

# Содержание

## **Введение**

Зачем и для кого написана эта книга?..... 7

## **Глава 1**

Что такое системное, статистическое и визуальное мышление и для чего оно нужно?..... 11

## **Глава 2**

История возникновения статистического мышления.  
Основы теории variability..... 21

## **Глава 3**

Основы теории variability (продолжение).  
Анализ стабильности процессов. Игра «Красные бусы»..... 39

## **Глава 4**

Правила построения и интерпретации ККШ. Классификация типов ККШ..... 67

## **Глава 5**

Построение и анализ гистограмм. Диаграммы ствол-и-листья (stem-and-leaf) и ящик-с-усами (box-and-whisker).  
Вероятностные сетки и законы распределения ..... 133

## **Глава 6**

Индексы воспроизводимости процессов (ИВП) ..... 163

**Глава 7**

Проблемы и трудности при построении и применении ККШ  
и гистограмм на практике.

Алгоритм процесса анализа стабильности  
и воспроизводимости ..... 171

**Глава 8**

SPC, искусственный интеллект,  
Big Data и новые идеи в области ККШ ..... 191

Заключение ..... 221

Литература ..... 223

# Введение

## ЗАЧЕМ И ДЛЯ КОГО НАПИСАНА ЭТА КНИГА?

Эта книга написана для всех, кто хотел бы принимать решения не на основе правила пол-потолок-палец, а исходя из разумного анализа имеющихся данных. Проблема состоит в том, что хотя все организации мира просто переполнены данными, 95%, а может быть, и 99% этих данных никто и никогда ни для чего не использует. Раньше эти данные пылились на полках в виде бесчисленных бумажных отчетов, записок, протоколов и т. п., сегодня те же самые документы пылятся в компьютерных базах наших ноутбуков, заполняя гигабайты бесчисленных директорий.

*Почему? Что мешает каждому человеку, имеющему данные, описывающие поведение какого-то важного для этого человека процесса, проанализировать их с целью извлечения из них информации, полезной для принятия решений?*

Ответ довольно тривиален. Во-первых, многие люди даже не понимают, что данные — это еще не информация, а сбор данных — это всего лишь самая первая, но далеко не последняя ступень анализа любой ситуации. Во-вторых, этому почти нигде и почти никого не учат. В результате многие люди просто не знают, чего они не знают, — как любил говорить великий гуру в области качества Эдвардс Деминг.

Именно с целью ликвидации подобного пробела в знаниях и написана эта книга. Она учит тому, как нужно извлекать информацию из данных с помощью многочисленных приемов, уже разработанных человечеством. Авторы полагают, что содержащиеся в этой книге знания должны быть одним из элементов общечеловеческой культуры.

Другими словами, то, что изложено в этой книге, должно входить в минимальный объем знаний, которым по умолчанию обладает каждый грамотный человек.

Отсюда вытекает ответ на вопрос: *для кого написана эта книга?*

Ответ: *для всех, кто хочет считать себя образованным человеком XXI века.*

Хотя чисто технически эта книга возникла как расширение курса, который оба автора в разное время много лет читали в Московском институте стали и сплавов (МИСиС), ее содержание важно для студентов любых специальностей, как инженерных, так и гуманитарных, а также для специалистов любых сфер человеческой деятельности. Нет ни одной области, где не возникали бы те или иные данные и где не нужно было бы использовать эти данные для принятия решений.

*Что нужно знать, чтобы понять изложенный в книге материал?*

*Для этого достаточно иметь среднее образование*, т. е. закончить обычную школу. Некоторые разделы книги используют информацию, излагаемую в курсе высшей математики для технического вуза, но эти разделы можно без ущерба для понимания пропустить. Практически все расчеты и графики, описанные в книге, можно выполнить с помощью Excel, и мы приводим инструкции для соответствующих процедур.

Есть, правда, одна проблема, которую мы не планируем обсуждать, по крайней мере в рамках данной книги, но которую следует обозначить, поскольку без ее учета никакую методологию, в том числе и обсуждаемую ниже, нельзя внедрить ни на одном предприятии. Это проблема культуры организации, т. е. проблема того, как выстроены взаимоотношения между людьми в организации. Дело в том, что в иерархически построенных организациях с преобладанием авторитарной культуры управления, где возникновение любых проблем сопровождается поиском виноватых, а виноватыми почти всегда оказываются сотрудники низовых звеньев, практически всегда исходная информация будет искажаться в связи с тем, что каждый из нас еще со школы научился всеми доступными способами ограждать себя от неприятной ситуации, когда нас наказывают за нечто, в чем мы

не виноваты... А если исходная информация недостоверна, никакие методы не помогут принять разумное решение...

Конечно, любой сотрудник любой компании может принять личное решение об использовании, например, контрольных карт Шухарта для анализа своего процесса — как написал еще в 1953 г. J. Martin Kohe (Дж. Мартин Койе) в своей замечательной книжке *Your Greatest Power* («Ваша главная сила») [Kohe 1953/2004]: Каждый человек на Земле обладает великой силой — он может выбирать, какое решение примет лично он в данной ситуации, и от этого выбора зависит, будет ли этот человек счастлив или нет...

Тем не менее если руководство компании не имеет понятия о том, что такое контрольная карта Шухарта и зачем она нужна, то, скорее всего, сотруднику придется отказаться от использования этого инструмента, поскольку это всегда будет рассматриваться как занятие чем-то ненужным и бесполезным...

*Поэтому необходимое, хотя и недостаточное, условие успешного внедрения в любой компании методов статистического управления процессами — отказ руководства компании от поиска виноватых и переход к принципиально иной парадигме — поиску коренных причин возникновения проблем. В качестве первого шага на этом пути мы рекомендуем всем руководителям прочесть любой из нижеперечисленных источников: Деминг [2006, 2007], Нив [2005], Седдон [2009], Трайбус [1997].*



## Глава 1

# **ЧТО ТАКОЕ СИСТЕМНОЕ, СТАТИСТИЧЕСКОЕ И ВИЗУАЛЬНОЕ МЫШЛЕНИЕ И ДЛЯ ЧЕГО ОНО НУЖНО?**

По этим вопросам существует невероятно много литературы, и каждому из перечисленных терминов можно посвятить отдельную книгу, и не одну. Статистическое мышление мы подробно обсудим в следующем параграфе, здесь же мы ограничимся лишь краткими тезисами и дадим ссылки на некоторые относительно недавние публикации по системному и визуальному мышлению.

## КОЕ-ЧТО О СИСТЕМНОМ МЫШЛЕНИИ

Его суть в сверхкратком изложении:

- любая деятельность осуществляется в некоторой системе взаимосвязанных и взаимодействующих процессов;
- важно понимать, почему и как система сопротивляется нашему вмешательству;
- надо научиться выявлять глубинные взаимосвязи и вскрывать системные причины проблем.

