

*И.А. Овчинникова, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник;
Ю.Т. Ларин, д-р техн. наук, заведующий отделом ОАО «ВНИИКП»;
С.А. Овчинников, менеджер по качеству ООО «Интеллис-автоматизация»*

• ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

Вопросы обеспечения соответствующего качества продукции были актуальны во все времена, но существующие в настоящее время на мировом рынке тенденции заставляют разработчиков и производителей еще активнее стремиться к повышению качества своей продукции. Системы качества интенсивно внедряются на различных предприятиях. Применение методов статистического контроля и анализа при разработке и производстве продукции обусловлено наступившим в конце XX века признанием необходимости использования этих инструментов для обеспечения качества продукции и услуг. Стандарты серии ИСО 9000 определяют применение статистических методов как самостоятельного элемента системы качества предприятий.

Большая часть применяемых статистических методов используется при серийном производстве изделий на промышленных предприятиях. Эти методы условно можно разделить на три группы:

- статистические методы анализа (изучение причин дефектов и оценка эффективности принимаемых мер по их устранению);
- статистическое регулирование технологических процессов (контроль и управление);
- статистический приемочный контроль.

Японскими специалистами для осуществления контроля качества продукции были предложены семь простых методов (инструментов), которые могут понять и эффективно применять работники, не имеющие специальной подготовки в области качества. В состав этих методов входят контрольный листок, диаграмма Парето, схема Исикавы, гистограмма, контрольная карта, диаграмма разброса, стратификация (расслоение) [1].

Качество – это *совокупность характеристик* объекта, относящихся к его способности *удовлет-*

ворять установленные и предполагаемые *потребности* [2].

Основной функцией оптического кабеля (ОК) связи является передача оптического сигнала из одной точки в другую с наименьшими потерями. Следовательно, основные его характеристики – это коэффициент затухания и оптическая целостность (отсутствие обрывов оптических волокон). Базовое значение первого показателя зависит в первую очередь от характеристик применяемого в кабеле оптического волокна (ОВ), и при правильном проектировании конструкции и отлаженной технологии оно не должно существенно изменяться в худшую сторону. Второй показатель зависит от качества поставляемого волокна и технологии изготовления кабеля, так как к обрывам волокна могут привести механические напряжения в нем, возникающие в результате приложения недопустимых растягивающих нагрузок или микроизгибов, появляющихся вследствие давления защитных полимерных оболочек на ОВ, что может происходить при нарушении технологических режимов. Еще одной характеристикой ОК является его внешний диаметр. На этот параметр также влияют конструктивные особенности кабеля и технология его производства. Обязательным требованием, предъявляемым ко всем ОК, является стойкость к заданному значению растягивающей нагрузки. Этот параметр зависит от конструктивных особенностей конкретного кабеля. При осмотре кабеля после изготовления или испытаний обязательно учитывают наличие или отсутствие дефектов оболочки, так как наличие дефектов может оказать влияние на перечисленные выше параметры.

Мы указали несколько основных параметров, по которым можно судить о качестве большинства производимых оптических кабелей. Конечно, не следует

Пример построения таблицы исходных данных для диаграммы Парето

Причины отбраковки	Количество отклонений от нормы	Суммарное количество отклонений	Процентное соотношение отклонений показателей по видам	Кумулятивный процент отклонений показателей
Отклонения внешнего диаметра	32	32	41,5	41,5
Превышение допустимого значения коэффициента затухания	26	58	33,9	75,4
Дефекты оболочки	15	73	19,6	95,0
Обрывы ОВ	4	77	5,0	100,0
Итого	77		100,0	

забывать, что для каждого потребителя может быть определяющим любое другое специфическое свойство изделия. Но за основу могут быть взяты, на наш взгляд, именно эти критерии.

Какие же методы из перечисленных выше можно использовать при контроле качества производства ОК? Рассмотрим некоторые из них подробно, так как эти методы, хорошо известные специалистам по качеству, практически неизвестны широкому кругу технических специалистов и руководителей предприятий – изготовителей оптических кабелей.

Контрольный листок – это скорее вспомогательный инструмент для других методов, служащий для сбора и упорядочивания информации. Форма контрольного листка разрабатывается для конкретных условий производства. В общем случае в контрольном листке указываются: объект изучения (марка выпускаемого кабеля); таблица регистрации данных о контролируемых характеристиках объекта (например, коэффициент затухания и внешний диаметр кабеля); место анализа (цех, участок); должность и фамилия работника, регистрирующего данные; дата; количество исследованных образцов.

Диаграмма Парето служит для выявления основных причин возникновения исследуемых проблем. Построение диаграммы производится в такой последовательности.

