



# **Тема 5. Статистические методы оценки качества бизнес- процессов организации (SPC бизнес-процессов) и их анализ.**

Лекция по дисциплине  
«Регулирование процессов  
менеджмента качества»

к.э.н., доц. Болотников С.В.

# Формализация операций в бизнес-

## процессах

**Объект регламентации качества** – операции бизнес-процессов, их входной и выходной процессы.

**Предмет регламентации** – эффективность (качество) этих процессов.

**Операция** - это упорядоченная совокупность

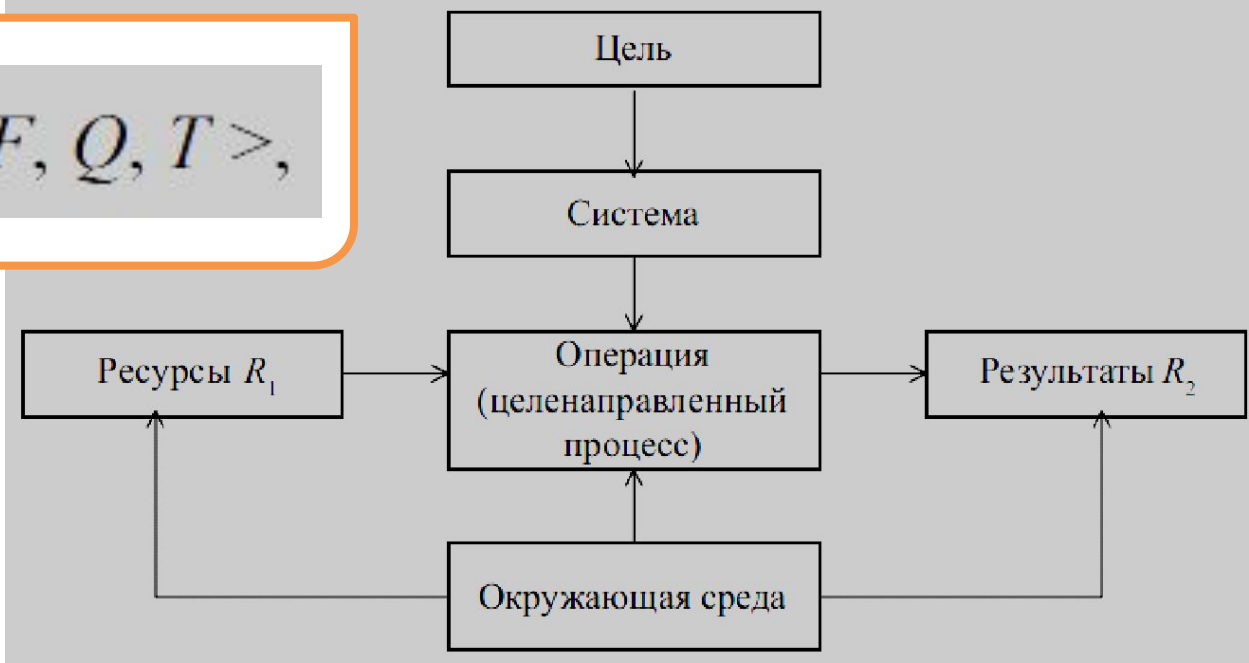
взаимосвязанных действий, направленных на достижение



# Формализация операций в бизнес-процессах

$$O = \langle R_1, R_2, F, Q, T \rangle,$$

Формальное  
(математическое  
) описание  
операции:



где:

$R_1$  - ресурсы, затрачиваемые в процессе выполнения операции;

$F \subset R_1 \times R_2$  — операции;

— отношение, задаваемое на множестве  $R_1 \times$

$R_2$ ;

$Q$  - условие проведения операции;

$T$  - время, затрачиваемое на выполнение операции.

# Формализация операций в бизнес-

## процессах Характеристики операции:

А) Это процесс преобразования ресурсов в результаты при достижении цели.

Б) Целевой эффект - ж

В) Прочие результаты подразделяют на:

- побочные положительные;
- отрицательные эффекты;
- расходы ресурсов.



**Эффективность операции** - характеризует способность операции преобразовывать расходуемые ресурсы в выходные эффекты, является свойством, характеризующим качество операции.

**Инструмент оценки качества:** статистический метод *SPC (statistical process control)*

# SPC бизнес-процессов организации

**SPC** (*statistical process control*) метод мониторинга бизнес-процесса с использованием статистических инструментов с целью управления качеством непосредственно в процессе производства.