Чтобы понять системную проблему, нужно, как правило, выйти за границы системы и попробовать взглянуть на нее снаружи.

Некоторые принципы системного подхода можно сформулировать так [Сенге 2009; Гараедаги 2010; О'Коннор, Макдермотт 2006; Левит, Дабнер 2007; Зиберт 2005; Адлер, Смелов 2017]:

- сегодняшние проблемы есть порождение вчерашних «решений»;
- легкий выход обычно приводит нас назад;
- причины и следствия разъединены во времени и пространстве;
- винить некого за исключением собственно системы.

Вот несколько примеров из приведенных выше книг, которые, на наш взгляд, достаточно красноречивы и не требуют каких-либо пояснений. Их объединяет то, что в результате отсутствия системного подхода всегда принимается в конечном счете неверное решение.

«Когда-то, во времена английского колониального правления в Индии, из-за необычно жаркого лета развелось слишком много кобр. Чтобы справиться с напастью, губернатор назначил награду за каждую сданную голову змеи. Индийцам предстояло ловить этих страшилищ. Как же они отреагировали? Они стали разводить кобр, чтобы получить премию».

В середине 1980-х гг. Япония пыталась преодолеть экономический кризис путем повышения госрасходов и роста госдолга — в итоге целое десятилетие (все 1990-е гг.) страна боролась с последствиями лопнувшего в 1989 г. пузыря (10 лет стагнации из-за ошибочного решения).

«Трое слепых встретили слона и начали его ощупывать. “Это что-то мягкое, большое и широкое, как ковер”, — сказал один, схватившийся

за ухо. Второй взялся за хобот и сказал: “Я держу реальность в руках. Это прямая длинная труба”. А третий, обхватив ногу, воскликнул: “Это что-то толстое и прочное, как колонна”. (Суфийская притча) А разве во многих компаниях руководители отделений производства, сбыта и исследований не похожи на этих трех слепцов?»

В книге двух профессоров Гарварда [Пфеффер, Саттон 2008] сформулированы наиболее распространенные и разрушительные ошибки современного менеджмента.

1. Бессистемный бенчмаркинг.
2. Слепое следование рецептам, успешным в прошлом.
3. Глубоко укоренившиеся, но необоснованные взгляды.

Если внимательно присмотреться к этим трем ошибкам и примерам, приведенным авторами, то становится очевидным, что все они вызваны одной коренной причиной: отсутствием системного подхода у большинства менеджеров. То же можно сказать о перечисленных в книге «Эффект ореола» восьми распространенных иллюзиях, приводящих к ошибочным решениям [Розенцвейг 2008].

Известный специалист в области системного мышления Рассел Акофф в статье [Акофф 2006] отвечает на вопрос, почему системное мышление так редко встречается на практике:

«Нельзя научиться чему-либо, если делать все правильно...

...организации и отдельные лица, которые не позволяют ошибаться, никогда ничему не научаются. Организации и личности, всегда возлагающие на других вину за свои ошибки, тем самым отказываются обучаться. Не надо далеко ходить за примером — взять хотя бы исполнительные органы нашего правительства...

Чтобы учиться на ошибках, следует признать, что есть два типа ошибок: ошибки совершения и ошибки несовершенства.

**Ошибка совершения** происходит, когда организация или индивид делает что-то, чего не следовало бы делать.

**Ошибка несовершенства** происходит, когда организация или индивид не делает того, что следовало бы сделать.

**Ошибки несовершенства** обычно более существенны. Деградация и неудачи организаций почти всегда происходят из-за того, что они чего-то не сделали...

А теперь **ключевой факт**: системы учета в западном мире фиксируют только ошибки совершения, наименее важные из двух типов ошибок!

Они не регистрируют ошибки несовершеня. Поэтому в организации, которая неодобрительно относится к ошибкам и в которой замечаются только ошибки совершения, менеджеру надо только стараться не сделать чего-нибудь такого, что не следует делать. Поскольку ошибки несовершеня не регистрируются, они часто проходят незамеченными. А если и замечены, ответственность за них редко наступает. В такой ситуации менеджер, который хочет как можно реже получать неодобрение, должен:

- либо минимизировать ошибки совершения;
- либо перекладывать ответственность за совершенные им ошибки на других.

Лучший способ достижения этого — ничего не делать или делать как можно меньше...»

Это и есть одна из главных причин, по которой организации и люди не научаются системному мышлению в ходе своей практической деятельности. Еще одна причина — этому мало где и мало кого учат. Между тем в условиях сегодняшнего открытого глобального и быстро меняющегося мира этому — т. е. пониманию систем — нужно учить *всех*.

## **КОЕ-ЧТО О ВИЗУАЛЬНОМ МЫШЛЕНИИ**

В 1934 г. в поэме «Скала» (The Rock) англо-американский поэт Томас Элиот написал такие строки:

Where is the Life we have lost in living?

Where is the wisdom we have lost in knowledge?

Where is the knowledge we have lost in the information?

В нашем вольном переводе эти строки выглядят так:

Где жизнь, затерявшаяся в бытии?

Где мудрость, затерявшаяся в знании?

Где знание, затерявшееся в информации?

Принято считать, что в этих строках впервые было отмечен тот факт, что информация, знание и понимание (мудрость), вообще говоря, не одно и то же и знание способно затеряться в информации. Примерно через 50 лет американский композитор Фрэнк Заппа (Frank Zappa) написал такие строки:

Information is not knowledge,	Информация — это не знание,
Knowledge is not wisdom,	Знание — это не мудрость,
Wisdom is not truth,	Мудрость — это не истина,
Truth is not beauty,	Истина — это не красота,
Beauty is not love,	Красота — это не любовь,
Love is not music,	Любовь — это не музыка,
And Music is THE BEST.	А Музыка — превыше всего.

В научный обиход различие между информацией, знанием и пониманием ввел известный ученый Рассел Акофф. Он выразил это различие в виде иерархии (рис. 1.1):

Data → Information → Knowledge → Wisdom  
Данные → Информация → Знание → Мудрость

В англоязычной литературе эта иерархия известна под аббревиатурой DIKW [<http://en.wikipedia.org/wiki/DIKW>]. В двух словах эту иерархию можно прокомментировать так.

Данные — это цифры, даты, символы и т. п., которые сами по себе ничего не значат.

Информация — это данные в определенном понятном нам контексте, данные, имеющие смысл и целевое назначение (т. е. данные в свете некоторой гипотезы или системы гипотез об их смысле).

Знание — это определенным образом обработанная и структурированная информация, которую можно использовать для принятия решений (т. е. информация, прошедшая формальную или содержательную проверку гипотез, которая не выявила противоречий).

Мудрость — это основанная на знании способность создавать новое знание и принимать решения в условиях неопределенности.

