2. Диаграмма зависимостей. Эта диаграмма составляется для того, чтобы проблемам, требующим разрешения, зафиксированным в диаграмме средства, поставить в соответствие основные причины, вызвавшие их появление, например, диаграмма зависимостей, указывающая причины несовпадения параметров опытных образцов изделия его проекту. На диаграмме, показанной на рис. 3.2, приведено 50 факторов, которые рассматриваются как пер-

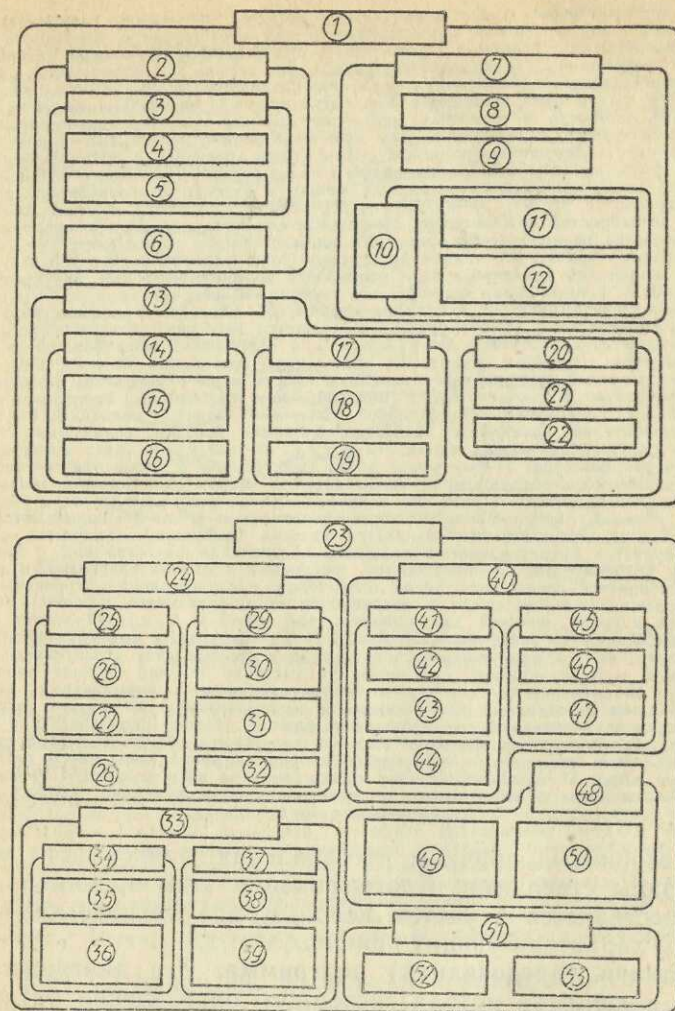


Рис. 3.1. Диаграмм средства «Какими должны стать условия на предприятии, начиная с данного момента времени?»

1—борьба за выживание между предприятиями становится более жесткой; 2—имеются потребности в строительных механизмах в мировом масштабе; 3—расширяется вывоз капитала за рубеж для организации местных филиалов японских предприятий; 4—еще больше расширяются международные связи в сфере обмена технологиями; 5—строительные механизмы механического типа становятся объектом местного производства в странах Юго-Восточной Азии; 6—увеличивается доля экспорта в слабоазвитые страны; 7—увеличивается международная конкуренция между японскими изготовителями; 8—победители в конкурентной борьбе внутри страны контролируют мировое производство; 9—обостряется конкурентная борьба между японскими предприятиями с одной стороны и предприятиями Европы и Америки с другой; 10—наступила эпоха силовой конкуренции; 11—таже объективные факторы производителей оказываются нежизнеспособными, если не развивают новые технологии (такие же, какими владеют монопольные фирмы-производители отдельных видов продукции машиностроительной промышленности) и не принимают уровень комплексного управления качеством; 12—в современных условиях, когда нежелательно дальнейшее расширение социальных потребностей, выгоды предприятий за пределы страны становится продолжением

производства внутри страны, и при этом часто недостатки преобладают достоинства. Силовая конкуренция в этих условиях характеризуется тем соотношением достоинств и недостатков, при котором еще возможно эффективное производство; 14—внутри страны уменьшается число монополий; 14—обостряется борьба за акции; 15—обостряется борьба за объединений, в результате чего появляется необходимость в средствах управления рынком; 16—имеется необходимость в отсечных мерах на большое влияние предприятий других фирм; 17—активизируется переформирование производителей строительных машин; 18—еще больше обостряется конкуренция за новые сферы сбыта, постепенно активизируется сокращение числа производителей строительных машин в стране; 20—потребности в продукции внутри страны не растут; 21—низкие потребности в продукции внутри страны; 22—быстрый рост потребностей нежелателен; 23—потребители предъявляют производителям требования производства разнообразной продукции множественного назначения; 24—требование потребителей — многообразие; 25—тенденция к увеличению габаритов строительных кранов; 26—в связи с тенденцией правительства к разработке крупномасштабных проектов появляется необходимость в накоплении собственных технологий, рассчитанных на то направление, в котором будет развиваться экономика страны; 27—объектом производства становятся крупногабаритные краны; 28—все больше закрывается проблема промышленного загрязнения окружающей среды; 29—есть необходимость в опережении потребностей потребителей; 30—усиливается тенденция ставить во главу угла требования потребителей; 31—эффективность деятельности предприятия определяют гибкие меры руководства, которые могут поставить производство в соответствие с многообразием требований, проанализированных за период 3–5 лет, следование установленной системе и развитие политики; 32—основные требования потребителей, касающиеся качества, экономии энергии, сокращения трудовых затрат, охраны окружающей среды, стоимости и т. д.; 33—наступает эпоха конкуренции по уровню обеспечения качества; 34—наступает эпоха конкуренции в сфере обеспечения услуг; 35—качество технического обслуживания связывается с числом поступивших заказов; 36—клиенты должны быть уверены в том, что получают самое лучшее техническое обслуживание по замене деталей, обслуживание по доставке товаров и т. д.; 37—повышаются требования к обеспечению качества; 38—повышается уровень требований к качеству обслуживания; 39—укрепляется представление о важности обеспечения качества как у производителей, так и у потребителей; 40—повышаются требования к автоматизированным механизмам; 41—активизируется сокращение числа операторов, обслуживающих строительные машины; 42—прослеживается тенденция к сокращению обслуживающего персонала (в отношении операций в среде, вредной для здоровья, под водой и т. п.); 43—растет спрос в стране на строительные машины высокого класса и на машины, в которых используются электронные блоки; 44—в стране наблюдается переход к производству строительных машин с гидравлической и электрической системами управления; 45—еще больше развивается электрификация; 46—наблюдается переход к автоматизации и электрификации; 47—общество переходит к использованию электрификации и систематизации; 48—растет потребность в машинах, экономящих энергию; 49—наблюдается сдвиг в сторону производства и использования машин, способствующих экономии сырья и энергии; 50—более насыщенной становится проблема экономии энергии; 51—наблюдается переход к эпохе смешанного труда; 52—наблюдается тенденция к повышению уровня образования за счет удлинения срока обучения и к увеличению возраста работников; 53—активизируется приобщение женщин к производственному труду.

