

Инструменты и методы управления качеством
Практическая работа № 2
«Сбор информации для анализа качества продукции»

Цель работы: научить студентов собирать информацию по качеству объектов, анализировать статистическую информацию и выработать у студентов навыки принятия управленческих решений по повышению качества, основанных на фактах.

Общие положения и методические указания к работе

Требуется произвести:

- 1) сбор информации по качеству (например, по качеству посещаемости занятий);
- 2) разработать и заполнить контрольный листок учета данных по качеству;
- 3) проанализировать информацию.

1. Как собирать данные

1.1. Имейте четко определенные цели

Цели сбора данных в процессе контроля качества состоят в следующем:

- контроль и регулирование производственного процесса;
- анализ отклонений от установленных требований;
- контроль продукции.

Любые собираемые данные имеют свое назначение, и после того, как информация собрана, нужно начинать с ней работать.

1.2. Какова ваша цель?

Когда цель сбора данных установлена, она становится основой для определения характера сравнений, которые надлежит произвести, и типа данных, которые нужно собрать. Пусть, например, возник вопрос о вариации в показателе качества изделия. Если производить только один замер в день, то нельзя судить о вариациях в течение дня. Или, если вы хотите понять, каким образом два разных работника допускают дефекты, то надо брать отдельные выборки, чтобы можно было сравнить работу каждого из них. Если сравнение выявляет явные различия, то меры по их устранению также будут способствовать уменьшению изменчивости процесса.

1.3. Надежны ли измерения?

Даже если выборки взяты правильно, можно прийти к неверному суждению при ненадежных результатах измерения.

Например, данные одного из контролеров показали, что доля дефектов у него значительно превышает результаты других контролеров, а последующая тщательная проверка выявила, что этот контролер пользовался неисправным измерительным инструментом.

В случае органолептического контроля, например, при осмотре, подобные расхождения в результатах отдельных контролеров – весьма обычное дело.

Этот факт следует учитывать при сборе и анализе данных.

1.4. Подыщите правильные способы регистрации данных

Когда данные собраны, для их анализа используются различные статистические методы, предназначенные для превращения данных в источник информации. Важно в процессе сбора тщательно упорядочить данные, чтобы облегчить их последующую обработку.

Во-первых, надо четко зарегистрировать источник (без такой регистрации данные окажутся мертвыми). Весьма часто, несмотря на то, что была потрачена целая неделя на сбор данных о показателях качества, из них можно извлечь мало полезной информации, поскольку не зафиксированы день недели, когда собирались данные; станок, на котором производилась обработка; рабочий, выполнявший операцию; партия используемых материалов и т.д.

Во-вторых, данные надо регистрировать таким образом, чтобы их было легко использовать. Поскольку данные часто применяются для вычисления статистических характеристик (средние размеры и размах), то лучше их записывать так, чтобы облегчить эти вычисления. Например, результаты измерений ста образцов, проводимые четыре раза в день (в 9.00; 11.00; 14.00; 16.00) в течение 25 дней, удобно регистрировать в форме, показанной в табл. 2.1, где по горизонтали фиксируется время измерения, а по вертикали – дата. В этом случае ежедневные подсчеты можно проводить по строкам, а подсчеты для соответствующих часов – по столбцам. Если данные требуется собирать постоянно, то надо заранее разработать стандартные формы регистрации данных.

Таблица 2.1

Пример формы регистрации данных

Дата	Время измерения, час			
	9.00	11.00	14.00	16.00
1 февраля	12,3	11,5	13,2	14,2
2 февраля	13,2	12,5	14,0	14,0
3 февраля	—	—	—	—

2. Контрольные листки

Как уже было сказано, прежде чем начать собирать данные, надо определить четкую цель и, кроме того, нужно собирать те данные, которые отражают факты. В реальных ситуациях важно, чтобы данные регистрировались в простой и доступной для использования форме.