На самом деле границы между этими категориями очень зыбки и условны, и потому иерархия DIKW часто и заслуженно подвергается критике с разных сторон. Однако здесь нам важно обратить

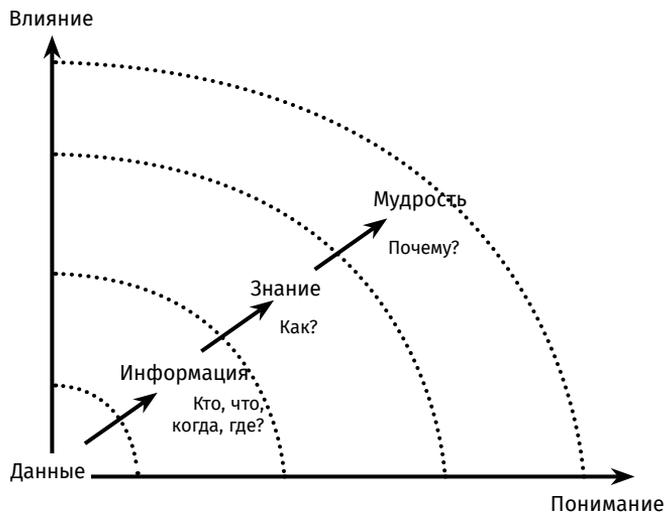


Рис. 1.1. Модель DIKW: Данные → Информация → Знание → Мудрость

внимание не столько на проблему структурирования наших знаний, сколько на два существенных момента, какие не будут меняться при различных модификациях иерархии знаний. Первый момент состоит в том, что данные сами по себе не есть ни информация, ни тем более знания. Переход от набора цифр к их пониманию и выводам/решениям осуществляется путем анализа данных. Этот анализ может проводиться на самых разных уровнях: от поверхностного взгляда на цифры до применения самых навороченных статистических пакетов обработки данных. Но в полном соответствии с принципом 80/20 (подробнее о нем см. в книге [Кох 2012]) в 80 или более процентах ситуаций переход от данных к последующим этапам иерархии знаний можно успешно выполнить с помощью первичного анализа данных, который мы, следуя [Тьюки 1981], будем далее называть разведочным анализом данных (РАД).

Второй момент состоит в том, что ключевой компонент РАД — визуализация данных, т. е. представление данных в виде понятных и полезных картинок. Важно отметить, что роль картинок гораздо больше, нежели просто «сжать» информацию и представить ее в компактном виде. Зачастую они дают нам «новую» информацию, которой «как бы не было» при ином ее представлении. Дело в том, что правильная картинка позволяет нам увидеть не только сами значения данных, но и их связь друг с другом, а также наличие тех или иных

особенностей и структур в поведении данных, не обнаруживаемых при их текстовом или табличном представлении.

Есть и чисто физиологическая причина того, что, глядя на картинку, человек часто видит много нового по сравнению с текстовым изображением или таблицей: мы воспринимаем картинку и текст разными полушариями мозга (логическим и эмоциональным) [Роэм 2009]. Другими словами, именно картинки часто служат тем мостиком, с помощью которого мы переходим от одной ступени DIKW к другой.

Следуя вышеприведенным стихотворным образцам, мы предлагаем такую модель:

Данные — это еще не информация,  
 Информация — это еще не знание,  
 Знание — это еще не понимание,  
 Понимание — это еще не мудрость,  
 Мудрость — это еще не истина,  
 А ПУТЬ К ИСТИНЕ — ПРЕВЫШЕ ВСЕГО!

***Как превратить данные в информацию, информацию в знание, знание в мудрость?***

*Ответ: с помощью разведочного анализа данных (РАД).*

В РАД мы включаем семь простых методов контроля качества [Куме 1990], семь новых методов контроля качества [Адлер 2000, Кане 2008], визуализацию данных, метод построения диаграмм (блок-схем) потока процессов (flowcharts), ящик с усами, правило семи вопросов, ментальные карты и любые другие полезные для понимания картинки. Поскольку все перечисленные методы нужны не только при контроле качества, а при анализе любых данных в любых сферах деятельности, мы далее опускаем слова «контроль качества» и говорим о семи простых и семи новых методах РАД, включив в семь простых диаграммы потока и визуализацию как самостоятельный метод (т. е. по сути семь простых у нас состоят из девяти инструментов)<sup>1</sup>.

#### **Семь (девять) простых методов РАД**

1. Визуализация
2. Диаграммы потока процесса
3. Контрольные листки
4. Контрольные карты Шухарта
5. Гистограммы
6. Стратификация данных
7. Диаграмма Парето (80/20)
8. Схема Исикава
9. Диаграмма рассеяния

<sup>1</sup> Термины «семь простых» и «семь новых» настолько широко вошли в уже имеющуюся литературу, что мы не видим смысла их менять.

### Семь новых методов РАД

Диаграмма сродства  
Граф связей  
Метод иерархических структур  
Матричная диаграмма (домик)  
Анализ матричных диаграмм  
Блок-схема принятия решений  
Сетевой график (метод ПЕРТ)

В англоязычной литературе это хорошо известное и очень популярное, особенно у японцев,

#### Правило 5W+2H:

Who    When    What  
Where   Why    How  
How much

Один из самых простых способов превратить данные в информацию — добавить к ним ответы на семь простых вопросов: кто? когда? как? где? зачем их собирал? сколько чего собрали? и что, собственно, они означают?

Но вербальных ответов недостаточно — они по-прежнему не позволяют нам обнаружить структуры и тренды (если, конечно, они есть — а они есть в большинстве случаев реальной жизни). Чтобы обнаружить структуры и тренды в данных, их — данные — нужно визуализировать.

Наиболее употребительные практические инструменты визуализации данных перечислены в табл. 1.1.