1. Определение показателей (например, таких, которые чаще являются причинами отбраковки продукции), по которым накапливается статистическая информация, в частности коэффициент затухания, внешний диаметр, целостность оптических волокон, дефекты оболочки. Другие, редко встречающиеся показатели – причины отбраковки – можно объединить в группу «Прочие».

2. Сбор данных и распределение их по соответствующим показателям в течение заданного времени.

3. Составление таблицы, в первой графе которой указывают анализируемые показатели, во второй – количество случаев несоответствия конкретного показателя заявленным требованиям, в третьей – суммарное количество отклонений, в четвертой – процентное соотношение причин отбраковки по видам, в пятой – кумулятивный процент отклонений контролируемых показателей (табл. 1).

4. Построение диаграммы. Пример построения диаграммы показан на рис. 1.

5. Производится интерпретация диаграммы и определение мер по устранению причин брака. Анализ приведенной диаграммы показывает, что отклонения внешнего диаметра и превышение допустимого значения коэффициента затухания составляют более 75 % от всех причин отбраковки продукции. Следовательно, необходимо заняться устранением причин появления именно этих недостатков в первую очередь.

Схема Исикавы позволяет выявить отношение между показателями качества и воздействующими на них факторами. Схема по своему строению напоминает рыбий скелет, где центральная ось обозначает исследуемый объект. К ней подводят большие стрелки, изображающие главные факторы, влияющие на объект, затем к большим стрелкам подводят стрелки, обозначающие вторичные факторы, и так до тех пор, пока не будут упомянуты все факторы, оказывающие заметное влияние на объект анализа. Обычно на «рыбьем скелете» рассматривают пять основных «костей»: исполнитель, материал, оборудование, технология и производственные условия. Если анализировать каждую «кость», задавая вопросы «почему?», можно выявить самые