Контрольный листок – бумажный бланк, на котором заранее напечатаны контролируемые параметры с тем, чтобы можно было легко и точно записать данные измерений. Его главное назначение:

- 1) облегчить процесс сбора данных;
- 2) автоматически упорядочить данные для облегчения их дальнейшего

использования.

Сбор и регистрация данных на первый взгляд кажутся легким делом, на самом же деле это довольно сложно. Обычно, чем больше людей обрабатывают данные, тем больше вероятность появления ошибок в процессе записи. Поэтому контрольный листок, на который можно заносить информацию с помощью пометок или простых символов и который позволяет автоматически упорядочить данные без их последующего переписывания от руки, — хорошее средство регистрации. Приведем примеры некоторых типов контрольных листков.

Пример 1. Контрольный листок для регистрации распределения измеряемого параметра в ходе производственного процесса.

Предположим, что мы хотим выявить изменения в размерах некоторой детали, подвергающейся механической обработке, причем размер, указанный в чертеже: $8,300 \pm 0,008$. Для получения распределения значений этого показателя в ходе процесса обычно используются гистограммы. На основе гистограммы вычисляются среднее значение и дисперсия, исследуется также и форма кривой распределения. Чтобы построить гистограмму, надо затратить немало труда на сбор большого числа данных и на представление частотного распределения в графической форме. Проще классифицировать данные в момент сбора. На рис. 2.1 показан бланк, который можно заранее заготовить для этой цели. Каждый раз, когда производится замер, в соответствующую клеточку ставится крест, так что к концу измерений гистограмма готова.

Если нужно произвести расслоение с использованием одного контрольного листка, лучше для пометок брать карандаши разного цвета, чтобы разница проявлялась наглядно.

	Отклонение	Замеры																Частота
		5	10	15	20													
	-10																	
	-9																	
*	-8																	
	-7																	
	-6																	
	-5	X																1
	-4	X X																2
	-3	X X X X																4
	-2	X X X X X X																6
	-1	X X X X X X X X																9
8.300	0	X X X X X X X X X X																11
	1	X X X X X X X X																8
	2	X X X X X X																7
	3	X X X																3
	4	X X																2
	5	X																1

	6	X																	1
	7																		
*	8																		
	9																		
	10																		
Итого																		55	

*Граница поля допуска (по чертежу).

Рис. 2.1. Контрольный листок для регистрации распределения измеряемого параметра в ходе производственного процесса

Пример 2. Контрольный листок локализации дефектов.

Во всех видах продукции обнаруживаются внешние дефекты, такие, как царапины или грязь, и на многих предприятиях предпринимаются разные меры для их сокращения. Большую роль в решении этой проблемы играют контрольные листки локализации дефектов (рис. 2.2). В листках такого рода есть эскизы или схемы, на которых делаются пометки, так что можно пронаблюдать расположение дефектов.

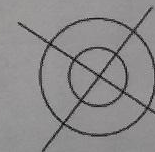
Контрольный листок локализации раковин

Наименование и номер изделия: _____

Материал: _____

Изготовитель: _____

1. Эскиз



2. Матрица расположения дефектов

По окружности	Вдоль оси							10
	1	2	3	4	5	6	7	
A			/					1
B								
C								
D								
E	///		///					9
F	/	//						3
G								
H								
10	4	2	7					13

Рис. 2.2. Контрольный листок локализации дефектов

На рис. 2.2 показан контрольный листок, используемый на машиностроительном заводе для входного контроля отливок. Дефект – раковины в отливках, и раньше поставщика информировали только о приемке или браковке партий и числе дефектов в партии, но качество не улучшалось. После того как были введены листки локализации дефектов, на которых фиксировалось возможное место расположения раковин, качество отливок резко улучшилось, поскольку облегчился поиск причин дефектов. Такого типа контрольные листки необходимы для диагноза процесса, поскольку причины дефектов часто можно найти, исследуя места их возникновения и наблюдая процесс в поисках объяснений, почему дефекты концентрируются именно в этих местах.

Пример 3. Контрольный листок причин дефектов.

