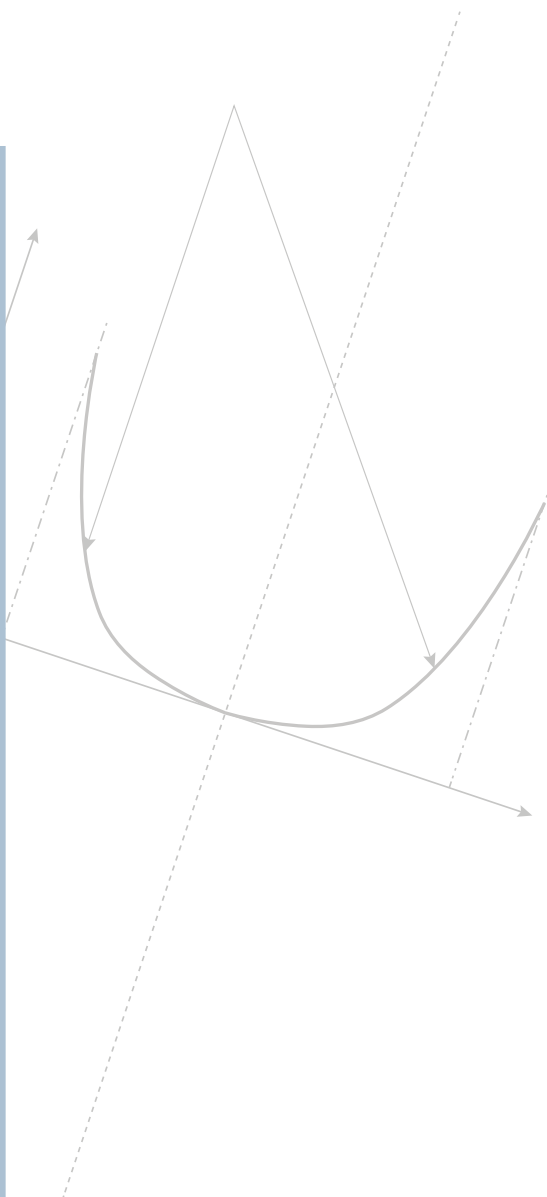


# ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ СМК

## С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИИ ПОТЕРЬ

<b>СТАТИСТИЧЕСКОЕ МЫШЛЕНИЕ</b> ПРЕДЛАГАЕМ МЕТОДИКУ	
~ КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА	
управление качеством, система менеджмента качества, экономический анализ, функция экономических потерь, статистические методы управления качеством.	
~ ВЫ УЗНАЕТЕ:	
что такое «функция экономических потерь»;  как для анализируемой характеристики процесса сформировать оптимальную функцию экономиче- ских потерь.	
~ АВТОР	
	<b>Валентин Алексеевич Дзедик</b> канд. экон. наук, руководитель программы по сертификации СМК в автомобилестроении Ассоциации по серти- фикации «Русский Регистр» (Волгоград)



Внедрение в современной российской организации методов менеджмента качества очень часто встречает серьезное сопротивление, которое может возникать практически на всех уровнях организации. Причин этому много, и одной из них является то, что названные методы оперируют абстрактными, с точки зрения владельцев бизнеса, управленческого персонала и экономических служб, понятиями. Эти люди привыкли (и совершенно обоснованно) измерять успех или провал того или иного проекта, процесса или функции количеством денег. В связи с этим единицы измерения, предлагаемые специалистами по качеству, например уровень ppm<sup>1</sup>, величина  $C_{pk}$  или  $P_{pk}$ <sup>2</sup> и т. п., вызывают у них непонимание, внутренний протест и отторжение. Поэтому одна из задач, стоящая перед специалистами по качеству, — оказаться с сотрудниками, принимающими финансовые решения, в одной системе координат. Для этого необходимо доработать существующие методы с целью придания им более понятного и прозрачного экономического смысла.

Сегодня управление большинством процессов организации осуществляется на основании так называемого *допускового мышления* — рассмотрения характеристики любого процесса по принципу «лежит — не лежит» в пределах технической спецификации, т. е. «годен — не годен». Например, предположим, что продуктом процесса механической обработки тела вращения является характеристика «диаметр вала». Тогда целью этого процесса может быть середина поля допуска, например 100 мм. Однако и производитель, и потребитель понимают, что невозможно изготовить деталь диаметром 100 мм в силу целого ряда причин, таких как неточность настройки, износ инструмента, вибрации и т. д. Поэтому назначается поле допуска, обозначаемое как 100±3 мм. Другими словами, производитель и потребитель приходят к компромиссу, что любое изделие, диаметр которого находится в интервале от 97 до 103 мм, является годным.