**Таблица 1.1.** Практические методы визуализации данных

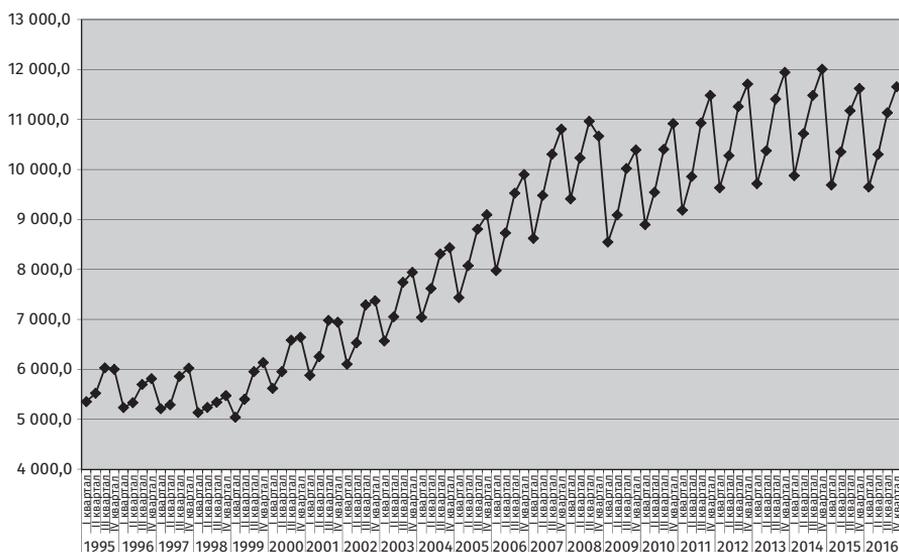
Для численных данных	Для вербальных данных
Диаграмма потока процесса (Flowchart)	Схема Исикава (диаграмма причина-результат)
Диаграмма Парето (принцип 80/20)	Диаграмма сродства
Гистограмма	Граф связей
Ящик с усами	Метод иерархических структур (дерева)
Диаграмма рассеяния	Матричная диаграмма (домик)
Карта хода процесса (run chart)	Блок-схема принятия решений
Контрольная карта	Ментальная карта

Большая часть того, что перечислено в этой таблице, будет рассмотрена в разных местах книги, но сначала разберем несколько примеров того, как визуализация помогает нам обнаружить то, что нельзя увидеть из цифр. В табл. 1.2 приведена часть таблицы Росстата с данными о валовом внутреннем продукте (ВВП) РФ в постоянных ценах 2011 г. (вся таблица просто не поместится на одной странице). Значения ВВП приведены в миллиардах рублей. Данные даны поквартально, но из таблицы вряд ли вы увидите какие-то закономерности.

**Таблица 1.2.** ВВП РФ в ценах 2011 г., млрд руб.

2014				2015			
I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
14 125,8	15 326,9	16 420,8	17 173,3	13 857,6	14 804,7	15 983,2	16 618,1
2016							
I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал				
13 797,7	14 733,0	15 927,1	16 668,0				

На рис. 1.2 показан ход ВВП во времени с 1995 по 2016 г. в постоянных ценах 2008 г. Из рисунка видно, что рост ВВП начался сразу после дефолта 1998 г. и дальше до 2007 г. шел с практически идентичной структурой данных, что говорит о постоянстве системы, т. е. рост ВВП на этом участке был обусловлен восстановлением экономики после дефолта. В 2008 г. произошел обвал вследствие мирового экономического кризиса, после чего снова начался рост, прекратившийся примерно в 2012 г. После этого экономика не растет, т. е. имеет место так называемая стагнация экономики страны. Все



**Рис. 1.2.** ВВП РФ по кварталам с 1995 по 2016 г.  
(в постоянных ценах 2008 г. — данные Росстата)

вышесказанное очевидно любому человеку, и для этого не нужно ничего считать, так же как и не нужно никаких специальных экономических знаний. Нам все рассказала простая картинка, на которой показан ход процесса во времени. Такая картинка получила название «карта хода процесса». Англоязычный аналог этого термина — run chart.

# Глава 2

## **ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ**

Мышление — это то, чем каждый из нас, слава богу, обладает от рождения. И пока что оно нас не подводит. Но что такое «статистическое мышление»? И зачем оно нам нужно (если нужно)? Такие вопросы могут возникнуть у читателя после знакомства с названием этого параграфа. Простых ответов на подобные вопросы нам дать не удастся. Поэтому вам придется довольствоваться сложными разъяснениями. Но прежде, чем мы попытаемся их дать, заметим, что сам термин «статистическое мышление» представляется не совсем удачным. Дело в том, что слово «статистический» у многих людей вызывает неприятие, поскольку напоминает об изучавшейся когда-то в институте дисциплине под названием «математическая статистика», которую большинство людей не помнит и побаивается.

Между тем под «статистическим мышлением» мы понимаем<sup>1</sup> подход к принятию любых решений как в жизни отдельного человека, так и на всех уровнях организации, причем решений как оперативных или тактических, так и стратегических. Более точно наше понимание сформулировано во врезке ниже.

Ниже мы постараемся расшифровать смысл приведенного определения, а здесь просто заметим, что статистическое мышление — это вовсе не использование статистических методов, по крайней мере

Статистическое мышление — это умение принимать системные решения в мире, подверженном вариабельности.

в подавляющем большинстве жизненных ситуаций. Статистическое мышление — это точка зрения, позиция, взгляд на мир, помогающие принимать эффективные решения благодаря системному подходу

к возникающим проблемам. Очевидна важность этой позиции, ибо если мы делаем ошибку любого типа — совершения или несовершеня — т. е. вмешиваемся в процесс, когда этого делать не надо, или не вмешиваемся, когда это крайне важно, то процесс только ухудшается. Аналогичный результат возникает, если в процесс вмешиваются не те люди, кому следует это делать, и не вмешиваются те, кому следовало. Попробуем же разобраться в сути обсуждаемого подхода, для чего сначала бросим взгляд на историческую ретроспективу его возникновения и эволюции.

---

<sup>1</sup> Такое понимание не есть прерогатива авторов данной книги (подробнее см. ниже).

## ОТКРЫТИЕ У. ШУХАРТА

Поводом для возникновения статистического мышления послужила практическая задача борьбы с дефектами продукции, которая была поставлена перед молодым физиком Уолтером Шухартом (1891–1967), принятым в 1923 г. на работу в знаменитую Bell Laboratories (лаборатория того самого А. Белла, что изобрел телефон) [Нив 2005, Говард 1995, Адлер 2012]. Задача эта была связана с одной трудностью, возникшей в ходе телефонизации Америки. При тогдашней технологии прокладки телефонных сетей приходилось примерно через каждые 500 м вставлять в линию связи усилитель сигнала размером с письменный стол (полупроводниковых приборов, на которых построена вся современная миниатюризация, еще не было<sup>1</sup>), закапывая его в землю. И все было бы хорошо, если бы не одно обстоятельство. Лампы в этих усилителях перегорали не по графику, а когда им вздумается. Из-за этого у бригад ремонтников возникали большие трудности. Не удавалось заранее определить требуемое число ремонтных бригад, их потребности в транспорте и запасах ламп для замены. Проблема заключалась в большом разбросе времени наработки до отказа усилительных ламп, и хотя завод-изготовитель определял нормативный срок непрерывной работы, лампы почему-то ничего не знали про требования ТУ и отказывали как попало. Естественно, возникало много вопросов. Например, почему разброс так велик и нерегулярен? И что можно сделать, чтобы ввести его в приемлемые рамки? Как наилучшим образом описывать само явление разброса времени работы ламп? И так далее. Стоит заметить, что это было одно из первых (хотя и далеко не первое) столкновение массового производства с проблемой variability, т. е. разброса.