Листок локализации дефектов, описанный в предыдущем примере, используется для привлечения внимания к местам возникновения дефектов. Кроме того, контрольные листки применяются иногда с целью определения причин дефектов. Вообще говоря, большинство исследований, нацеленных на поиск причин дефектов, предполагают сравнение данных о причинах с соответствующими данными о последствиях дефектов, сопоставляя их в строго установленном порядке для последующего анализа путем стратификации или с использованием диаграмм рассеивания. Но если случай достаточно простой, то можно фиксировать необходимые данные прямо в контрольном листке.

Например, на рис. 2.3 представлен контрольный листок для регистрации дефектов в ручках, изготовленных из бакелита, с учетом станков, рабочих, дней изготовления и типов дефектов. С первого взгляда видно, что рабочий В допускает много дефектов. Все рабочие допустили много дефектов в среду. Исследование причин дефектов показало, что рабочий В недостаточно часто менял штампы, а причиной дефектов, допущенных в среду, послужило плохое качество исходного сырья.

С той же целью можно использовать контрольные листки в виде диаграмм причин и результатов, которые понятны каждому рабочему. Такие диаграммы вычерчиваются заранее, и когда становится ясна причина или условия допущения дефекта, то у соответствующей стрелочки делается пометка. По этой диаграмме можно определить, устранению каких причин важно отдавать предпочтение.

Помимо описанных примеров, существует большое число других контрольных листков и форм, используемых на производстве. Они разрабатываются, прежде всего, с учетом цели сбора данных, а потом создаются модификации, подходящие для поставленных целей и облегчающие сбор и регистрацию данных.

Оборудование	Рабочий	Пон.		Вт.		Ср.		Чт.		Пят.		Суб.	
		до обеда	после обеда	до обеда	после обеда	до обеда	после обеда	до обеда	после обеда	до обеда	после обеда	до обеда	после обеда
Станок 1	А	•• × *	• ×	•••	• ××	••• ×××	•••• ×××	•••• × ••	• ××	•••• ••	•	•	×× *
	В	• ×× *	••• ××× *	••••• ××	••• ××	••••• ×× *	••••• × *	••••• ××	••• × ••	•• ××	••••• *	••	× •
Станок 2	С	•• ×	• ×	••		••••• *	••••• ×	•• *	•	•• Δ	••	•	Δ °
	Д	•• ×	• ×	•• Δ	••• *	••• Δ *	••••• ×	•• *	•• Δ	•• ΔΔ	• ••	•• °	× °

- – поверхностные царапины
- Δ – дефекты конечной обработки
- ° – другие дефекты

- × – раковины
- * – неправильная форма

Рис. 2.3. Контрольный листок причин дефектов

Лабораторная работа № 4

Инструменты контроля качества: контрольные карты по количественному признаку, контрольные карты по альтернативному признаку.

Цель работы: изучение теоретических принципов и практического построения основных инструментов статистического контроля качества: контрольных карт по количественному признаку и альтернативному признаку.

Задачи:

1. Ознакомиться с существующими типами контрольных карт.
2. Получить практические навыки проведения статистического управления качеством продукции путем построения контрольных карт для количественных и альтернативных данных.
3. По результатам построения карт провести сравнительный анализ контрольных карт по количественному и альтернативному признакам.

Теоретические аспекты

Контрольные карты – инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него (с помощью соответствующей обратной связи), предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.

Контрольные карты должны отвечать трем главным требованиям:

- 1) определять требуемый уровень или номинал процесса, на достижение которого должен быть нацелен персонал организации;
- 2) использоваться как вспомогательное средство для достижения этого номинала;
- 3) служить в качестве основы для определения соответствия номиналу и допускам.

Таким образом, принципы построения контрольных карт охватывают круг понятий, связанных со стабилизацией производственного процесса, его производительностью и оценкой качества, а реализация этих принципов способствует взаимосвязке различных направлений хозяйственной деятельности.

Процесс считается контролируемым, если закономерные составляющие его погрешности регулярно выявляются и устраняются, а остаются только случайные составляющие погрешностей, которые, как правило, распределяются в соответствии с нормальным законом распределения.