В противовес этому положению японский исследователь Г. Тагути предложил концепцию функции потерь. На ее основании у любого процесса существует целевое значение — идеальная характеристика, при которой потребитель этого процесса получает оптимальный параметр продукта (в нашем примере это может быть середина поля допуска). Любое же отклонение от целевого значения, например выпуск изделия диаметром 102 мм, приводит к потерям, которые могут возникать как при дальнейшей обработке, так и при эксплуатации. При последующих операциях может потребоваться дополнительная обработка,

сортировка, селективная сборка и т. д. В ходе эксплуатации товара, собранного с применением такого вала, могут возникать дополнительная вибрация, нагрев, случиться преждевременный выход из строя и т. д.

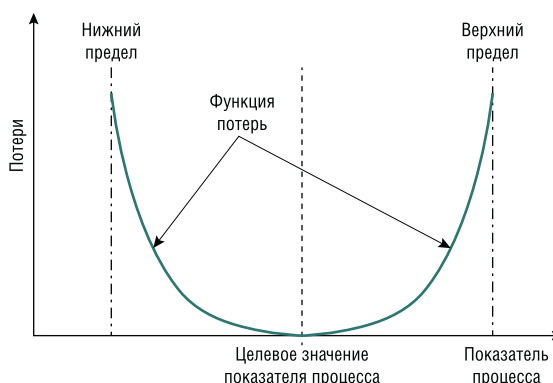
Г. Тагути полагал, что такие потери растут квадратично по мере удаления от целевого значения характеристики процесса, как это показано на рис. 1 [1].

Если развивать мысль Г. Тагути о виде функции потерь, можно усомниться, что она имеет только симметричный квадратичный вид. На форму функции потерь может повлиять множество факторов:

- вследствие целого ряда физических и химических процессов кривая потерь по-разному может вести себя на разных половинах поля допуска, что приведет к несимметричности функции. Например, если диаметр вала больше 100 мм, то возникают потери на дополнительную механическую обработку, а если меньше 100 мм, то такие потери не возникают;
- ступенчатый характер некоторых технологических процессов, таких как селективная сборка;
- по мере приближения к границам поля допуска потери могут резко и значительно возрастать вследствие ложных срабатываний измерительных систем производителя и потребителя и «бракования» все еще годного продукта и т. д. и т. п.

Под влиянием этих факторов функция потерь может быть кусочной, линейной, квадратичной, экспоненциальной, несимметричной и т. д.

Кстати, немного о терминологии. В статистике термин «функция потерь» означает потери, понесенные вследствие принятия неправильного решения в результате обработки анализируемых данных [2]. В целях предотвращения двойного толкования предлагается впредь применять термин «функция экономических потерь», где экономические потери — производственные потери, возникающие в результате отклонений



<sup>1</sup> Ppm (part per million) — доля дефектов на миллион изделий (возможностей). — Прим. ред.

<sup>2</sup>  $C_{pk}$ ,  $P_{pk}$  — индексы воспроизводимости и пригодности процесса соответственно. — Прим. ред.

Рис. 1. Вид функции потерь

в организации процессов производства, приводящие к нерациональному использованию средств производства, например сверхплановые простои оборудования, увеличение материальных затрат на производство единицы продукции и т. п.

Определив необходимую теоретическую и терминологическую базу, можно приступить к рассмотрению метода.

Используя многофункциональный подход, необходимо сформировать оптимальную функцию экономических потерь для анализируемой характеристики процесса. Для этого следует разбить величину поля допуска на определенное число промежуточных точек. В нашем примере пусть интервал между точками будет равен 0,25 мм. Исходя из специфики применяемой измерительной системы нулевой точкой является середина поля допуска, а величины удаления умножены на 100 что, безусловно, никак не влияет ни на индексы, характеризующие изменчивость процесса, ни на вид функции экономических потерь.

Необходимо определить статьи экономических потерь, т. е. те виды затрат, которые возникают в связи с неоптимальностью анализируемой характеристики. Последовательно сложив значения по каждой из статей затрат для каждой промежуточной точки, получим величину экономических потерь в каждой промежуточной точке

$$i = C_{ATi} + C_{Si} + C_{REi} + C_{RWi} + R_{ATi} + R_{REi} + R_{Si}, (1)$$

где  $C_{AT}$  — потери на дополнительную обработку;  
 $C_S$  — потери на сортировку изделий;  
 $C_{RE}$  — потери на дополнительный износ технологического оборудования;  
 $C_{RW}$  — потери на износ сопряженных деталей.