Некоторыми из этих вопросов и занялся У. Шухарт. С самого начала он был фанатиком применения статистических методов. Его коллега и друг Э. Деминг так писал об этом в статье, посвященной памяти У. Шухарта [Deming 1967]: «Управление качеством означало для него применение статистических методов всюду: от сырьевых материалов до готовых изделий и обратно — в разработке новых изделий, при

---

<sup>1</sup> Первый полупроводниковый (германиевый) транзистор был создан в той же самой Bell Lab и был впервые продемонстрирован публике летом 1948 г., за что его изобретатели — Д. Бардин, У. Шокли и У. Браттейн — получили Нобелевскую премию в 1956 г.

пересмотре требований к сырью, в непрерывном цикле обработки результатов, получаемых при исследовании покупательского спроса и из других источников».

Хотя традиционный взгляд на контроль качества был обращен в то время на обнаружение и изъятие негодных изделий из партии продукции, У. Шухарт увидел возможность увеличения выхода годных изделий непосредственно в процессе производства. Профилактика, направленная на предотвращение брака или несоответствий, несомненно, важнее и полезнее, чем отбраковка, ибо отбраковка сама по себе не приводит к улучшению изделий: она лишь разделяет их на две группы — принимаемых и бракуемых. Качество как данной партии, так и будущих партий при отбраковке не меняется. В то же время профилактика, т. е. система мер, направленных на предотвращение появления некачественных изделий, ведет к улучшению будущих партий продукции.

Первое, до чего додумался У. Шухарт, размышляя над поставленными вопросами, было обнаружение двух принципиально различных источников разброса или вариабельности (изменчивости)<sup>1</sup> показателей качества, к которым чувствителен потребитель.

Первый источник вариабельности — сама система, в которой производится продукция (услуга). Понятие о производственной системе довольно неопределенно. Сюда относятся и здания, и оборудование, и сырье, и люди, и многое другое. Практически это все, что может повлиять на интересующие нас показатели качества. Пока система не меняется, вариабельность характеризующих ее параметров остается практически постоянной. Поэтому вариабельность — одна из важнейших характеристик системы, которую надо знать, если мы хотим управлять системой или совершенствовать ее. Понятно, что для этого сначала придется научиться эту самую вариабельность каким-то образом измерять.

Второй источник имеет совершенно другую природу. Существует, оказывается, вариабельность, обусловленная вмешательством в систему тех или иных факторов, не принадлежащих системе, т. е. внешних по отношению к ней (например, неправильное поведение оператора, или неправильный ход какого-то технологического режима вследствие сбоя настройки, или непредвиденное

---

<sup>1</sup> Далее мы используем в основном термин вариабельность как уже установившийся в литературе.

изменение внешних условий и т. д.). Эта вариабельность проявляется спорадически, нерегулярно. Ее величина может сильно меняться от случая к случаю, причем здесь каждый случай — особый, и отклонение от той установившейся вариабельности, какая характерна для вариаций, вызываемых самой системой, может быть каким угодно.

В реальной жизни на выходе системы мы наблюдаем смесь, сумму вариаций, происходящих из этих двух источников.

Если бы теперь мы смогли определить, какие именно источники и как влияют на выход системы, то стало бы понятно, какие действия стоит предпринять, чтобы улучшить ситуацию. Другими словами, если бы мы знали, вызваны ли те или иные вариации системой или внешними по отношению к системе силами, то мы одновременно знали бы, кто и каким образом должен действовать. В самом деле, если, например, вариации обусловлены системой, т. е. тем, что процесс устроен именно так, как он устроен, то ясно, что вмешиваться в него изнутри системы бессмысленно, так как такое вмешательство, будучи незапланированным для системы, ведет только к ее раскачке (выводит систему из стабильного состояния). Нас или нашего потребителя может, конечно, не устраивать вариабельность системы. Но тогда надо менять систему в целом (вспомним о системном подходе), т. е. нам надо реорганизовать систему. А это в свою очередь означает, что делать это должны те люди, которые «стоят над системой», т. е. высший менеджмент. Поэтому всякая попытка справиться с ситуацией за счет сотрудников-исполнителей заведомо обречена на неудачу. Более того, она практически неизбежно приведет к существенному ухудшению положения дел.

С другой стороны, если вариации обусловлены внешними по отношению к системе причинами, т. е. тем, чего в нормально работающей системе быть не должно, то здесь надо немедленно браться за дело самим сотрудникам. Их задача — создать команду для изучения возможных причин возникновения нерегулярных вариаций, которые довольно часто, хотя и далеко не всегда, вызываются так называемым человеческим фактором (это, впрочем, вовсе не означает, что такие причины легко обнаружить.) В любом случае следует начать непрерывную борьбу за устранение всех «лишних» вариаций и за достижение стабильности. Только стабильность делает систему предсказуемой, а значит, управляемой (подробнее это утверждение рассмотрено ниже).

## ОСНОВЫ ТЕОРИИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ

Итак, в 1924 г. У. Шухарт заложил основы того, что сейчас принято называть теорией вариабельности. Основные положения этой теории можно кратко сформулировать следующим образом: все виды продукции и услуг, а также все процессы, в которых они создаются и /или преобразуются, подвержены отклонениям от заданных значений, называемых вариациями.

Вариации своим происхождением обязаны двум принципиально разным источникам, которые принято называть *общими (common)* и *особыми или специальными (assignable) причинами вариаций*<sup>1</sup>.

**Общими причинами вариаций** называют причины, составляющие неотъемлемую часть данного процесса и внутренне ему присущие. Они связаны с неабсолютной точностью поддержания параметров

Кроме общих «...существуют неизвестные причины вариабельности качества продукции, не принадлежащие постоянной системе, ...и такие причины получили название особых» [Shewhart 1931, p. 14].

и условий осуществления процесса, с неабсолютной идентичностью условий на его входах и выходах и т. д. Другими словами, общие причины вариаций — это результат совместного воздействия большого числа случайных факторов, каждый из которых вносит весьма малый вклад

в результирующую вариацию и влияние которых мы по тем или иным соображениям не можем или не хотим отделить друг от друга.

**Особые причины вариаций** — это те причины, которые возникают из-за внешних по отношению к процессу воздействий на него и не служат его неотъемлемой частью. Они связаны с приложением к процессу незапланированных воздействий, не предусмотренных его нормальным ходом. Другими словами, это — результат конкретных случайных воздействий на процесс, причем тот факт, что именно данная конкретная причина вызывает данное конкретное отклонение параметров /характеристик процесса от заданных значений, часто (но далеко не всегда) и приводит к тому, что эту причину можно обнаружить без приложения каких-то исключительных усилий или затрат.

---

<sup>1</sup> Английский термин assignable означает «могущий быть отнесенным к чему-то» — его не удастся перевести на русский каким-либо одним словом, поэтому в русскоязычной литературе по SPC одинаково часто можно встретить и «особые», и «специальные» причины вариаций. Мы думаем, что выбор из этих двух вариантов — дело вкуса.