Существует два типа контрольных карт:

- 1) *контрольные карты по количественному признаку* – предназначены для контроля параметров качества, представляющих собой непрерывные случайные величины, значения которых являются количественными данными параметра качества (например, значения размеров, масса, электрические и механические параметры и т.п.);
- 2) *контрольные карты по альтернативному признаку* – предназначены для контроля параметров качества, представляющих собой дискретные (альтернативные) случайные величины и значения, которые являются качественными данными (годен - не годен, соответствует - не соответствует, дефектное - бездефектное изделие и т.п.).

В зависимости от вида данных и методов их статистической обработки выделяют различные типы контрольных карт (прил. 2).

Задания

1. Построить контрольную карту индивидуальных значений (*x* – карта).

Эта карта применяется, если наблюдения проводятся над небольшим числом объектов и все они подвергаются контролю. Наблюдения ведутся над непрерывным показателем.

Этапы построения контрольной карты:

1.1. Данные измерений анализируемой величины *x* последовательно регистрируются в контрольном листке. Каждому значению присваивается номер *i* от 1 и далее. Когда набирается 25-30 значений *x*, этап наблюдений заканчивается.

1.2. Вычисляются текущие размахи *R* как разница между текущим и предыдущим значениями наблюдаемой величины (без учета знака):

$$R = |x_{i+1} - x_i|. \quad (1)$$

Всего получается $(n - 1)$ значения скользящего размаха.

1.3. Вычисляется среднее значение скользящего размаха за период наблюдений по формуле

$$\bar{R}_s = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n R_i, \quad (2)$$

1.4. Вычисляется среднее значение анализируемой величины за период наблюдений по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (3)$$

1.5. Полученные текущие значения x_i и R_i наносятся на расположенные друг под другом графики в соответствующих масштабах. На эти графики наносятся также средние значения \bar{x} и \bar{R} в виде средних линий.

1.6. Вычисляются и наносятся на графики нижняя и верхняя контрольные границы (границы регулирования) и средние линии:

$$CL_x = \bar{x}, UCL_x = \bar{x} + 2,66 \cdot \bar{R}_s, LCL_x = \bar{x} - 2,66 \cdot \bar{R}_s;$$

$$CL_R = \bar{R}_s, UCL_R = \bar{R}_s + 2,66 \cdot \bar{R}_s, LCL_R = \bar{R}_s - 2,66 \cdot \bar{R}_s.$$

На этом этап построения контрольной карты завершается. На этапе наблюдения и регулирования процесса производятся следующие действия:

- измеряется значение наблюдаемой величины и заносится в контрольную карту x ;
- вычисляется скользящий размах и его значение заносится в контрольную карту R .

Если полученные значения находятся в пределах контрольных границ, считается, что процесс является управляемым, т.е. стабильным. Если же одна из точек выходит за пределы контрольных границ, это является сигналом о неблагополучии. Следует разобраться с причинами такого отклонения и при необходимости принять нужные меры. Если точки не выходят за контрольные границы, но наблюдается серия точек, расположенных ниже или выше средней линии, это также является сигналом о нарушении хода процесса. Длина такой «тревожной» серии - 6 точек. Но если наблюдаются серии более короткие, разделенные отдельными точками по другую сторону от средней линии, это также является сигналом неблагополучия. Необходимо разбираться с причинами.

В качестве примера контрольной карты индивидуальных значений разберём ситуацию с прыжками в длину с разбега на отборочных соревнованиях, результаты которых позволят судить о готовности

женской сборной к решающим спортивным соревнованиям. Объектом исследования будет длина одинарного прыжка. Отражаться в контрольной карте будут только удачные прыжки (без заступа или иных нарушений правил). Всего в ходе соревнований в женской сборной таких прыжков оказалось 15. Зафиксированные значения длин этих прыжков представлены в табл. 1.