1

ISO 9001 установлено, что организация должна:

2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000

4

5

# SPC бизнес-процессов организации

**SPC** (*statistical process control*) метод мониторинга бизнес-процесса с использованием статистических инструментов с целью управления качеством продукции непосредственно в процессе производства.

## •Цели SPC

- Получение статистически управляемого состояния процесса (выявить особые причины изменчивости и добиться их устранения);
- Поддерживание статистически управляемого состояния процесса (вести мониторинг показателей работы процесса);
- Улучшение возможности процесса (стремиться лучше понимать обычные причины изменчивости и реагировать на их колебания);
- Снижение количества отходов и вероятности попадания бракованной продукции заказчику;
- Сокращение времени производственного цикла.

# Основные инструменты SPC бизнес-процессов

SPC использует 7 основных приемов фиксации качества бизнес-процессов:

«Основываясь на опыте своей деятельности, могу сказать, что 95% всех проблем фирмы могут быть решены с помощью этих семи приемов»

К.Исикава.

- **Контрольный листок** – инструмент для сбора данных и их автоматического упорядочения для облегчения дальнейшего использования собранной информации; **4**
- **Стратификация (расслоение)** – инструмент, позволяющий произвести селекцию данных в соответствии с различными факторами.
- **Гистограмма** – инструмент, позволяющий зрительно оценить распределение статистических данных, сгруппированных по частоте попадания данных в определенный (заранее заданный) интервал. **5**
- **Анализ Парето** - инструмент, позволяющий объективно представить и выявить основные факторы, влияющие на исследуемую проблему и распределить усилия для ее решения.
- **Причинно – следственная диаграмма Исикавы** – инструмент, который позволяет выявить наиболее существенные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие); **6**
- **Диаграмма разброса** – инструмент, позволяющий определить вид и тесноту связи двух рассматриваемых параметров процесса;
- **Контрольная карта** – позволяет отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него (с помощью обратной связи), предупреждая его отклонения от предъявленных к процессу требований **7**

# Основные инструменты SPC: контрольный листок

Все статистические методы базируются на достоверной информации. Применение каждого должно начинаться со сбора необходимых данных.

**1. Контрольный листок** – бланк, на котором заранее прописаны контролируемые параметры, с тем, чтобы можно было легко и точно записать данные измерений.

## **В любом контрольном листке должны быть:**

- его название;
- измеряемый параметр;
- название и номер операции;
- участок (подразделение);
- оператор (ответственный);
- режимы работы;

и другие данные для анализа путей повышения качества процесса

- **Назначение контрольного листа**
  - Контроль и регулирование производственного процесса;
  - Анализ отклонений от установленных требований;
  - Облегчение процесса сбора данных;
  - Автоматическое упорядочивание данных для дальнейшего использования.



# Основные инструменты SPC: контрольный листок

Пример контрольного листа для процесса:

**Задача:** выявить изменения в длительности конкретной операции бизнес-процесса.

**В**

Длительность операции (X): **35,40 + 0,05 мин.**

- **В графе 1** указаны: возможные значения измеряемой величины  $X_i$ .
- **В графе 2:** отклонения от номинала  $\Delta X_i$ .
- **В графе 3:** отметки о результатах измерений (наблюдений).

Для удобства подсчета результатов эта графа может быть разделена на интервалы.

Измер. знач. $X_i$	Откл. от ном. $\Delta X_i$	Результаты измерения																				Час-тога $m_i$	Относ. частота $m_i/\sum m_i$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	2	3																				4	5
	-7																					0	0
	-6																					0	0
35,35	-5	█																				1	0,014
	-4	██																				3	0,043
	-3	███																				3	0,043
	-2	████																				4	0,057
	-1	█████																				8	0,114
35,40	0	██████																				12	0,171
	1	███████																				15	0,214
	2	███████																				9	0,128
	3	███████																				6	0,086
	4	███████																				4	0,057
35,45	5	███████																				2	0,028
	6	███████																				2	0,028
	7	███████																				1	0,014
		Сумма $\sum m_i$																				70	1,000