Разделение причин вариаций на два указанных вида принципиально потому, что борьба с вариабельностью процесса в этих двух случаях требует различного подхода. **Особые причины вариаций** требуют **локального вмешательства** в процесс, тогда как **общие причины вариаций** требуют **вмешательства в систему**.

**Локальное вмешательство:**

- обычно осуществляется людьми, занятыми в процессе и близкими к нему (т. е. это линейный персонал, линейные руководители и т. д.);
- обычно нужно примерно для очень небольшого числа всех возникающих в процессе проблем (это выяснилось после многих лет применения данного подхода на практике, откуда и вытекают известное правило Дж. Джурана 85/15 или правило Деминга 94/6 — см., например, [Конарева 2008] — и все следствия из этих правил);
- неэффективно или ухудшает ситуацию, если в процессе отсутствуют особые причины вариаций, и, напротив, эффективно, если они присутствуют.

**Вмешательство в систему:**

- почти всегда требует действий со стороны высшего менеджмента;
- обычно нужно примерно для 85–95% всех возникающих в процессе проблем;
- неэффективно или ухудшает ситуацию, если в процессе присутствуют специальные причины вариаций, и, напротив, эффективно, если они отсутствуют.

Когда люди не понимают теории вариабельности, они:

- видят тенденции там, где их нет, и не видят их там, где они есть;
- пытаются объяснить естественный разброс как особые события;
- необоснованно обвиняют и/или вознаграждают сотрудников;
- не могут эффективно спланировать будущее и улучшать систему;
- часто следуют знаменитому правилу: «хотели как лучше, а получилось как всегда».

Дело за малым — осталось организовать процесс мониторинга, направленный на постоянную диагностику ситуации. Он призван представить текущую информацию в такой форме, чтобы менеджменту было ясно, какие решения следует принимать на ее основе.

В 1924 г. У. Шухарт предложил свое решение. Руководителем его департамента был Р. Джонс, а непосредственным начальником — Дж. Эдвардс, занявший впоследствии место Р. Джонса и ставший потом первым президентом Американского общества контроля качества. Вот как он вспоминал об этом (цитируется по [Golomski 1967]): «16 мая 1924 г. ...доктор Шухарт подготовил небольшую памятную записку размером всего в одну страницу. Около трети ее занимала простая диаграмма, которая сегодня известна всем нам как схема контрольной карты. Та диаграмма и текст к ней заключали в себе все существенные принципы и выводы, составляющие то, что известно нам теперь как процесс управления качеством». В работе [Godfrey 1986] воспроизведен полный текст этого исторического документа, который один из авторов (Ю. А.) перевел на русский язык [Годфри 1992] и фрагмент которого приводится ниже (см. с. 29 и рис. 2.1).

Заметки, о которых упоминал У. Шухарт, были опубликованы на следующий год [Shewhart 1925], и мир узнал о существовании контрольных карт, названных впоследствии контрольными картами Шухарта (ККШ).

Контрольные карты и стали, по мысли У. Шухарта, диагностическим инструментом, предназначенным для различения процессов с общими и особыми причинами вариаций. Вот как это сформулировал Э. Деминг в 1986 г. в своем предисловии к репринту книги Шухарта 1939 г. [Shewhart 1939, reprint 1986].

«Значение контрольных карт в наибольшей степени состоит в том, что они позволяют разделить причины вариаций на два источника: 1) собственно системные (д-р Шухарт назвал их “случайными причинами”), ответственность за них лежит на менеджменте; и 2) обнаружимые причины, названные д-ром Демингом “особыми”, специфичные для некоторого мимолетного события, которые обычно могут быть обнаружены и устранены, к удовольствию специалиста, ответственного за процесс. Процесс находится в статистически управляемом состоянии, если на него более не действуют особые причины. Результат работы процесса, находящегося в управляемом состоянии, предсказуем» (Предисловие д-ра Деминга к репринту книги Шухарта 1939 г., 1986).

В знаменитой первой книге У. Шухарта [Shewhart 1931] теория контрольных карт была построена. Ничто не предвещало трудностей на пути ее широкого внедрения в жизнь, но судьба распорядилась иначе. И нам кажется важным выяснить почему.

## **ДЕТЕРМИНИРОВАННОСТЬ И СЛУЧАЙНОСТЬ**

Статистическое мышление, несомненно, одно из важнейших изобретений XX в. Тем более удивительно, что оно вот уже более 80 лет остается практически незамеченным большинством человечества и очень редко применяется в практике современного менеджмента.

Однако в повседневной жизни мы часто пользуемся статистическим мышлением, не подозревая об этом. Ведь суть этой концепции можно сформулировать в том числе и так: ***принимайте решения не на основе точечных значений, а с учетом разброса параметров процессов.***

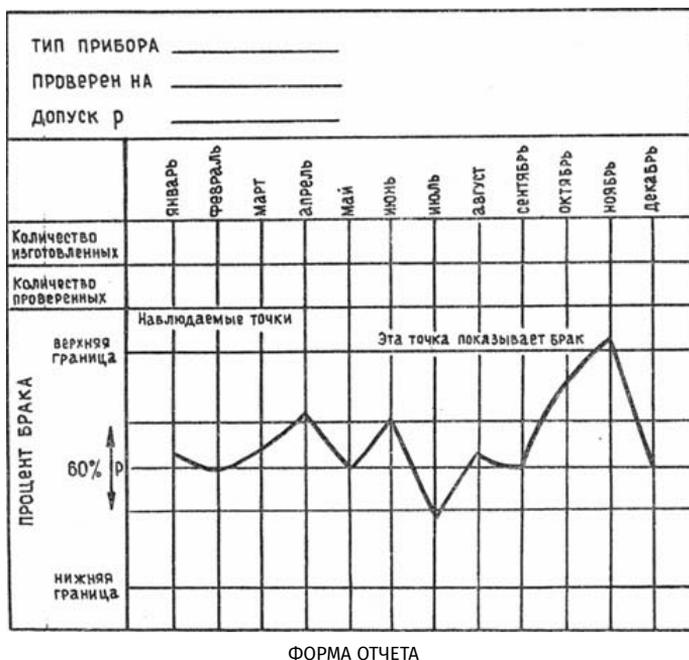
Или более резко: ***в переменном мире нельзя принимать решения на основе сравнения отдельных точек процесса.***

Господин Р. Джонс.

Несколько дней назад Вы упомянули о некоторых проблемах, связанных с разработкой приемлемой формы отчета о проверке, который можно было бы время от времени дополнять для получения «на глаз» максимально большого количества правильной информации.