Таблица 1
Значения длин прыжков в длину с разбега среди женской сборной и скользящий размах

Порядковый номер прыжка n	Длина прыжка x_i , см	Скользящий размах R_s
1	686	-
2	677	9
3	644	33
4	658	14
5	612	46
6	649	37
7	682	33
8	624	58
9	670	46
10	659	11
11	698	39
12	637	61
13	633	4
14	667	34
15	648	19

Построить контрольную карту индивидуальных значений и сделать выводы об управляемости процесса.

2. Построить контрольную карту средних значений и размахов ($\bar{x} - R$ - карта).

Карта типа $(\bar{x} - R)$ применяется при массовом производстве, когда карты типа (x) неприменимы из-за громоздкости. При использовании карт типа $(\bar{x} - R)$ выводы о стабильности (устойчивости) процесса делаются на основе данных, полученных при анализе небольшого числа представителей всех рассматриваемых изделий. При этом все изделия объединяются в партии в порядке изготовления и от каждой партии берутся небольшие выборки, по данным которых строится контрольная карта.

Этапы построения контрольной карты:

2.1. Определяется объем партий изделий, из которых берутся выборки. Партия может составляться как выработка за час, смену или другой период времени, может формироваться из потока одинаковыми группами изделий или другим способом. Желательно, чтобы партии были одинаковыми.

2.2. Из каждой партии отбирается определенное число деталей – выборка – обычно от двух до десяти, в зависимости от задач, требуемой точности, объема и способа контроля. Для каждой карты объем выборки остается постоянным. Выборкам присваиваются номера $i = 1 \dots n$. Всего берется 25 - 30 выборок.

2.3. В каждой выборке вычисляются среднее значение \bar{x} и размах R :

$$\bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k x_j; \quad (4)$$

$$R = x_{\max j} - x_{\min j}, \quad (5)$$

где j – номер значения в выборке; k – объем выборки.

2.4. После завершения периода наблюдений вычисляются общее среднее значение наблюдаемой величины $\bar{\bar{x}}$ и средний размах \bar{R} :

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x}_i; \quad (6)$$

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i. \quad (7)$$

Полученные значения наносятся на график.

2.5. Вычисляются и наносятся на график контрольные границы (границы регулирования) по следующим формулам:

$$\begin{aligned} CL_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}}, \\ UCL_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}, \\ LCL_{\bar{x}} &= \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}, \\ CL_R &= \bar{R}, \\ UCL_R &= D_4 \cdot \bar{R}, \\ LCL_R &= D_3 \cdot \bar{R}. \end{aligned}$$

Значения коэффициентов в этих формулах зависят от объема выборки и приведены в табл.2.

Таблица 2

Коэффициенты диаграммы управляемости для определения среднего значения и диапазона

№ строки	Наблюдения в выборке n	Средние значения A_2	Коэффициенты для пределов управляемости	
			D_3	D_4
1	2	1,88	-	3,267
2	3	1,023	-	2,574
3	4	0,729	-	2,282
4	5	0,577	-	2,114
5	6	0,483	-	2,004
6	7	0,419	0,076	-1,924
7	8	0,373	0,136	1,864
8	9	0,337	0,184	1,816
9	10	0,308	0,223	1,777
10	11	0,285	0,256	1,744
11	12	0,266	0,283	1,717
12	13	0,249	0,307	1,693
13	14	0,235	0,328	1,672
14	15	0,223	0,347	1,653
15	16	0,212	0,363	1,637
16	17	0,203	0,378	1,622
17	18	0,194	0,391	1,608
18	19	0,187	0,403	1,597
19	20	0,18	0,415	1,585
20	21	0,173	0,425	1,575
21	22	0,167	0,434	1,566
22	23	0,162	0,443	1,557
23	24	0,157	0,451	1,548
24	25	0,153	0,459	1,541

Рассмотрим пример использования этого типа контрольной карты.

Клиенты жалуются, что государственное учреждение слишком долго оформляет выдачу определённого типа разрешений. Начальник конторы решил собрать данные для проверки продолжительности цикла оформления разрешения на основании пяти обращений, делаемых каждую неделю. При этом были получены результаты, приведенные в табл. 3.