вичные и вторичные причины несовпадения; зависимости между ними показаны стрелками. Классификация этих причин по важности осуществляется с учетом используемой технологии, числовых данных, характеризующих причины, и т. д.

3. Системная (древовидная) диаграмма. Эта диаграмма используется в качестве метода системного определения оптимальных средств решения возникших проблем и строится в виде многоступенчатой древовидной структуры, элементами которой являются различные средства и способы решения.

Предположим, что фактор «много бракованных деталей, получаемых по внешнему заказу» на диаграмме зависимостей (рис. 3.2) является наиболее важным фактором. В этом случае проблемой, требующей решения, будет «Снижение брака деталей, получаемых по внешнему заказу». Меры, применяемые для решения возникшей проблемы, выбираются с учетом самых разных факторов, таких как руководство фирмой, на которой размещен заказ, уровень техники, на фирме-заказчике, уровень техники контроля и т. д.

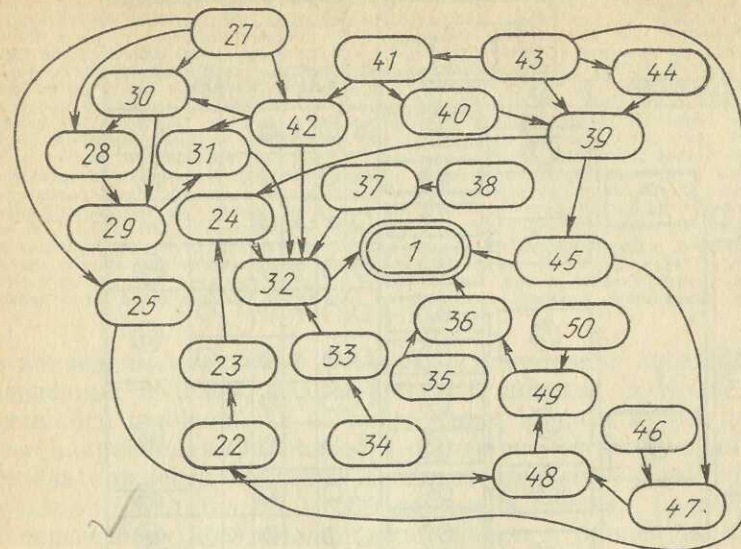


Рис. 3.2. Диаграмма зависимостей «Почему параметры опытных образцов не совпадают с указанными на чертежах?»:

1—почему не создаются параметры опытных образцов с указанными на чертежах?; 22—не выяснен уровень технического обслуживания; 23—не реализуется мощность оборудования; 24—часто возникает брак; 25—мощность процесса не держится под контролем; 27—слишком снисходительно решение инспектора; 28—слишком снисходительно решение исполнителя; 29—исполнитель не соблюдает стандарт; 30—это приводит к несоблюдению стандарта; 31—недостаточен самоконтроль; 32—не выявляется брак; 32—даже бракованные изделия проходят линию; 34—оборудование не имеет «защиты от дурака»; 35—нет резерва для инспектора; 36—нет заявления об изменении проекта; 37—плохи методы измерений; 38—не разрабатываются методы измерений; 39—много бракованных деталей, получаемых по внешнему заказу; 40—не проводится приемочный контроль; 41—несовершенство сценки процесса контроля качества; 42—недостаточно планирование обеспечения качества; 44—плох контроль внешних заказов; 45—плохое качество предыдущего процесса; 46—ничего не сообщается о том, что плох предыдущий процесс; 47—бедны знания проектировщиков о производстве; 48—несправданно строгі допуски; 49—нет убеждения, что изделие может полностью соответствовать чертежу; 50—считают, что следует обеспечить лучшее функционирование

На рис. 3.3 приведена древовидная диаграмма, в которой систематизированы меры, с помощью которых планируется распространить на фирме «семь новых инструментов контроля качества» для успешного осуществления трехлетнего плана внедрения всеобщего контроля качества.

В правой части системной диаграммы обычно приводится оценка мер по их важности и подробное пояснение способа выполнения намеченной меры.

4. Матричная диаграмма. Эта диаграмма выражает соответствие определенных факторов и явлений различным причинам их появления и средствам устранения их последствий, а также степень взаимных зависимостей этих факторов, причин их возникновения и мер по их устранению. На рис. 3.4 приведена наиболее часто используемая Т-образная матричная диаграмма. На диаграм-

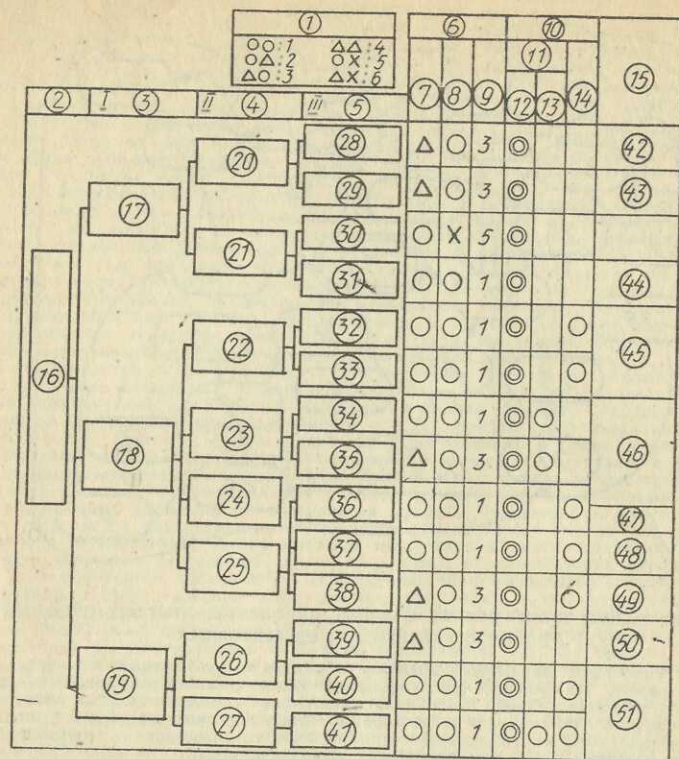


Рис. 3.3. Системная диаграмма «Для планирования распространения на фирме «Семи новых инструментов качества»:

1—оценочный знак, соответствующий весу мероприятия; 2—цель; 3—первая очередь; 4—вторая очередь; 5—третья очередь; 6—оценка; 7—эффект; 8—осуществимость; 9—присвоенное место; 10—распределение ролей; 11—данная фирма; 12—контролеры качества; 13—исполнители; 14—администрация подразделения; 15—пункты практических мероприятий; 16—для планирования распространения на фирме; «семи новых инструментов контроля качества»; 17—возможность индивидуального использования «семи новых инструментов контроля качества»; 18—утверждение плана работ по распространению «семи новых инструментов контроля качества» в отделах, в которых не было сочувствующих этой идее; 19—широкая пропаганда эффективности «семи новых инструментов контроля качества»; 20—самостоятельное изучение и практическое освоение; 21—изучение под руководством преподавателя и наставника; 22—осознание эффективности «семи новых инструментов контроля качества»; 23—планирование и проведение курсов по усовершенствованию на фирме; 24—организация участия в семинарах вне фирмы; 25—организация изучения в каждом подразделении; 26—составление ознакомительной и разъяснительной брошюры; 27—распространение сбора практических примеров применения на фирме; 28—внимательное чтение диаграмм и описаний «семи новых инструментов контроля качества»; 29—сбор и изучение литературы и практических примеров; 30—посещение других предприятий, на которых «семи новых инструментов контроля качества» были освоены раньше с целью изучения; 31—посещение конференций по «семи новым инструментам контроля качества»; 32—решение проблем с помощью всего комплекса «семи новых инструментов контроля качества»; 33—индивидуальное обучение путем командирования в другие подразделения; 34—обучение силами преподавателей, приглашенных из других подразделений; 35—обучение путем самоподготовки и самостоятельного выступления перед группой; 36—участие в изучении «семи новых инструментов контроля качества» для выступления на симпозиуме; 37—знакомство с работниками из других подразделений; 38—выступление в качестве докладчиков отдельных подразделений; 39—публикации в изданиях фирмы; 40—составление и распространение справочных пособий по использованию «семи новых инструментов контроля качества»; 41—сбор практических примеров по вопросам, оставшимся нерешенными при их изучении; 42—«семи новых инструментов контроля качества для контролеров и perso-

нала». «Внедрение семи новых инструментов контроля качества»; «Внедрение применения на предприятии семи новых инструментов контроля качества»; 43—выпуск расширенного издания журнала «Хинсицу канри» с публикациями докладов на 5-м симпозиуме по «семи новым инструментам контроля качества»; 44—практические примеры по использованию «семи новых инструментов контроля качества» в самостоятельной работе участников 8-й конференции по «семи новым инструментам контроля качества»; 45—сообщения с 63 по 512—практическая работа и эффект в результате обучения и индивидуального руководства со стороны руководителей отделов и лабораторий по осуществлению всеобщего контроля качества; 46—первое занятие 1—2.09.1983 для контролеров качества (20 чел.) (вне фирмы), второе занятие на фирме в секретариате кружков качества (21 чел.), третье занятие предположительно в феврале 1984 г., четвертое занятие предположительно в марте 1984 г.; 47—предполагается участие 3 человек в 6-м симпозиуме по «семи новым инструментам»; 48—командирование 25 человек на курсы по освоению «семи новых инструментов» на заводе Н 17—18.12.1983; 49—призыв к поддержке организации специальных бюро по освоению «семи новых инструментов» в подразделениях фирмы; 50—статья, посвященная разъяснению смысла и изучению «семи новых инструментов» на 2 стр. в № 11 журнала; 51—составление пособия предполагается в течение года. Кроме перечня нерешенных проблем должны быть представлены отдельные практические примеры применения «семи новых инструментов»

ме приведены различные факторы, ухудшающие внешний вид определенных изделий, вызывающие их причины, а также процесс, явившийся причиной их возникновения. Расположение данных по трем направлениям образует Т-образную матричную диаграмму. Степень важности показана двойным кружком или одианным кружком. (Желательно, чтобы данные в клетках, расположенных на пересечении осей, были представлены в процентах появления брака). На основании приведенных данных можно решить, часто ли возникает отклонение от требуемого уровня качества, выраженное в том или ином явлении, какая причина оказывается наиболее важной в возникновении этого отклонения, какой процесс оказался источником этого отклонения и т. д. Таким образом, эта диаграмма дает возможность определить меры для уменьшения отклонения от требуемого уровня качества изделия, т. е. для уменьшения процента брака.

5. Стрелочная диаграмма. Стрелочная диаграмма используется на этапе составления оптимальных планов тех или иных мероприятий после того, как определены проблемы, требующие решения, намечены необходимые меры, определены сроки и размечен ход осуществления запланированных мер, т. е. после составления первых четырех диаграмм. На рис. 3.5 приведена стрелочная диаграмма плана подготовки 1-й конференции членов кружков качества на фирме.

Как видно из диаграммы, для подготовки требуется 48 дней. На диаграмме показан порядок осуществления мероприятий, представлены параллельные операции. В случае, если 48 дней окажется слишком много по отношению к намеченному сроку открытия конференции, план необходимо скорректировать. Для этого следует оптимизировать программу подготовки: добавить параллельные операции, сократить сроки, отведенные на те или иные операции, и т. д.

Стрелочная диаграмма может эффективно применяться также и для контроля успеваемости.