В особую категорию можно выделить потери, связанные с недополученными вследствие неоптимальности характеристики доходами:

- $R_{AT}$  — снижение объемов производства из-за необходимости дорабатывать неоптимальные изделия;
- $R_{RE}$  — снижение объемов производства из-за нарушения его ритмичности, вызванное дополнительным ремонтом оборудования;
- $R_{CS}$  — уменьшение объемов продаж из-за снижения удовлетворенности потребителей вследствие дополнительной вибрации, нагрева, раннего выхода из строя товара.

Следует обратить внимание, что для каждой анализируемой характеристики перечень статей экономических потерь может быть иным.

Последовательно применяя формулу 1 для каждой промежуточной точки, получаем ряд из 25 значений, на основании которого необходимо определить вид и параметры (т. е. формулу) функции экономических потерь [3]. Для этого можно использовать как специализированное программное обеспечение (рис. 2), так и стандартные офисные программы для работы с электронными таблицами. В представленном примере для получения наиболее объективной картины половины поля допуска анализируются отдельно. На рис. 2 специализированная программа предлагает пользователю три вида функции экономических потерь (линейная, квадратичная и экспоненциальная) и для облегчения выбора позволяет рассчитать коэффициент детерминированности, который, как известно, чем ближе к единице, тем лучше. Единожды определенная функция экономических потерь используется далее в расчетах многократно, вплоть до появления изменений в технологическом процессе или в порядке эксплуатации товара потребителем.

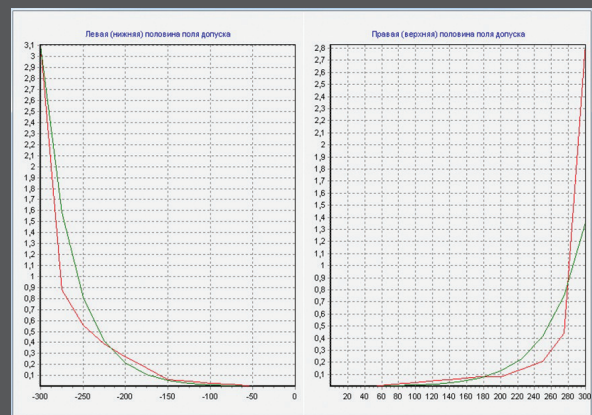
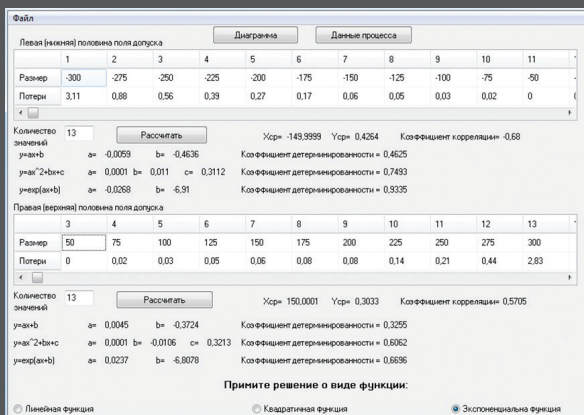
В нашем примере коэффициенты детерминированности на обеих половинах поля допуска лучше у соответствующих экспоненциальных функций, которые явно несимметричны относительно середины поля допуска

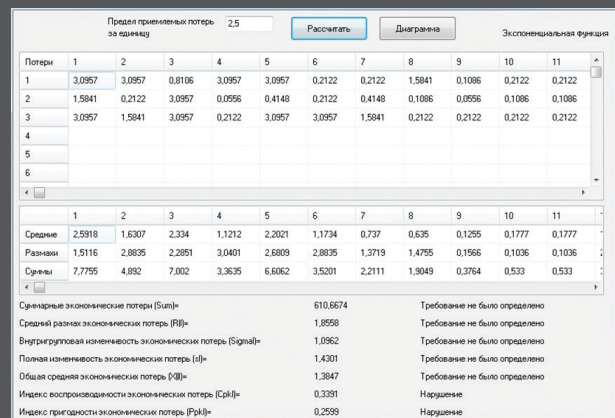
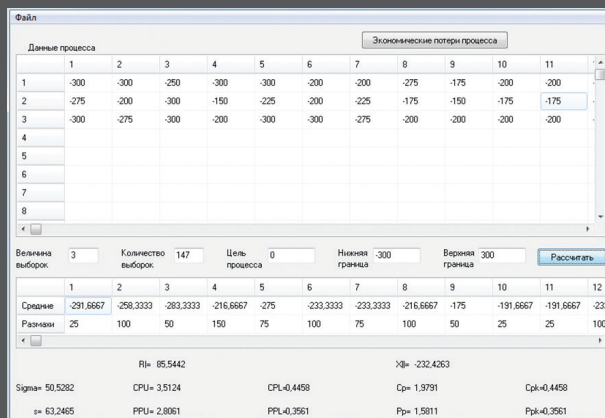
Рис. 2.