Построить контрольную карту средних значений и размахов, сделать выводы относительно управляемости контролируемого процесса.

Таблица 3
Данные продолжительности цикла оформления разрешения,
собранные за 10 недель

Неделя	Продолжительность, дни					\bar{x}	R
	36	33	43	51	33		
1	36	33	43	51	33	39,2	18
2	31	50	33	54	37	41	23
3	43	41	46	26	37	38,6	20
4	41	40	36	56	29	40,4	27
5	34	26	33	42	28	32,6	16
6	59	33	47	51	65	51	32
7	31	41	52	38	40	40,4	21
8	40	40	38	65	51	46,8	27
9	25	47	50	61	56	47,8	36
10	37	48	46	61	49	48,2	24

3. Построить контрольную карту средних значений и средних квадратичных отклонений ($\bar{x}-S$ -карта).

Данная карта практически идентична карте ($\bar{x}-R$), но точнее её, и может рекомендоваться при отладке технологических процессов при массовом производстве ответственных деталей. Её можно применить в случаях, когда имеется система встроенного контроля с автоматическим вводом данных в ЭВМ, используемые для автоматического управления процессом.

В картах ($\bar{x}-S$) вместо размаха R используется более эффективная статистическая характеристика рассеивания наблюдаемых значений – среднее квадратичное отклонение S. Она показывает насколько тесно группируются отдельные значения вокруг средней арифметической или как они рассеиваются вокруг неё. Среднее квадратичное отклонение определяется по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (8)$$

В остальном построение и применение карты ($\bar{x}-S$) не отличается от карты ($\bar{x}-R$).

В качестве примера контрольной карты средних значений и средних квадратичных отклонений рассмотрим контроль точности попадания в мишень на спортивных соревнованиях с участием 7 стрелков. Объект измерения и контроля – расстояние места попадания

от центра мишени. Радиус мишени составляет 15 см. Если расстояние между местом попадания и центром составляет более 15 см, то говорят, что спортсмен попал в «молоко», и не засчитывают ему очки за этот выстрел. Каждому стрелку предоставляется по 3 выстрела, и его результат определяется как сумма набранных баллов. Точность стрельбы представлена в табл. 4.

Для построения контрольной карты необходимо вычислить средние линии регулирования процесса, а также верхние и нижние контрольные границы регулирования по формулам:

$$CL_{\bar{x}} = \bar{x}, UCL_{\bar{x}} = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{S}, LCL_{\bar{x}} = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{S};$$

$$CL_s = \bar{S}, UCL_s = D_4 \cdot \bar{S}, LCL_s = D_3 \cdot \bar{S}.$$

Таблица 4
Данные точности стрельбы по мишени 7 участников соревнований

№ участника	№ выстрела	Расстояние x_i	Среднее расстояние \bar{x}	Отклонение $x_i - \bar{x}$	Квадрат отклонения $(x_i - \bar{x})^2$	Среднее квадратичное отклонение $\sqrt{(x_i - \bar{x})^2}$
1	1	12	9,76	2,24	5,0	2,24
	2	19		9,24	85,4	9,24
	3	8		-1,76	3,1	1,76
2	1	6		-3,76	14,14	3,76
	2	10		0,24	0,06	0,24
	3	2		-7,76	60,2	7,76
3	1	9		-0,76	0,58	0,76
	2	15		5,24	27,46	5,24
	3	13		3,24	10,5	3,24
4	1	5		-4,76	22,66	4,76
	2	8		-1,76	3,1	1,76
	3	4		-5,76	33,2	5,76
5	1	29		19,24	370,2	19,24
	2	11		1,24	1,54	1,24
	3	17		7,24	52,42	7,24
6	1	11		1,24	1,54	1,24
	2	7		-2,76	7,62	2,76
	3	10		0,24	0,06	0,24
7	1	3		-6,76	45,7	6,76
	2	0		-9,76	95,26	9,76
	3	6		-3,76	14,14	3,76