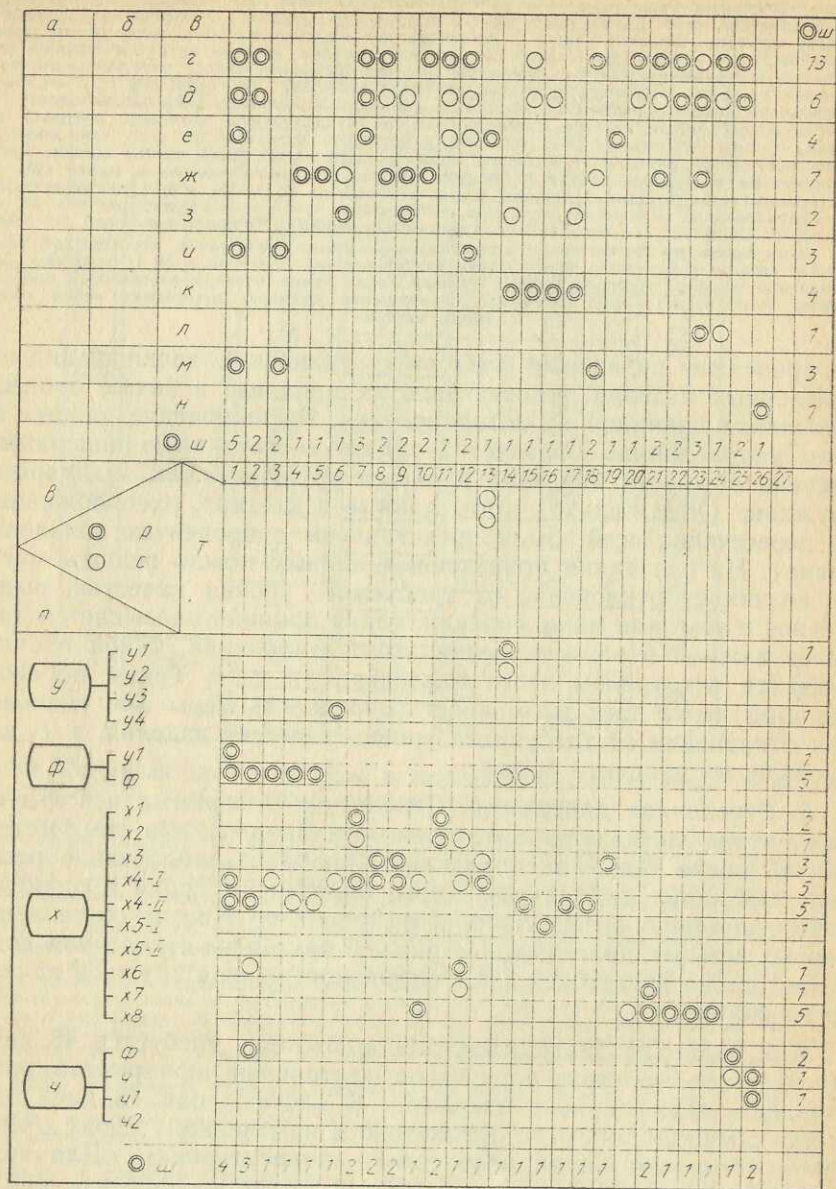


Рис. 3.4. Матричная диаграмма «Т-образная матрица для изучения причин дефектов внешнего вида»:

а—процент возвращенных изделий; б—процент потерь; в—явление; г—дефект скручивания; д—сдвиг; е—дефект пропуска обрабатываемой жидкости; ж—разковины; з—царапины; и—уменьшение площади обработки по ширине; к—другое изделие; л—дефект обрыва края; м—поломка; н—дефект плоскостности края; п—процесс; р—сильная связь; с—наличие связи; т—причинные факторы; у—подготовка к обработке; у¹—получение и ввод заготовки; у²—

обработка заготовки; у³—обработка W-заготовки; у⁴—подготовка; ф—предварительная обработка; х—промежуточная обработка; х¹—очистка; х²—нанесение на заготовку; х³—регулирование степени обработки; х⁴—обрабатывающий станок; х⁵—дополнительная обработка; х⁶—регулировка курса; х⁷—ведущие ролики; х⁸—отделочные ролики; и—хранение и вывоз со склада; и¹—сначала обработка; и²—сортировка; и³—упаковка; и⁴—итого; 1—дефект заготовки; 2—деформация заготовки; 3—недостаточная ширина заготовки; 4—избыточное время предварительной обработки; 5—слишком много обрабатываемой жидкости при предварительной обработке; 6—редкая концентрация обрабатываемой жидкости при предварительной обработке; 7—недостаточная очистка; 8—отклонения в степени обработки; 9—несовершенная система обработки; 10—искривление поверхности; 11—заплаты на заготовке; 12—смещение курса; 13—дефект чувствительности; 14—песок; 15—дефект обрабатываемой жидкости при предварительной обработке; 16—дефект обрабатываемой жидкости при дополнительной обработке; 17—металлическая пыль; 18—разбалансировка условий процесса обработки; 19—забыли отрегулировать степень обработки; 20—отклонение ведущих роликов; 21—отклонение обрабатывающих роликов; 22—дефект при отсечении; 23—дефект отделки; 24—дефект регулировки отделочных роликов; 25—несовершенство условий предварительной обработки; 26—несовершенство условий окончательной обработки

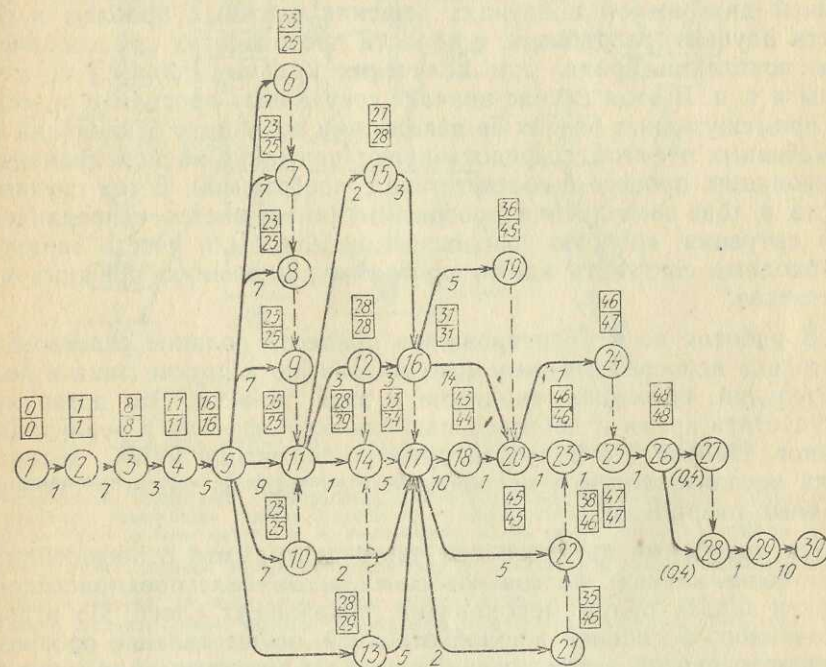


Рис. 3.5. Стрелочная диаграмма «План подготовки 1-й конференции кружков качества на фирме»:

(1-2)—1-я подготовительная конференция; (2-3)—составление плана открытия; (3-4)—собрание плана открытия; (4-5)—оглашение плана открытия; (5-6)—приглашение гостей; (5-7)—приглашение докладчиков для специальных лекций; (5-8)—приглашение докладчиков из других организаций; (5-9)—приглашение членов кружков качества с других фирм для выступления с докладами; (5-10)—запрос о приглашении членов оценочной комиссии; (5-11)—утверждение состава участников; (5-13)—приглашение подавать материалы для публикации; (10-11)—составление контрольного листа для оценки докладов в баллах; (11-12)—соглашение о месте проведения конференции; (11-14)—2-я подготовительная конференция; (11-15)—обеспечение гостиниц; (12-16)—пересмотр места проведения конференции; (13-14)—следование условию прогрессивности; (13-17)—составление информационного бюллетеня конференции; (14-17)—составление программы; (15-16)—обеспечение связи с гостиницей; (16-19)—подготовка аппаратуры, предназначенной для использования на конференции; (16-20)—составление руководства по порядку церемонии; (17-18)—печатающие программы и пр.; (17-21)—подготовка лаборатории для фотосъемки; (17-22)—обсуждение и приобретение призов; (18-20)—последнее совещание по согласованию мнений; (20-23)—подготовка места проведения конференции; (20-24)—обеспечение транспорта; (23-25)—репетиция; (25-26)—открытие конференции; (26-27)—прием в честь открытия конференции; (26-28)—уборка; (28-29)—обсуждение; (29-30)—составление сборника докладов. П р и м е

чания: 1. Маршрут, показанный жирной линией, включает основные мероприятия намеченного плана подготовки, для осуществления которых требуется 48 дней; 2. Участок (26—30) относится к мероприятиям, осуществляемым после окончания конференции, поэтому ускорение или замедление программы подготовки к открытию на него не влияет; 3. Операция (2—3) представляет собой работу по составлению плана проведения конференции, в который включаются смета, цель и сущность конференции, день, час и место открытия конференции, лица, приглашаемые на конференцию, и т. д.; 4. Материалы при публикации располагаются в соответствии с программой согласно дню выступления докладчика на конференции.