Для получения информации: длительность операции фиксировалась в течение 20 дней

# Основные инструменты SPC: контрольный листок

Длительность операции (X): **35,40 + 0,05 мин.**

Измер. знач. $X_i$	Откл. от ном. $\Delta X_i$	Результаты измерения																				Частота $m_i$	Относ. частота $m_i/\sum m_i$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	2	3																			4	5	
	-7																					0	0
	-6																					0	0
35,35	-5	█																				1	0,014
	-4	██	█																			3	0,043
	-3	███	██	█																		3	0,043
	-2	████	███	██	█																	4	0,057
	-1	█████	████	███	██	█	█	█	█	█												8	0,114
35,40	0	██████	█████	████	███	██	█	█	█	█	█	█	█	█	█							12	0,171
	1	███████	█████	████	███	██	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█					15	0,214
	2	███████	█████	████	███	██	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				9	0,128
	3	███████	█████	████	███	██	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				6	0,086
	4	███████	█████	████	███	██	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█			4	0,057
35,45	5	███████	█████	████	███	██	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	2	0,028
	6	███████	█████	████	███	██	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	2	0,028
	7	███████	█████	████	███	██	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	1	0,014
											Сумма $\sum m_i$										70	1,000	

- **Графа 5:** при необходимости вносятся результаты расчета относительной частоты появления данного значения размера -  $m_i/\sum m_i$ .
- **Графу 6:** вносятся результаты подсчета числа появлений каждого значения размеров - частота каждого значения за период наблюдений  $m_i$ .

**Для оценки контрольных листов** используется частотный метод. Частота (мода) – определяет объем проявления какого то признака в процессе. Концентрация ресурсов при регламентации процессов происходит на элементах процесса, набравших максимальные частотные значения.

# Основные инструменты SPC: контрольный листок

**Особенность:** процессе построения автоматически происходит построение столбчатой диаграммы - **гистограммы**, показывающей распределение частот тех или иных значений измеряемой величины.

$$f^*(x_i) = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

## Технология определения частоты проявления проблемы:

1. Подсчитывается сумма появлений каждого данного значения по строкам, результат  $m_i$  заносятся в графу 4;
2. Подсчитывается общая сумма всех значений  $m_i$
3. Относительная частота каждого значения определяется как отношение числа в графе 4 к сумме этих чисел:

Сумма относительных частот для всех  $X_i$  должна быть равна 1.

# Основные инструменты SPC: контрольный листок

## Анализ

### таблицы:

- отклонения (-7) и (-6) – не встречались ни разу
- (-5) и (+7) – один раз, (+5) и (+6) – по два раза.
- **Номинальный** размер (длительность) появился 12 раз, отклонение (+1) – 15 раз.
- **Относительная** частота появления первого и второго значений (отклонений –6 и –5) равна 0.

Сумма чисел в этой графе - 70, равно общему числу рассмотренных операций в день

### Расчет

#### частот:

$$f^*(-5) = 1/70 = 0,014$$

$$f^*(-4) = 0,043$$

$$f^*(-3) = 0,067$$

Измер. знач. $X_i$	Откл. от ном. $\Delta X_i$	Результаты измерения																				Час-тота $m_i$	Относ. частота $m_i/\sum m_i$
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
1	2	3																		4	5		
	-7																					0	0
	-6																					0	0
35,35	-5	█																				1	0,014
	-4	██																				3	0,043
	-3	███																				3	0,043
	-2	████																				4	0,057
	-1	█████																				8	0,114
35,40	0	██████																				12	0,171
	1	███████																				15	0,214
	2	███████																				9	0,128
	3	███████																				6	0,086
	4	███████																				4	0,057
35,45	5	███████																				2	0,028
	6	███████																				2	0,028
	7	███████																				1	0,014
											Сумма $\sum m_i$										70	1,000	

**Вывод:** анализ частоты показывает, что чаще наблюдается превышение длине операции, чем ее сокращение.

# Основные инструменты SPC: контрольный листок

Контрольный лист может использоваться для причинного и проблемного анализов:

Условия возникновения ошибок		Команда №1	Команда №2	Команда №3	Команда №4	Всего виды ошибок					
						+	о	+	о		
Пн	до обеда	++	+	+		4	0	10	3		
	после обеда	+	+++	++	о+о	6	3				
Вт	до обеда	+о		+++	оо	2	5	5	5		
	после обеда	++	+			3	0				
Ср	до обеда			++		2	0	7	4		
	после обеда	+++	+++		оо	5	4				
Чт	до обеда	о+	+	о		2	2	6	2		
	после обеда	++		++		4	0				
Пт	до обеда			о	ооо	0	4	5	13		
	после обеда	+оо	ооо	+++	ооо	5	9				
Всего +	до обеда	4	13	2	7	4	12	0	1	10	33
	после обеда	9		5		8		1		23	
Всего о	до обеда	2	5	0	5	4	5	5	12	11	27
	после обеда	3		5		1		7		16	

**Пример фиксации выявленных ошибок процесса:**

В таблице:

+ ошибка, связанная с действием персонала

о ошибка, связанная с техникой

Параметры контрольного листа:

1 – команды (всего 4 команды - №№1-4);

2 - дни недели;

3 – время дня (до или после обеда).