Прилагаемая форма отчета дает возможность определить, значима или нет наблюдаемая вариация, выраженная в процентах бракованных приборов данного типа, т.е. определить, удовлетворительно изделие или нет. Теория, лежащая в основе метода определения значимости вариаций в величине  $p$ , несколько усложняется, если ее рассматривать в такой форме, которая позволяет охватить практически все типы проблем. Я уже начал подготовку серии заметок, подробно описывающих эти моменты. Однако если будет возможно использовать эту форму карты в любом из проводимых сейчас в рамках отдела контроля качества исследований, то можно будет проиллюстрировать метод конкретными примерами.

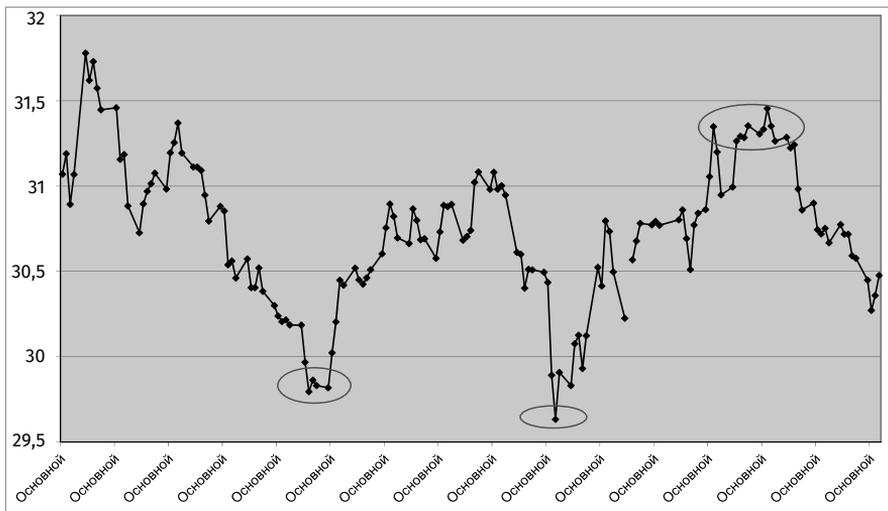
А теперь задумаемся: кто из нас, например, едет в аэропорт точно к моменту вылета, не посчитав, насколько раньше надо выехать, чтобы



**Рис. 2.1.** Записка д-ра Шухарта для Р. Джонса, 1924 г.  
Первая в мире контрольная карта

иметь нормальный запас времени? Число таких примеров практически бесконечно [Талеб 2010, Трайбус 1997], поэтому нет смысла на них останавливаться. Но еще чаще мы принимаем решения, забыв о вариабельности мира. Например, услышав об изменении курса рубля, мы радуемся или начинаем беспокоиться в зависимости от того, в какую сторону он изменился, забыв, что ежедневные изменения — это нормальное состояние курса любой валюты (рис. 2.2) и беспокоиться стоит только при катастрофических взлетах или падениях, а также при изменениях направления тренда. Несколько таких критических мест показано на рис. 2.2 овалами. Важно понимать, что никто не умеет предсказывать эти моменты. Всё, что умеют делать финансовые аналитики, — это предсказывать будущее значение при сохранении данного тренда. Еще они могут всегда сказать, что чем дольше длится тот или иной тренд, тем более вероятно, что он скоро изменится... Всё это достаточно тривиально — вот почему Н. Талеб в своем «Черном лебеде» многократно смеется над нобелевскими лауреатами по экономике... [Талеб 2010].

Другой пример весьма распространенной практики. Каждый месяц организация подводит итог своей работы за очередной месяц по какому-нибудь показателю, например по прибыли или уровню брака. Получив эту цифру, руководитель сравнивает ее с предыдущим месяцем (кварталом, годом, и т. п.) и принимает решение о поощрении или наказании персонала. Решение абсолютно не системное, чаще всего неверное и бессмысленное с точки зрения статистического мышления (хороший пример такого подхода разобран в журнале *Quality Progress*, № 6 за 1997 г. [Britz et al. 1997]). Многочисленные примеры несистемного подхода можно найти также в книге [Млодинов 2011]).



**Рис. 2.2.** Курс рубля за вторую половину 2010 г. (мы могли бы привести данные за любой иной промежуток времени — это ничего не меняет в принципе)

Итак, статистическое мышление, т. е. способ принятия решений с учетом вариабельности процессов, — это то, чем мы пользуемся в повседневной жизни, причем гносеологические и физические корни статистического мышления известны из школьных и вузовских учебников. Но одновременно мы не только не замечаем этого понятия и не формулируем эту концепцию в явном виде, но и не используем ее возможности там, где это важнее всего, а именно при анализе, оценке и совершенствовании всех видов процессов в организациях всех видов.

Почему?

Ответ предстоит искать ни много ни мало в том, как устроен мир, в котором мы живем. Можно начать с кончины той парадигмы, какую часто называют лапласовским детерминизмом. Великий французский математик Пьер-Симон де Лаплас (1749–1827) считал, что законы природы строго детерминированы и предсказуемы: если бы

«Ум, которому были бы известны на какой-либо данный момент все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движения величайших тел вселенной наравне с движениями легчайших атомов. Не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверно, и будущее, так же как и прошедшее, предстало бы перед его взором».

Пьер-Симон де Лаплас, 1814.

Цит. по [Млодинов 2011, с. 276]

существовал разум, который мог бы охватить все связи между всеми объектами Вселенной, то он мог бы рассчитать положения и скорости всех объектов в любое время в прошлом, настоящем или будущем [Стройк 1984, Кратчфилд 1987].

Не менее великий и тоже французский математик Анри Пуанкаре (1854–1912) показал, что сколь угодно малые неопределенности начального состояния системы могут со временем усиливаться и предсказание отдаленного будущего становится в принципе невозможным [Кратчфилд 1987]. Таким образом, детерминизм конца XVIII — начала XIX в.

в самом начале XX в. сменился пониманием того, что мировые законы носят, видимо, вероятностный характер. Однако это понимание охватило только часть научного сообщества. Другими словами, оно не проникло из области физико-математических наук в обыденное сознание, причем не только в начале XX в., но, как мы увидим далее, и в начале XXI в. Между тем в начале XX в. не только в математике, но и в физике произошло много событий, показавших несостоятельность старой механистической парадигмы, основанной на законах механики И. Ньютона. Сначала А. Эйнштейн показал, что законы Ньютона верны лишь приближенно для медленно движущихся не очень больших тел и на не очень больших расстояниях. Затем В. Гейзенберг и Э. Шредингер создали квантовую механику, после чего оказалось, что в микромире в принципе работают только вероятностные законы. Последующее развитие науки усугубило ситуацию: оказалось, что случайность в поведении систем может быть и не связана ни с большим числом компонент, ни с невидимыми воздействиями, — она носит принципиальный характер, и от нее нельзя избавиться, собирая больше информации. Порождаемую таким образом случайность стали называть хаосом [Кратчфилд 1987].