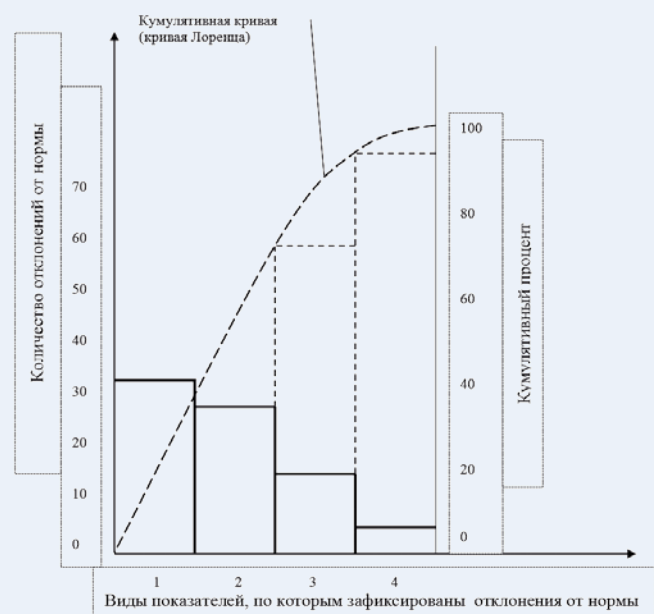


Рис. 1. Диаграмма Парето

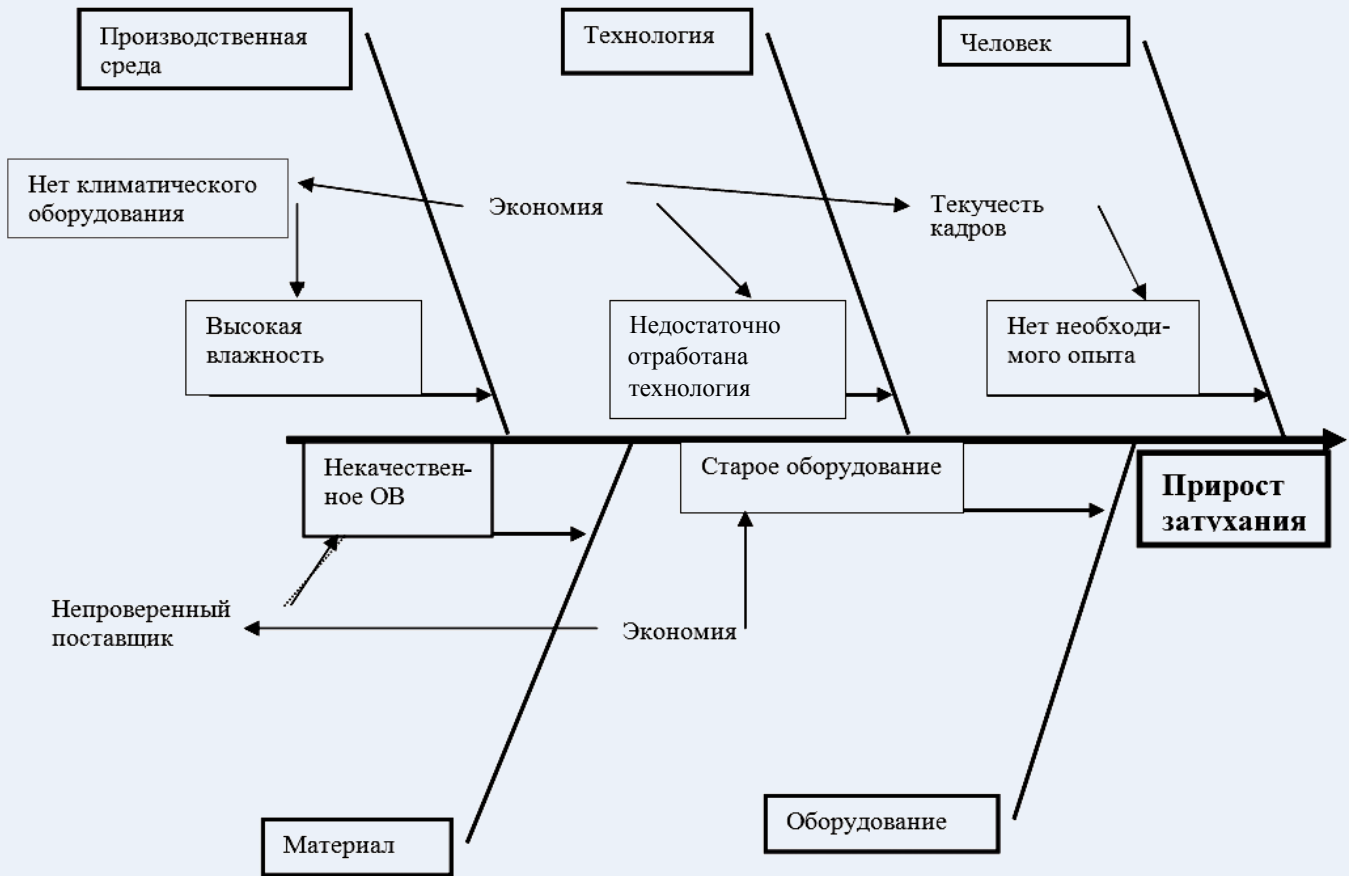


Рис. 2. Схема Искавы

глубинные причины недостатков (рис. 2). Например, почему возникает прирост коэффициента затухания в изготовленных образцах кабелей? Возможны несколько вариантов: изначально некачественный материал (дефектное ОВ, связки на арамидных нитях), нарушение технологического режима (неотработанная технология или человеческий фактор), перебои в работе оборудования, большая влажность в помещении (производственная среда). Почему материал оказался низкого качества? Купили у непроверенных поставщиков. Почему? Из экономии. Почему выбран неправильный технологический режим? Недостаточно опыта у персонала. Почему? Текущность кадров из-за низкой оплаты труда. Почему? Экономия средств. Почему наблюдаются перебои в работе оборудования? Старое оборудование. Почему не производится замена? Экономия средств. Почему высокая влажность в помещении? Нет необходимого климатического оборудования. Почему? Не выделено средств. Таким образом, экономия средств на указанных направлениях приводит к снижению качества продукции, а вследствие этого к снижению конкурентной способности и серьезным финансовым потерям. Вывод: надо менять политику предприятия.

Гистограмма – графическое обобщение данных, которое позволяет увидеть закономерности,

трудно различимые в простой таблице с набором цифр, – применяется при контроле качества готовой продукции, при изучении качественных и количественных закономерностей производственных процессов. С помощью гистограммы сравнивают показатели качества с требованиями нормативно-технической документации или состояние технологического процесса до и после соответствующих усовершенствований.

Для построения гистограммы определяют размах анализируемого параметра $R = x_{max} - x_{min}$. Находят ширину интервала $d = R/k$. По эмпирической формуле Старджесса количество интервалов $k = 1 + 3,3 \lg n$, где n – объем выборки (количество исходных данных). Количество исходных данных должно быть не менее 100. Поэтому указанный метод удобно использовать при серийном производстве.