**Вывод:** хуже всех команды 1 и 3; больше ошибок совершается после обеда; ошибки персонала и техники примерно равны; наиболее проблемный день – пятница.

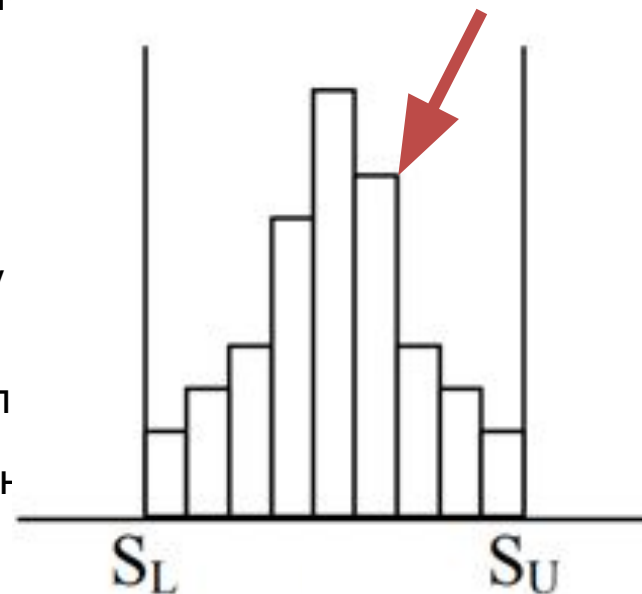
# Основные инструменты SPC: контрольные карты

**2. Контрольные карты** – инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него, предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.

Статистическое управление процессами (SPC) использует методы статистики, чтобы подсказать оператору, когда надо подстраивать процесс, а когда лучше его не трогать

Исследование процесса с помощью контрольных карт способ извлечения данных из процесса, позволяющий нам сказать, соответствуют ли вариации процесса стабильному распределению;

- трансформировать это распределение в нормальную форму
- оценить его среднее значение и стандартное отклонение;
- контрольные пределы устанавливаются так, чтобы для стабильного распределения превышение их нормы составляло только 0,26%.
- Любые изделия, произведенные за границами этих контрольных пределов, указывают, что распределение изменилось.



## Основные инструменты SPC: контрольные карты

**Последовательность построения** контрольной карты типа  $\bar{X}$ -R. Собираются предварительные данные измерений характеристик процессов (в пределах 100).

2. Данные делятся на 4 – 5 групп, равных по количеству, в результате в каждой группе получается по 20 – 25 данных.

№ группы	Измеренные значения				
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
1	53	54	54	54	56
2	55	54	54	53	53
3	55	53	53	53	54
4	56	53	54	54	54
5	55	54	54	54	54
6	54	54	55	53	53
7	55	54	54	54	54
8	56	54	55	54	54

Для регистрации и систематизации предварительных данных используют специальные бланки контрольных листов

# Основные инструменты SPC: контрольные карты

## Последовательность построения контрольной карты

№ группы	Измеренные значения					$\bar{X}$	R
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>		
1	53	54	54	54	56	54,2	3
2	55	54	54	53	53	53,8	2
3	55	53	53	53	54	53,6	2
4	56	53	54	54	54	54,2	3
5	55	54	54	54	54	54,2	1
6	54	54	55	53	53	53,8	2
7	55	54	54	54	54	54,2	1
8	56	54	55	54	54	54,6	2

3. Для каждой группы рассчитывается среднее значение  $\bar{X}$  и размах R.

4. На бланке контрольных карт по горизонтальной оси откладывают значения  $\bar{X}$  и R, а по вертикальной оси – номера групп.

5. Находятся средние значения  $\bar{\bar{X}}$  и  $\bar{R}$  для  $\bar{X}$  и R каждой группы.

Эти средние значения определяют среднюю линию контрольного диапазона.



# Основные инструменты SPC: контрольные карты

## Последовательность построения контрольной карты типа X-R.

6. Формируются контрольные границы: для X-карты и R-карты.

Количество выборок	$A_2$	$D_3$	$D_4$
2	1,88	-	3,267
3	1,023	-	2,575
4	0,729	-	2,282
5	0,577	-	2,115
6	0,483	-	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,023	1,777

Формулы расчета контрольных границ для среднего значения  $\bar{X}$  и размаха  $R$

□ Для  $\bar{X}$ -карты:

- верхняя контрольная граница ВКГ =  $\bar{X} + A_2 \bar{R}$  ;
- нижняя контрольная граница НКГ =  $\bar{X} - A_2 \bar{R}$  ;

□ Для  $R$ -карты:

- верхняя контрольная граница ВКГ =  $D_4 \bar{R}$  ;
- нижняя контрольная граница НКГ =  $D_3 \bar{R}$  .