6. **Диаграмма планирования оценки процесса (PDPC).** Эта диаграмма применяется для оценки сроков и правильности осуществления программы и возможности корректирования тех или иных мероприятий в ходе их выполнения в соответствии со стрелочной диаграммой в случаях решения сложных проблем в области научных разработок, в области производства при хроническом появлении брака, при получении крупных заказов со стороны и т. д. В этом случае вначале составляют программу и, если на промежуточных этапах ее реализации возникнут отклонения от намеченных пунктов, сосредотачивают внимание на мероприятиях, приводящих процесс в соответствие с программой. В тех случаях, когда в ходе выполнения программы складывается непредвиденная ситуация, которую совершенно нельзя было учесть заранее, необходимо составить новую программу, лишенную прежних недостатков.

В работах по корректированию процесса должны участвовать не только непосредственные исполнители, но и другие лица и подразделения, имеющие отношение к этой области. Это позволяет не упустить время и добиться наибольшего эффекта в реализации планов. На рис. 3.6 приведен пример диаграммы PDPC, которая была использована при осуществлении одной из задач в области научных разработок.

На диаграмме представлена часть программы, относящейся к разработке клейких листов нового типа. Вначале предполагалось решить задачу рядом мероприятий, показанных слева. До этапа, показанного последней жирной стрелкой, осуществление программы шло успешно, затем возникла проблема оптимизации условия T_p , и было проведено первое корректирование PDPC. Далее возникла проблема, касающаяся характеристики γ , и было проведено второе корректирование программы, в результате чего программа достигла совершенства.

7. **Анализ матричных данных.** Это метод графического представления в нескольких двухмерных плоскостях. Анализ матричных данных соответствует методу анализа составляющих, типичным примером которого является метод многофакторного анализа.

Пусть, например, требуется определить 234 числовых данных, относящихся к 9 факторам, на которых может сказываться брак, для 26 видов изделий, изготавливаемых литьем по корковым формам, с целью снижения брака (табл. 3.1).

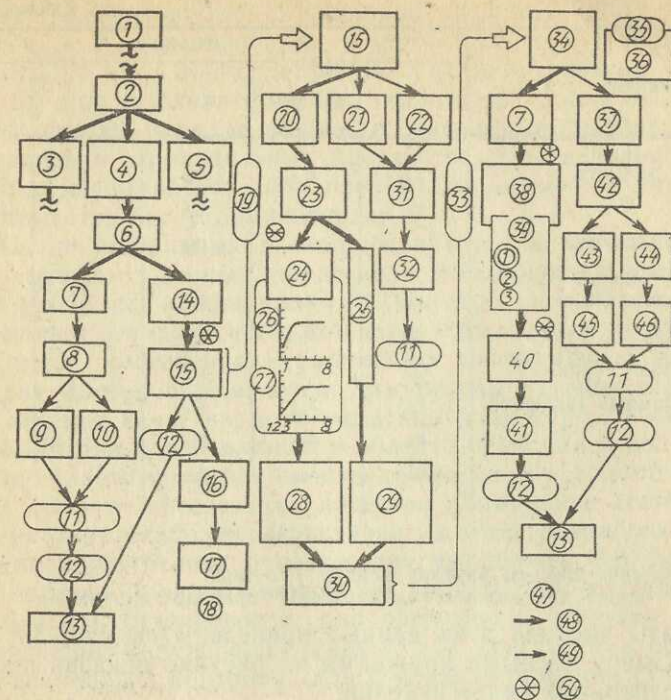


Рис. 3.6. PDPC «Разработка клейких листов нового типа»:

1—разработка клейких листов нового типа; 2—выбор нагревательного процесса; 3—разработка основы H-процесса; 4—разработка основы T-процесса (принятого для настоящей программы); 5—разработка основы G-процесса; 6—предположение дефекта x ; 7—решение проблемы путем замены материала A; 8—возможно использование новых материалов B, C, D; 9—новый материал B имеет неудовлетворительную характеристику N; 10—новые материалы C и D имеют слишком низкую характеристику R; 11—тема для долговременного исследования; 12—решение; 13—к следующему этапу; 14—решение в пределах имеющегося оборудования и условий; 15—желательно найти решение путем оптимизации условия T_p ; 16—необходимо создание нового условия; 17—изучение родственных процессов; 18—к процессам H или G; 19—первое корректирование; 20—рассмотрение для условия T_L ; 21—рассмотрение для условия W_M ; 22—рассмотрение для условия W_p ; 23—изучение в диапазоне возможного изменения T_L ; 24—изменение графика в особой зоне; 25—полностью меняется уровень T_L ; 26—раньше; 27—после оптимизации; 28—1) решена проблема дефекта x ; 2) появление новой проблемы, касающейся характеристики γ ; 3) скорость линии велика; 29—1) решена проблема дефекта x ; 2) появление новой проблемы, касающейся характеристики γ ; 3) скорость линии мала; 30—наличие необходимости решения проблемы, касающейся характеристики γ ; 31—из-за ограничений, накладываемых оборудованием, узок диапазон возможных изменений условий; 32—необходима замена оборудования; 33—второе корректирование; 34—решение новой проблемы, касающейся характеристики γ ; 35—граничные условия; 36—оценка материала при оптимальном условии T_p ; 37—решение с помощью введения нового процесса G; 38—возможен выбор материалов B, C или D; 39—условия: 1) использование оборудования, имеющегося в наличии; 2) рассмотрение достоинств других характеристик кроме характеристики γ ; 3) не должна повышаться стоимость; 40—делается оценка материалов B, C, D; 41—признается оптимальным материал B; 42—предполагается появление дефекта AY; 43—необходима замена на новый материал E; 44—необходима замена системы нагрева; 45—неизбежность повышения затрат на изменения; 46—велики затраты на оборудование; 47—примечания; 48—реализованный маршрут; 49—планируемый маршрут; 50—осуществление методом экспериментального планирования;

Таблица 3.1

Факторы	Изделия				
	A-101	A-102	A-103	.....	A-126
1. Внешний диаметр	x_{11}	x_{12}	x_{13}	.....	x_{1-26}
2. Вес	x_{21}	x_{22}	x_{23}	.....	x_{2-26}
3. Площадь заглушки	x_{31}	x_{32}	x_{33}	.....	x_{3-26}
4. Расход материала на единицу готовой продукции	x_{41}	x_{42}	x_{43}	.....	x_{4-26}
5. Число штук на форму	x_{51}	x_{52}	x_{53}	.....	x_{5-26}
6. Число этапов сборки	x_{61}	x_{62}	x_{63}	.....	x_{6-26}
7. Вес на площадь заглушки	x_{71}	x_{72}	x_{73}	.....	x_{7-26}
8. Форма	x_{81}	x_{82}	x_{83}	.....	x_{8-26}
9. Диаметр трубки	x_{91}	x_{92}	x_{93}	.....	x_{9-26}

Примечания:

1. x_{ij} — значение для i -го фактора изделия j -го типа.