Контрольная карта служит инструментом для наблюдения за стабильностью процессов. По вертикали на бланке с сеткой из вертикальных и горизонтальных линий отмечают выбранную статистическую характеристику наблюдаемого параметра (например, внешний диаметр кабеля), а по горизонтали – время наблюдения или номер выборки. Сущность работы с контрольной картой сводится к тому, что по данным наблюдения оценивается, находится ли контролируемый параметр в допустимых гра-

Таблица 2

Показатель	Коэффициент важности	Конструкция 1		Конструкция 2		Конструкция 3		Конструкция 4	
		Значение / B_i	B_k	Значение / B_i	B_k	Значение / B_i	B_k	Значение / B_i	B_k
Коэффициент затухания, дБ/км	0,2	0,25 / 9	1,8	0,3 / 6	1,2	0,22 / 10	2,0	0,22 / 10	2,0
Диаметр, мм	0,2	0,3 × 0,8 / 10	2,0	0,8 / 9	1,8	0,9 / 8	1,6	0,8 / 9	1,8
Масса, г/км	0,2	450 / 10	2,0	500 / 9	1,8	580 / 9	1,8	1000 / 6	1,2
Растягивающая нагрузка, Н	0,2	50 / 6	1,2	70 / 8	1,6	50 / 6	1,2	70 / 8	1,6
Строительная длина, км	0,1	6 / 4	0,4	5 / 3	0,3	25 / 9	0,9	8 / 5	0,5
Технологичность	0,06	- / 7	0,42	- / 5	0,3	- / 10	0,6	- / 10	0,6
Стоимость	0,04	- / 8	0,32	- / 8	0,32	- / 7	0,28	- / 9	0,36
Всего	1,00		8,14		7,32		8,38		8,06

ницах, и на основании этого принимается решение о налаженности технологического процесса.

Стратификация позволяет произвести распределение данных в соответствии с различными факторами (как изменяются исследуемые показатели в зависимости от марки или поставщика используемого материала, от того или иного рабочего или технолога, участвующего в изготовлении партии, от условий окружающей среды и т.п.) и выяснить причину появления отклонений от нормы, если таковое обнаружится.

Но указанные методы удобно применять при производстве продукции, когда накапливается большой объем данных, которые можно проанализировать. А как оценить качество при разработке? Предлагаемый авторами для этого случая метод можно назвать *экспериментально-балльным методом*.

1. Заказчик выдвигает определенные технические требования к ОК.

2. С учетом накопленных данных, основанных на более чем 20-летнем опыте разработки, производства и эксплуатации ОК (или разработанных с учетом этих данных методов расчета), теоретически выбираются несколько вариантов конструкций требуемого кабеля. Таким образом, все предложенные варианты конструкций теоретически будут удовлетворять заявленным требованиям.

3. Изготавливаются экспериментальные образцы.

4. Проводятся оценочные испытания для определения основных показателей.

5. Данные заносятся в таблицу, где каждому показателю присваивается коэффициент важности в зависимости от приоритетов заказчика и условий эксплуатации разрабатываемого изделия (суммарное значение коэффициентов равно единице). Соответствие значения требованиям заказчика оценивается по 10-балльной шкале, где 6–8 баллам соответствуют значения, оправдывающие ожидания заказчика (6 баллов – худшее значение заданного диапазона; 8 баллов – лучшее значение), а 9 и 10 баллам – показатели, превышающие и существенно превышающие заданный уровень соответственно.

Оценка качества образцов ОК производится по формуле: $B = \sum B_k$, где $B_k = B_i \cdot K_i$; B_i – оценка по 10-балльной шкале; K_i – коэффициент, оценивающий важность данного показателя ОК для работы в заданных условиях; i – номер конкретного показателя.

Приведем пример анализа и выбора оптимальной конструкции с помощью указанного метода. Заказчику требуется ОК со следующими характеристиками: диаметр не более 1 мм, масса не более 1000 г/км, растягивающее усилие не менее 50 Н, коэффициент затухания не более 0,3 дБ/км (на длине волны 1,55 мкм), максимальная строительная длина. При этом приветствуется возможное улучшение данных показателей.

Было спроектировано и изготовлено четыре варианта экспериментальных образцов ОК с разными характеристиками (табл. 2):

- конструкция 1 – оптическое волокно, проложенное параллельно с двумя сталебронными проволоками, все покрыто лаком из полиамида;
- конструкция 2 – ОВ с 18 арамидными нитями в оболочке из термоэластопласта;
- конструкция 3 – 3 ОВ в оболочке из термоэластопласта;
- конструкция 4 – ОВ с 2 стальными проволоками в оболочке из термоэластопласта.

При анализе табл. 2 очевидно, что оптимальной является конструкция 3, так как она наиболее удовлетворяет потребностям заказчика.

Таким образом, данный метод позволяет выбрать лучший вариант при разработке ОК, который сможет максимально отвечать ожиданиям заказчика и снизить до минимума возможные потери, связанные, например, с завышенными массогабаритными характеристиками или ценой.

ЛИТЕРАТУРА



1. Гродзенский С.Я. Статистические методы контроля и управления качеством / МИРЭА (ТУ). М., 2006. 84 с.
2. ГОСТ 15467. Качество продукции. Термины.