2. При выходе значения за контрольные границы считается, что в действии неслучайная причина, которая способна вывести процесс из статистического управляемого состояния и привести к появлению брака.

# Основные инструменты SPC: контрольные карты

## Пример построения контрольной карты типа

Имеется организация, занимающаяся оформлением документов. Срок оформления – длительный (до 50 дней).

**Проблема:** организация получила много жалоб клиентов на слишком большую длительность оформления.

**Задача:** определить – является ли это системной проблемой или результат случайностей.

**Таблица результатов сбора статистики**

Неделя	Продолжительность (дни)					$\bar{X}$	R
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

Для решения проблемы: были собраны данные для проверки продолжительности цикла оформления документов на основании пяти обращений в каждую неделю

Размер выборки для анализа: 5 обращений в каждую неделю ( $n = 5$ ).

Показатель  $X$  – продолжительность подготовки документа.

# Основные инструменты SPC: контрольные карты

## Пример построения контрольной карты типа

### X-R. 1. Расчет коэффициентов контрольных

Количество выборок	$A_2$	$D_3$	$D_4$
2	1,88	-	3,267
3	1,023	-	2,575
4	0,729	-	2,282
5	0,577	-	2,115

Для объёма выборки  $n = 5$  значения  $A_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$  составляют: 0,577; 0 и 2,115

### 2. Расчет параметров контрольных границ X-

□ Для  $\bar{X}$ -карты:

- верхняя контрольная граница ВКГ =  $\bar{X} + A_2 \bar{R}$  ;
- нижняя контрольная граница НКГ =  $\bar{X} - A_2 \bar{R}$  ;

Среднее значение  $\bar{X}$  и  $\bar{R}$  по всем неделям

составит:  
 $\bar{X} = 42,6$ ,  $\bar{R} = 24,4$

Верхняя контрольная граница

ВКГ =  $42,6 + 0,577 * 24,4 = 56,68$

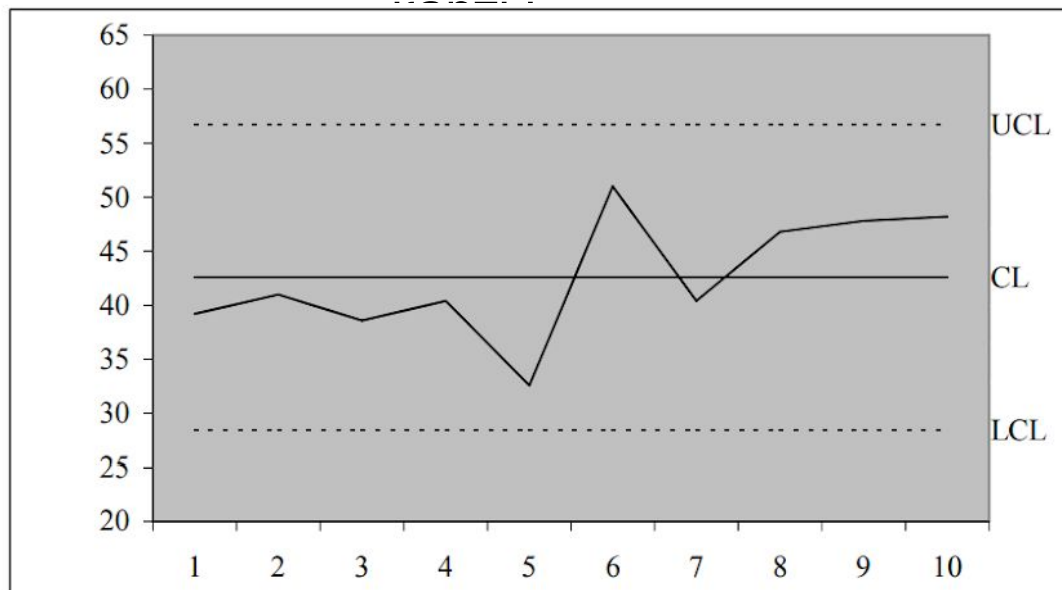
Нижняя контрольная граница

НКГ =  $42,6 - 0,577 * 24,4 = 28,52$

$\bar{X}$	R
39,2	18
41	23
38,6	20
40,4	27
32,6	16
51	32
40,4	21
46,8	27
47,8	36
48,2	24

# Основные инструменты SPC: контрольные карты

## Пример построения контрольной карты типа X-R. 2.1. Формирование контрольной X-



ВКГ (UCL) = 56,68  
НКГ (LCL) = 28,52

Вывод: колебания параметра X (продолжительность подготовки) не выходят за пределы контрольных границ.