2. Процент брака для каждого вида изделий приводится отдельно.

Результаты анализа этих данных приведены на рис. 3.7. Разными по размеру черными кружками на рисунке показан процент брака для отдельных видов изделий.

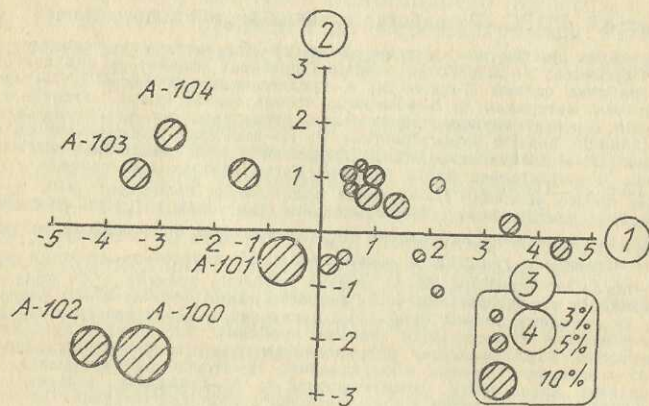


Рис. 3.7. Пример представления результатов анализа матричных данных «Оценка вклада составляющих 9 факторов в брак литейных изделий»:

1—составляющие 1-го порядка важности; 2—составляющие 2-го порядка важности; 3—обозначения; 4—процент брака

Результат анализа показал, что к составляющим первого порядка важности относятся такие факторы, как вес, площадь заг-

лушки, отношение веса к площади заглушки, диаметр выводной трубки, а к составляющим второго порядка важности — расход материала на единицу готовой продукции, форма. Из анализа рис. 3.7 можно сделать вывод, что процент брака высок для факторов первого порядка важности, матричные данные для которых оказались в отрицательных плоскостях. После проведения специальных мероприятий, направленных на снижение брака, процесс производства был стабилизирован.

Анализ матричных данных базируется на компьютерном анализе числовых данных, представляемых большим числом матричных диаграмм, и, как видно на примере рис. 3.7, является перспективным методом систематизации данных.

Сфера применения «семи новых инструментов контроля качества» быстро расширяется. Эти методы применяются в области обеспечения качества, в области контроля курса, в области делопроизводства и управления, в области обучения и подготовки кадров, в области контроля производительности и др.

В области обеспечения качества применение «семи новых инструментов» наиболее эффективно на этапе разработки новой продукции и подготовки проекта; для выработки мер, направленных на снижение брака и уменьшение рекламаций; для повышения надежности и безопасности; для обеспечения выпуска изделий без загрязнения окружающей среды; для обеспечения объективности инспекционного контроля; для совершенствования стандартизации и т. д.

Обучение «семи новым инструментам контроля качества» осуществляет Научное общество «Семи новых инструментов контроля качества». Каждый цикл подготовки специалистов продолжается 5 месяцев, на протяжении которых 11 полных дней слушатели изучают и практикуются в применении «семи инструментов».

3.2. МЕТОДЫ ТАГУТИ

Японский ученый Гэнъити Тагути разработал идеи математической статистики, относящиеся к статистическим методам экспериментального планирования, разработанного, в частности, Р. А. Фишером, а также к статистическим методам контроля качества, основы которых заложил Шухарт [11].

Г. Тагути, рассматривая методы экспериментального планирования, впервые разделил учитываемые факторы на принципиальные основные факторы, оказывающие регулирующее действие на результат, и факторы второстепенные. Он ввел определение отклоняющего фактора (или шума), являющегося причиной разброса характеристик на рабочем месте. Поскольку на рабочем месте обычно велик разброс условий, Г. Тагути предложил характеризовать производимые изделия устойчивостью технических характеристик. Г. Тагути внес поправку также в понятие случайного

отклонения. Специалисты по математической статистике считают, что на результат статистического прогнозирования влияют случайные факторы. Г. Тагути придерживается мнения, что все отклонения и ошибки имеют свои причины, и что существуют не случайности, а факторы, которые иногда трудно учесть.

Важное отличие методов Тагути от других статистических методов заключается в отношении к основополагающим характеристикам произведенной продукции — качеству и стоимости [12]. До Тагути качество продукции и ее стоимость рассматривались всегда раздельно, причем во всех статистических методах качества считается главным фактором. Вначале (на этапе проектирования) определяются средние значения качественных характеристик, исследуется их разброс, и если он не выходит за пределы установленной величины, характеристика принимается; затем на основе полученных качественных характеристик рассчитывается стоимость изделия. Если стоимость оказывается выше заданной величины, то методом последовательных приближений уровень качества и стоимость подстраивают так, чтобы стоимость приближалась к расчетной.

В отличие от этого по методу Тагути главным считается экономический фактор (стоимость), а качество и стоимость рассматриваются совместно. Они связаны общей характеристикой, называемой функцией потерь, причем одновременно рассматриваются потери как со стороны потребителя (вероятность аварий, травм, отказов, невыполнения своих функций, неудовлетворение требований заказчика и т. д.), так и со стороны производителя (затраты времени, энергии, сил, токсичность и др.). Проектирование осуществляется таким образом, чтобы были удовлетворены обе стороны. Тагути создал надежный и изящный метод расчета, используя идею отношения сигнал/шум, принятую в электросвязи. Понятие отношение сигнал/шум используется Г. Тагути не только в применении к измерениям, но и в более широком смысле — для осуществления проектирования и для оптимизации процессов. Отношение сигнал/шум стало основным инструментом инжиниринга качества. Это основное понятие, имеющее смысл отношения на выходе составляющей сигнал к составляющей шума.

Если обозначить значение параметра на входе через M , составляющие шума через x_1, x_2, \dots, x_n , значение параметра на выходе через y , то y будет функцией M и шума:

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

Отношение сигнал/шум в общем виде записывается как

$$\eta = \frac{\left(\frac{\partial f}{\partial M}\right)^2}{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \sigma_{x_1}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n}\right)^2 \sigma_{x_n}^2}.$$

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

Г. Тагути вводит понятие идеальной функции. Идеальная функция определяется идеальным отношением между сигналами на входе и на выходе, которое выражается специальной формулой. Но реальные изделия имеют характеристики, отличающиеся от идеальных, поэтому эти характеристики не подчиняются формуле идеальной функции. Факторы, являющиеся причиной этого отличия, Г. Тагути и называет шумом. Специалист, использующий методы Тагути, должен владеть техническими методами предсказания шума в любой области, будь то технологический производственный процесс или маркетинг. При этом необходимо не просто определять наличие шума, а определять диапазон, в котором шум может возникнуть, режим его возникновения и т. д. При анализе зависимости между значениями на входе и на выходе необходимо предсказывать диапазон входного сигнала. Если будет определен диапазон входного сигнала и диапазон шума, то можно правильно определить отклонение реальной функции изделия от идеальной функции в любой точке диапазона.