Определение вида и параметров функции экономических потерь

Рис. 3.

График экспоненциальной функции экономических потерь





$$\begin{cases} y = \exp(-0,0268x - 6,91), & x < 0 \\ y = \exp(0,0237x - 6,8078), & x > 0. \end{cases} \quad (2)$$

Их изображение можно увидеть на графике (рис. 3).

Вообще, экспоненциальная функция позволяет чаще других выявлять экономические потери, в первую очередь благодаря двум своим свойствам. Во-первых, она строго положительна, а экономические потери не могут быть отрицательны по определению. Во-вторых, ее характерной особенностью является резкий рост значений на определенном интервале, который часто совпадает с областью, граничащей с пределами поля допуска. Именно там обычно экономические потери растут крайне интенсивно вследствие таких причин, как, например, «ложные срабатывания» измерительных систем производителя и потребителя и связанные с этим дополнительные издержки в виде штрафов, возвратов и т. д.

Имея определенную функцию потерь, можно приступить к непосредственному анализу партий продукции. Результаты измерений заносятся в программный продукт, и проводится их статистический анализ, по итогам которого получаем привычные индексы воспроизводимости и пригодности процесса (рис. 4) [4].

Теперь этот массив данных остается преобразовать с использованием ранее определенной функции экономических потерь. Подставляем последовательно каждое значение характеристики процесса в функцию экономических потерь (в нашем примере результат измерения диаметра вала каждой детали подставляем в формулу (2)) и получаем массив данных экономических потерь (в рассматриваемом примере единица измерения — рубли). Каждое значение в этом массиве будет означать количество денег, которое потеряет организация и/или ее потребитель в связи с неоптимальностью размера (рис. 5). Анализируя

массив в целом, можно определить, сколько будет потеряно денег во всей партии продукции, какова величина средних потерь, их волатильность<sup>3</sup> и т. д.

Представленный метод является эффективным инструментом поддержки принятия управленческих решений. Он может помочь высшему руководству предприятия понять, нужны ли инвестиции в новое оборудование, поскольку, если известна средняя воспроизводимость технологического процесса на предполагаемом к покупке технологическом оборудовании и стоимость этого оборудования, несложно подсчитать экономические потери после инвестиций, сравнить с текущими экономическими потерями и рассчитать реальный срок окупаемости инвестиций.

Кроме того, рассматриваемый метод может быть использован для взаимодействия с поставщиками взамен не всегда прозрачных балльных оценок, обычно усложненных разнообразными коэффициентами весомости. Применение функции экономических потерь позволит обсуждать с поставщиком качество его продукции, основываясь не на абстрактных единицах измерений, а на финансовых показателях, которые, как правило, являются куда более весомым аргументом.

Таким образом, можно сделать вывод, что представленная методика является перспективным примером доработки статистических методов управления качеством с целью придания им экономического смысла и прозрачности и, как следствие, расширения их области применения на современном предприятии. [ММК]

Рис. 4.

Статистический анализ результатов измерений анализируемой характеристики партии деталей

Рис. 5.

Результаты расчета экономических потерь партии продукции

<sup>3</sup> Волатильность (англ. volatility) — это статистический показатель, характеризующий тенденцию изменчивости цены. Волатильность является важнейшим финансовым показателем в управлении финансовыми рисками, где представляет собой меру риска использования финансового инструмента за заданный промежуток времени. — Прим. ред.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Taguchi G., Chowdhury S., Wu Yu. Taguchi's quality engineering handbook / Wiley-Interscience, 2004. — 1692 p.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: Пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Финансы и статистика, кн. 1., 1986. — 366 с.; кн. 2, 1987. — 351 с.
3. Перов А.И. Статистическая теория радиотехнических систем. Учеб. пособие для вузов. — М.: Радиотехника, 2003. — 400 с.
4. Статистическое управление процессами. SPC. Ссылочное руководство. — Н. Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2006. — 224 с.