## 2. Расчет параметров контрольных границ R-

Среднее значение X и R по всем неделям

составит:  
 $\bar{X} = 42,6$ ,  $\bar{R} = 24,4$

Верхняя контрольная граница

составит:  $51,6$   
 $42,6 + 24,4 * 2,115 = 51,6$

Нижняя контрольная граница

составит:  $0$   
 $42,6 - 24,4 * 2,115 = 0$

□ Для R-карты:

- верхняя контрольная граница ВКГ =  $D_4 \bar{R}$  ;
- нижняя контрольная граница НКГ =  $D_3 \bar{R}$  .

# Основные инструменты SPC: контрольные карты

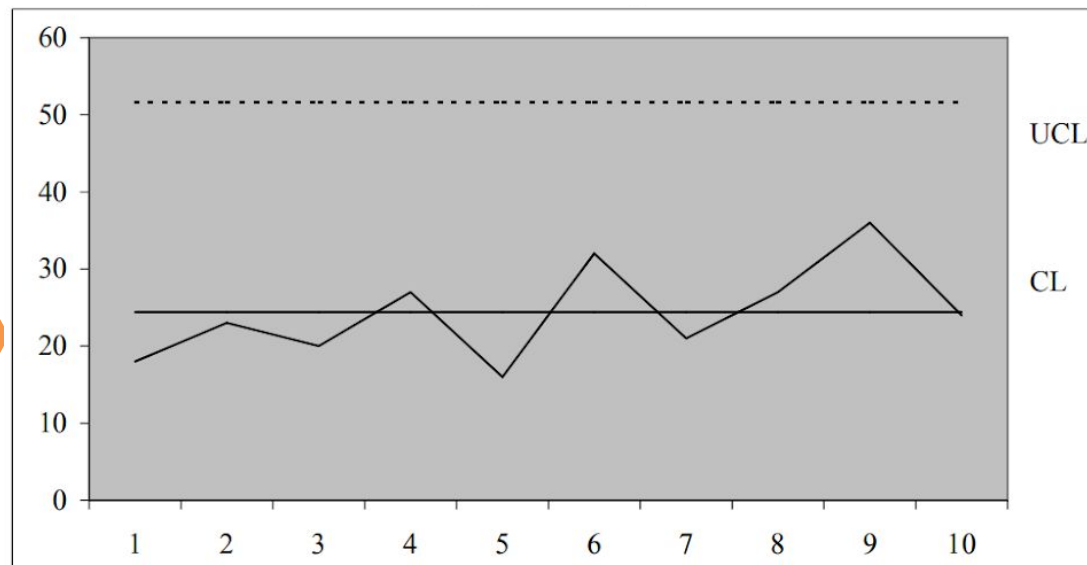
## Пример построения контрольной карты типа

X-R. 2.1. Формирование контрольной R-

ВКГ (UCL) = 52,0

НКГ (LCL) = 0

Вывод: колебания параметра R (размах между предельными значениями) не выходят за пределы контрольных границ.



### Общие выводы:

1. Ни среднее, ни диапазон не потеряли статистической управляемости, системной (неслучайной) причины проблемы не обнаружено.
2. Сотрудники не могли предпринять системных действий для исправления ситуации (проблемы были каждый раз новые).
3. Руководство должно проанализировать применяемые методы работы с целью упорядочения процесса и применения в работе учреждения методов, используемых в поточном производстве.

# Анализ индексов воспроизводимости качества

**Основа определения** уровня качества: понимание требований потребителя, относительно результатов выходного процесса.

**Соответствие требованиям:** формирует обеспечение качества бизнес-процессов.

## 1.Метод регламентация качества процессов на основе картированной информации:

- На основе требований потребителя к качеству выпускаемой продукции, устанавливаются нормативные уровни годной продукции на каждом процессе.
- Выбирается комплексный показатель, который в условных единицах позволял бы оценивать качество процесса в зависимости от величины его рассеяния и смещения
- оценка должна базироваться на измерении нескольких независимых показателей, характеризующих текущие настройки процесса.