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

В 1980 г. Г. Тагути был создан метод двухэтапного проектирования. При использовании этого метода часто оказывается возможным корректирование среднего значения. В этом основное отличие метода Тагути от метода экспериментального планирования Фишера, согласно которому среднее значение есть величина заданная.

С 1963 г. при Японской ассоциации стандартизации работает семинар по изучению методов экспериментального планирования, где начинал читать лекции Г. Тагути. Он содержит 43 учебных курса. Эти курсы в Японии проходят около 2800 человек в год. В 1964 г. было организовано Центральное научное общество по

контролю качества под руководством Тагути. В настоящее время Общество объединяет 50 человек. Общество собирается один раз в месяц на конференции, где выступает проф. Тагути, докладываются и обсуждаются практические примеры обеспечения качества.

В 1969 г. Г. Тагути был приглашен вести Высшие курсы по контролю качества и стандартизации. С этого времени он читает лекции по инжинирингу качества (или по методам Тагути, как стали называть эти методы в США, а затем и в Японии). Курсы делятся на три цикла: 9 дней — бейсик-курс по экспериментальному планированию, 6 дней — контроль качества «он-лайн», 6 дней — контроль качества «оф-лайн». С 1988 г. вместо контроля качества «оф-лайн» проводится двухдневный курс для контролеров.

В 1976 г. организованы курсы для инженеров, работающих в области связи, по новым статистическим методам, базирующимся на отношении сигнал/шум. За 11 лет (на начало 1988 г.) обучение на курсах прошло 1400 человек.

В Японии постоянно действуют краткосрочные базовые курсы по обучению методам Тагути с последующими консультациями (один раз в месяц), оказываемыми преподавателями курсов выпускникам курсов, использующим методы Тагути в практической работе. Им предоставляется возможность публикации результатов их практического применения.

С 1988 г. в Японии действует также «Семинар по экспериментальному проектированию новых видов измерений», организованный Ассоциацией по контролю измерений, рассчитанный на три месяца (октябрь, ноябрь, декабрь) по три дня занятий в месяц с одним вводным днем (итого 10 учебных дней).

Изучение методов Тагути находится в центре внимания еще нескольких научных обществ — Общества по контролю процессов, Общества по оценке методов измерений, Общества по применению методов экспериментального планирования.

На японских фирмах методы Тагути начали вводиться с начала 70-х годов как одно из звеньев общей системы комплексного управления качеством. Организаторы введения методов Тагути на фирмах обязательно проходят обучение на семинарах по методам экспериментального планирования Японской ассоциации стандартизации и специальные курсы по контролю качества на фирме.

В 1977 г. под редакцией Г. Тагути было издано «Пособие по применению отношения сигнал/шум для измерений и экспериментальных методов». Осенью 1987 г. Г. Тагути были подготовлены к печати лекции по инжинирингу качества в 6 томах.

3.3. МЕСТО «СЕМИ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА» В РЯДУ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ПРОБЛЕМ

Можно считать, что движущей силой развития контроля качества является разработка и распространение методов анали-

за проблем. Теорию применения методов анализа проблем опубликовали в 1969 г. М. Когурэ (анализ методов за период 1950—1968 гг.) и в 1983 г. А. Кусаба (анализ методов за период 1970—1982 гг.), работы которых внесли огромный вклад в дело развития этих методов [4]. В сборниках докладов, представляемых на всеяпонских конференциях по контролю качества, которые проводятся ежегодно в мае и ноябре, публикуются практические примеры решения проблем разными фирмами в результате применения тех или иных методов, упоминаемых М. Когурэ и А. Кусабой. Число таких публикаций растет из года в год и составляет в настоящее время в среднем 90 за одну конференцию. Таким образом, благодаря публикациям успехов отдельных коллективов в применении методов решения проблем идет относительно направленный отбор наиболее эффективных методов. В табл. 3.2 показано применение по годам основных методов для решения проблем по публикациям докладов на всеяпонских конференциях по контролю качества с 1950 г. по 1987 г.

До второй половины 70-х годов в качестве главных методов решения проблем применялись основные методы, входящие в «семь инструментов контроля качества», но в начале 80-х годов доля их применения сократилась примерно вдвое. Однако они используются почти во всех практических случаях, хотя и в качестве подсобных методов. А такие методы, как контрольные карты и диаграмма разброса, становятся повседневными методами контроля.

Постепенно в арсенале методов решения проблем стали появляться методы, начало разработке которых было положено еще в 50-е годы, но практическое применение которых по-настоящему стало доступным только при широком распространении компьютеров. Это метод экспериментального планирования, метод регрессивного анализа, метод многофакторного анализа, методы обеспечения надежности. Благодаря происшедшим изменениям в экономической и социальной жизни Японии требования потребителей резко изменились в сторону многообразия и индивидуализации товаров, что вызвало необходимость в расширении характеристик качества. Это, в свою очередь, привело к усложнению зависимостей между характеристиками качества и обуславливающими их факторами и потребовало применения методов более высокого порядка для анализа этих зависимостей. Но «семь инструментов контроля» продолжают надежно служить как методы подготовительные и вспомогательные.

Разработанные в конце 70-х годов методы развития функций качества, «семь новых инструментов контроля качества» и другие методы обработки словесных данных быстро распространились в 80-е годы. В частности, они широко используются для анализа рынка, потребностей потребителей и т. д.

Таблица 3.2

Методы		Годы					
		80—87	88—95	90—92	75—79	70—74	50—68
Базовые методы	«7 инструментов» (исключая контрольные карты и диаграмму разброса)	111 (25,0)	169 (22,4)	360 (46,5)	473 (61,1)	273 (58,7)	91 (21,2)
	Контрольные карты	29 (6,5)	62 (8,2)	51 (6,8)	48 (6,2)	14 (3,0)	89 (20,7)
	Корреляция и регрессии	32 (7,2)	36 (4,8)	37 (4,7)	40 (5,2)	28 (6,0)	—
	Методы статистического контроля	— (—)	3 (0,4)	11 (1,4)	5 (0,6)	4 (0,9)	111 (25,9)
	Метод экспериментального планирования	96 (21,7)	165 (21,9)	112 (14,1)	97 (12,5)	77 (16,6)	112 (26,1)
Методы высшего порядка	Многократный регрессионный анализ	29 (6,5)	56 (7,4)	25 (3,3)	26 (3,4)	16 (3,4)	—
	Многофакторный анализ	21 (4,7)	48 (6,4)	17 (2,1)	21 (2,7)	3 (0,6)	26 (6,1)
	Анализ надежности	26 (5,9)	64 (8,5)	24 (3,0)	12 (1,6)	23 (4,9)	—
	Метод развития качества	52 (11,7)	76 (10,1)	101 (12,7)	16 (2,1)	1 (0,2)	—
Методы анализа словесных данных	«7 новых инструментов контроля качества»	39 (8,8)	68 (9,1)	29 (3,7)	15 (1,9)	0 0	—
Прочие		8 (1,8)	7 (0,9)	13 (1,6)	21 (2,7)	26 (5,6)	—
Итого	(число случаев)	443	754	793	774	465	429

Примечание: В скобках приведен процент применения метода на данный период.