Существование хаоса бросило вызов традиционным научным методам, считавшим, что для изучения системы ее надо разбить на части и изучать каждую часть по отдельности. Существование хаоса показало, что *поведение нелинейной системы не выводится из поведения ее частей*. Это означает, что, например, имея полную схему нервной системы организма и зная, как реагируют отдельные элементы на те или иные воздействия, мы не можем из данной информации сделать вывод о том, как будет себя вести этот организм в тех или иных условиях. Аналогично, имея полную функциональную схему построения организации, мы не можем предсказать ее реакцию на те или иные изменения внешних условий.

Но и это новое знание не стало тем, что принято называть здравым смыслом. Почему так происходит? Этот вопрос довольно подробно обсуждал Э. Борель (1871–1956) в книге «Случай» [Борель 1923]. Он пришел к выводу, который, по-видимому, остается справедливым и для нашего времени: статистические законы природы, т. е. законы, не позволяющие предвидеть единичный результат какого-то процесса, однако позволяющие довольно точно предвидеть результаты, относящиеся к совокупности событий, не представляются человеческому разуму такими же очевидными, как законы детерминированные. Скорее всего, это связано в первую очередь с процессом воспитания и обучения человека с первых дней его жизни. Мы растем в условиях детерминированности<sup>1</sup> нашего повседневного опыта и молчаливо предполагаем, что так же устроены и все прочие процессы в окружающей нас жизни. То, что, повзрослев, мы ежедневно сталкиваемся со случайностью результатов многих окружающих нас процессов [Salsburg 2001, Hahn 2009, Млодинов 2011], не избавляет большинство людей от заложенного в детстве детерминизма. Известный пропагандист шухартовского подхода к совершенствованию процессов Д. Уилер в 1996 г. опубликовал в журнале *Quality Digest* статью под названием: «Два плюс два равно четырем только в среднем» [Wheeler 1996]. В ней подчеркивается, что именно на уроках арифметики в начальной школе (хотя и не только там) закладывается то догматическое и безапелляционное мышление, которое мешает нам потом в реальной жизни. Да что говорить, даже сам А. Эйнштейн,

---

<sup>1</sup> В силу второго закона термодинамики эта детерминированность — просто проявление высшей степени малой вероятности большинства неординарных событий (см. [Борель 1923]).

сыгравший существенную роль в статистической революции XX в., не смог отказаться от детерминистических взглядов, что ярко отразилось в его знаменитой дискуссии с Н. Бором («Бог не играет в кости!») [Бор 1961]. Очевидно, что большую роль в исправлении этой ситуации могло бы сыграть обучение статистическому мышлению в школе и институте, т. е. обучение пониманию статистического характера законов природы и умению принимать на этой основе разумные решения. К сожалению, этого не происходит. Тот набор формул и примеров, что изучается в школах и институтах под именем «основы теории вероятностей и математической статистики», как правило, способен лишь отбить желание познакомиться с данным предметом поглубже. И хотя статистика как метод научного исследования все-таки проникает в жизнь в самых разных ее проявлениях все глубже [Salsburg 2001, Nahn 2009], по-прежнему страшно далека она от народа.

## ОТКРЫТИЕ У. ШУХАРТА: ПРИЗНАНИЕ

Между тем почти одновременно с революцией в физике, вызванной появлением квантовой механики, произошла, может быть, не менее важная революция в подходе к процессам материального производства, основоположником которой и стал У. Шухарт. По сути, он, соединив статистику, технологию и экономику, создал, видимо, первую в истории человечества теорию управления процессами материального производства, которую сам У. Шухарт скромно назвал «Экономичный контроль производимой продукции» [Shewhart 1931].

Одна из причин того, что эта революция осталась незамеченной, состоит в том, что наука, в которой У. Шухарт совершил революцию, а именно менеджмент, находилась в зачаточном состоянии. Фактически У. Шухарт задолго до того, как менеджмент стал изучаемой в университетах научной дисциплиной (где-то в середине XX в.), понял, что совершенствование процессов связано с уменьшением их вариабельности, и, более того, дал человечеству способ борьбы с ней.

Но дело не только в этом. Другая причина того, что идеи У. Шухарта оставались практически незамеченными, — непонимание всей глубины его теории. У. Шухарт с самого начала трактовал «статистический контроль» как симбиоз трех концепций, «а именно как *состояние*, как *процесс* и как *суждение*. Состояние статистического контроля — это идеальная цель; статистический контроль как

процесс — это средство достижения цели; что касается контроля — то должно существовать суждение в виде вероятностного вывода относительно того, достигнуто ли это состояние» [Shewhart 1939, с. 43] (курсив У. Шухарта). При этом У. Шухарт много раз подчеркивает, что собственно статистические методы — не более чем инструмент, требуемый для достижения главной цели — состояния статистической управляемости, т. е. состояния отсутствия особых причин вариаций. Из трех вышеописанных этапов только один связан с математической статистикой. Остальные требуют лишь понимания подхода в целом и знания конкретного процесса. Поскольку один из этапов требует хотя бы минимального представления о методах математической статистики, то внедрением и пропагандой статистического контроля качества занялись преимущественно статистики. Ясно, что они в основном стали направлять свои усилия на то, что знали сами, — собственно статистические методы, не уделяя должного внимания основным этапам подхода: целеполаганию и принятию решений (рис. 2.3). Как показано на рис. 2.3, статистики вырвали идею Шухарта из ее системного контекста, превратили ее в самостоятельную вероятностную модель мира и стали активно развивать вероятностно-статистический подход к ККШ (более подробно мы обсудим это в последующих разделах).

Наконец, еще одна причина неприятия миром открытия У. Шухарта состоит в том, что развитие общества в XX в. сначала пошло по пути господства рынка изготовителя<sup>1</sup>, а в тех условиях, каким отвечал этот рынок в первой половине прошлого века, изготовителям оказалось удобнее действовать иначе при обеспечении качества продукции, а именно с помощью выборочного контроля качества (основоположники которого Г. Додж и Г. Ромиг работали в той же Bell Laboratories, что и У. Шухарт). Дж. Джуран, который работал в те годы в Хоторне на заводе Western Electric, тесно связанном с Bell Laboratories, оставил воспоминания об этом периоде [Juran 1997]. Дж. Джуран поступил на работу в 1924 г., а в конце 1925 г. шеф У. Шухарта д-р Р. Джонс предложил шефу Дж. Джурана У. Робертсону провести совместные исследования по трем направлениям: выборочные

---

<sup>1</sup> Вспомним знаменитую формулу Г. Форда «Потребитель вправе иметь автомобиль любого цвета, если этот цвет черный [Форд 1924]», которая появилась примерно тогда же, когда У. Шухарт создал контрольную карту.