**Ср** – показатель качества результатов бизнес-процесса.

Уровень качества  $\bar{C}_p$  зависит от того, насколько велика доля изделий, для которых признак  $X$  находится в поле допуска (НКГ; ВКГ)

# Анализ индексов воспроизводимости качества

Доля качественных изделий в общем объеме продукции за период

$$C_p = \frac{ВКГ - НКГ}{6\sigma}$$

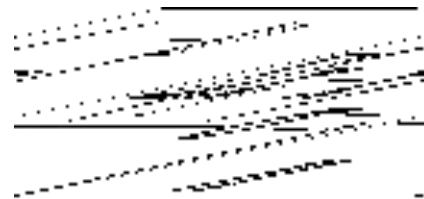
Где:

ВКГ, НКГ – верхние и нижние контрольные границы допуска.

$\sigma$  - среднее квадратическое отклонение.

Чем больше значение коэффициента  $C_p$ , тем больше заданный допуск по сравнению с естественным рассеянием процесса, то есть протяженностью  $6\sigma$  интервала (НКГ; ВКГ),

Среднее квадратическое отклонение



На основе доли качественных изделий рассчитывается интегральный показатель качества процесса  $C_{pk}$ :

$$C_{pk} = (1 - K)C_p$$

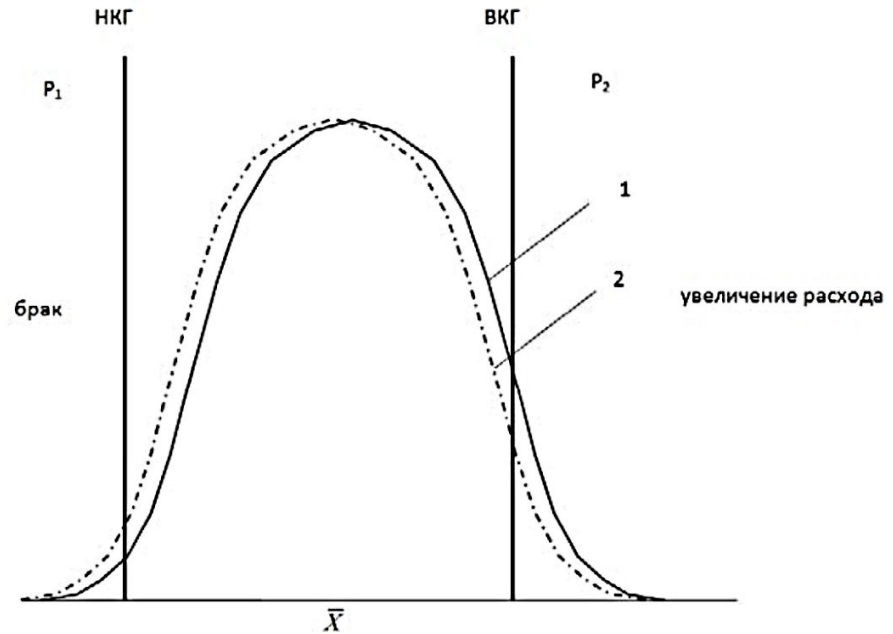
Где:

$$K = \frac{\left| \frac{ВКГ + НКГ}{2} - \bar{X} \right|}{\frac{(ВКГ - НКГ)}{2}}$$

# Анализ индексов воспроизводимости качества

2. Метод оценки уровня качества процессов, учитывающий экономические риски (связанные с выходом параметров изделий за границы поля допуска)

**Суть метода:** расчет показателя, в котором будут заложены объем продукции, вероятность появления несоответствий, уровень возможных экономических потерь от них.



Экономический показатель качества процесса  $Q_{эк}$ :

$$Q_{эк} = P_1 \mathcal{E}_1 + P_2 \mathcal{E}_2$$

Где:

$P_1$  – вероятность выхода продукции за НКГ;

$P_2$  – вероятность выхода продукции за ВКГ;

$\mathcal{E}_1$  – экономические потери, связанные с выходом продукции за НКГ;

$\mathcal{E}_2$  – экономические потери, связанные с



# Анализ индексов воспроизводимости качества

2. Метод оценки уровня качества процессов, учитывающий экономические риски (связанные с выходом параметров изделий за границы поля допуска)  
Расчет вероятности экономических потерь РЭ

$$P_1 \mathcal{E}_1 = \sum p_i \mathcal{E}_i$$

Где:

$p_i$  – вероятность появления заранее предполагаемого перерасхода ресурсов;

$\mathcal{E}_i$  – экономические потери, связанные с данным конкретным уровнем перерасхода ресурсов (рассчитанные на единицу продукции / услуг).