Большую роль в распространении методов, используемых для целей управления качеством, сыграл журнал «Хинсицу» («Качество»), орган Японского научного общества контроля качества, в котором регулярно помещаются материалы, разъясняющие способы применения этих методов. В табл. 3.3 приведены методы, которые описывались в журнале «Хинсицу» в 1980 г. и 1987 г. Данные, указанные в таблице, представляют собой число конкретных случаев применения того или иного метода анализа, публикации результатов применения которых были помещены в журнале «Хинсицу» в 1980 г. и в 1987 г. Из таблицы видно, что большой разницы в применении методов анализа между 1980 г. и 1987 г. нет, но если

Таблица 3.3

Методы		1980 г., число случаев	1987 г., число случаев	Итого число случаев
7 инструментов контроля	Распределение	8	19	27
	Диаграммы Парето	8	12	20
	Причинно-следственная диаграмма	4	11	15
	Контрольные листки	2	11	13
	Гистограммы	1	9	10
	Диаграммы разброса (корреляция)	7	6	13
	Графики	9	21	30
Всего случаев		29	89	128
Процент по отношению к другим группам		(36,4)	(27,7)	(29,9)
7 новых инструментов контроля	Диаграмма средств	2	4	6
	Системная диаграмма	2	11	13
	Диаграмма зависимостей	2	5	7
	Матричная диаграмма	4	15	19
	PDPC	0	2	2
	Стрелочная диаграмма	1	3	4
Всего случаев		11	40	51
Процент по отношению к другим группам		(10,3)	(12,5)	(11,9)
Базовые статистические методы контроля	Биномиальная бумага	1	2	3
	Выборка материалов	0	1	1
	Выборка рабочих образцов	1	2	3
	Анализ рынка	1	18	19
	Выборочный контроль	2	3	5
	Испытания и предзащитная оценка:			
	для измерительных значений	3	6	9
	для расчетных значений	3	5	9
	Контроль ощущений	2	6	8
Всего случаев		13	43	56
Процент по отношению к другим группам		(12,1)	(13,4)	(13,1)
Методы экспериментального планирования	Методы экспериментального планирования (исключая ортогональные таблицы)	3	8	11
	Методы экспериментального планирования (ортогональные таблицы)	3	9	12
	Оптимизация (развивающиеся операции и др.)	0	2	2
	Ортогональные многоэлементы	0	5	5
Всего случаев		6	24	30
Процент по отношению к другим группам		(5,6)	(7,5)	(7,0)

Продолжение табл. 3.5

Методы		1980 г. число случаев	1987 г. число случаев	Итого число случаев
Многофакторный анализ	Однократный и многократный регрессионный анализ; I тип перевода в количественный вид	6	20	26
	Дискриминантный анализ; II тип перевода в количественный вид	1	2	3
	Кластерный анализ	1	1	2
	Анализ основных составляющих и причин	2	8	10
	III и IV типы перевода с количественный вид	1	5	6
Всего случаев		11	36	47
Процент по отношению к другим группам		(10,3)	(11,2)	(11,0)
Надежность	Вероятностная бумага Вейбулла	2	7	9
	Анализ дерева отказов (FTA)	1	10	11
	Анализ по видам и результатам отказов (FMEA)	3	16	19
	Анализ проекта (DR)			2
Развитие функций качества	Таблица качества	4	15	19
	Таблица развития функций качества	5	10	15
	Таблица развития технологии	2	7	9
	Таблица процесса контроля качества	3	6	11
Всего случаев		14	40	54
Процент по отношению к другим группам		(13,1)	(12,5)	(12,6)
Прочие	Анализ поисковых данных	1	1	2
	Прочие	6	13	19
Всего случаев		7	14	21
Процент по отношению к другим группам		(6,5)	(4,4)	(4,9)
Общее число случаев		107	221	418

сравнить эту таблицу с табл. 3.1. изменения, происшедшие в области применения новых методов анализа и решения проблем за более длительные сроки, весьма заметны [4]

Из таблицы видно, что в 80-е годы журнал все больше уде-

ляет внимание таким методам, как системные диаграммы и матричные диаграммы из «семи новых инструментов контроля», анализ рынка, многократный регрессионный анализ, анализ зависимостей основных составляющих, анализ надежности по видам результатам отказов, развитие функций качества. В последнее время журнал публикует исследовательские работы о новых, более сложных аспектах применения контрольных карт; о сложных методах анализа данных с большим числом переменных и о выборе переменных, об анализе поисковых данных для выборки наиболее важной информации, содержащихся в данных, не вошедших в обрабатываемые; о таких методах, как AID (автоматический интерактивный указатель) или CART (классификационные и регрессионные деревья), применяемых для графического анализа данных с большим числом переменных, словесных данных и т. п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исигава К. Японские методы управления качеством.— М.: Экономика, 1986.
2. Методы обеспечения качества продукции в Японии.— М.: Издательство стандартов, 1970.
3. 7 методов обеспечения качества продукции и снижения издержек производства//Стандарты и качество.— 1989.— № 11.— С. 92.
4. Ито С. и др. Прошлое, настоящее и будущее применения методов управления качеством//Хинсидзу канри (Япония).— 1988.— № 7.— С. 32—43.
5. Отражение изменения содержания понятия контроля качества журналом «Хэдзюнка то хинсидзу канри»//Хэдзюнка то хинсидзу канри (Япония).— 1984.— № 12.— С. 4—12.
6. Мориуги С. От SQC к TQC и далее к UQC.— переход к эпохе соревнования и сотрудничества//Хэдзюнка то хинсидзу канри (Япония).— 1989.— № 7.— С. 32—40.
7. Сампей С. Методы контроля качества//Хэдзюнка то хинсидзу канри (Япония).— 1988.— № 4.— С. 24—54.
8. Оиси М. Разброс и статистические методы//Хэдзюнка то хинсидзу канри (Япония), 1988.— № 4.— с. 4—14.
9. Оиси М. Широкий контроль и контрольные карты//Хэдзюнка то хинсидзу канри (Япония).— 1988.— № 4.— С. 15—23.
10. Наятани Ё. Что такое «Семь новых инструментов контроля качества»//Хэдзюнка то хинсидзу канри (Япония).— 1986.— № 1.— С. 71—81.
11. Тагути Г., Такэути К., Яно Х. Методы Тагути с точки зрения специалиста по статистике//Хэдзюнка то хинсидзу канри (Япония).— 1989.— № 5.— С. 5—13.
12. Яно Х., Тагути Г. и др. Что такое методы Тагути//Хэдзюнка то хинсидзу канри (Япония).— 1988.— № 5.— С. 4—15.



„СЕМЬ ИНСТРУМЕНТОВ КАЧЕСТВА“ В ЯПОНСКОЙ ЭКОНОМИКЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