Расчет вероятности экономических потерь РЭ с учетом объема выходного процесса

$$Q_{\text{ЭК}} = V(\sum p_i \mathcal{E}_i + P_2 \mathcal{E}_2)$$

V - объем выпускаемой продукции.

## Вариант А.

За 10 месячный период при в организации было 120 случаев обработки и реализации документов.

### Из них:

в 48 случаях было затрачено 27 тыс. р. (**вероятность:  $48 / 120 = 0,4$** );

в 36 случаях затрачено 20 тыс. р. (**вероятность  $36 / 120 = 0,3$** );

в 36 случаях затрачено 30 тыс. р. (**вероятность  $36 / 120 = 0,3$** )

### Среднее ожидаемое значение:

$27 \times 0,4 + 20 \times 0,3 + 30 \times 0,3 = 26$  тыс.р.

# Использование средних величин в статистической оценке качества

Для СРС используются средние величины, позволяющие выявлять отклонения показателя в процессе.

**Средние статистические величины** - обобщающие показатели, которые характеризуют типичный уровень варьирующегося признака в расчете на единицу совокупности.

средняя арифметическая простая и взвешенная

средняя гармоническая

средняя хронологическая

средняя геометрическая

$$X = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{\sum x_i f_i}{f_i}$$

1. **Расчет** средней арифметической:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum x}{n}$$

где:

x – значение показателя;  
n – количество вариантов.

2. **Расчет** средней арифметической взвешенной (применяется, если варианты повторяются некоторое число раз по нескольким группам).

где:

x – числовое значение показателей.

f – значение частоты (как часто встречается в числовой ряду).

**Пример расчета средних величин:** найти среднюю взвешенную заработную плату работников организации за месяц.

Зарплата одного рабочего тыс.руб; X	Число рабочих F
32	20
33	35
34	14
40	6
Итого:	75

Средняя заработная плата рассчитывается путем деления общей суммы заработной платы на общее число работников:

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{\sum_{i=1}^n x_i f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} = \frac{x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_n f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n} = \frac{32 \cdot 20 + 33 \cdot 35 + 34 \cdot 14 + 40 \cdot 6}{20 + 35 + 14 + 6} = \\ &= \frac{640 + 1155 + 476 + 240}{75} = \frac{2511}{75} = 33,48 \end{aligned}$$

## Средний уровень ряда. Средний абсолютный прирост.

Для статистического анализа процесса в динамике рассчитываются показатели: средний уровень ряда, средний абсолютный прирост.

**3. Средний уровень моментного ряда  $\bar{Y}$**  – характеризует типическую величину абсолютных уровень. Формула расчета:

$$\bar{Y} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n}$$

Где:  $y_1, y_2, y_n$  – фактический размер каждого уровня ряда.

$n$  – общее число уровней.

Наименование	1999	2000	2001	2002	2003
Объем промышленной продукции	3150	4763	5881	6801	8498

**На примере** таблицы:

$$\bar{Y} = (3150 + 4763 + 5881 + 6801 + 8498) / 5 = 29093 / 5 = 5818,6$$

## Средний уровень ряда. Средний абсолютный прирост.

**4.Средний абсолютный прирост** – обобщающая характеристика индивидуальных абсолютных приростов ряда динамики.

**Метод расчета:** сумму цепных приростов  $\sum \Delta Y$  делится на число приростов  $n$ .

**Пример расчета** в таблице:

$$\Delta Y = \frac{\sum Y}{n}$$

Где:  $\sum \Delta Y$  – сумма цепных приростов  $(Y_i - Y_{i-1})$ .  
 $n$  – число приростов.

$$\begin{aligned} \Delta Y &= (4763-3150) + (5881- 4763) + (6801 - 5881) + (8498 - 6801) / 4 = \\ &= (1613 + 1118 + 920 + 1697) / 4 = 5348 / 4 = 1377 \end{aligned}$$

## Средний уровень для интервального ряда

### 5. Средний уровень для интервального ряда

Рассчитывается в зависимости от объема информации о ряде. Если известны данные об изменении уровня ряда внутри временного промежутка - средний уровень определяется как средняя арифметическая взвешенная:

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i t_i}{\sum t_i},$$

Где:

$y_i$  — уровень моментного динамического ряда;

$t_i$  — период, в течение которого уровень  $y_i$  остался неизменным.

# Пример расчета среднего уровня интервального ряда

**Остаток средств на расчетном счете** предприятия ( $y_i$ ):

на 1.01 составил 100 тыс. руб.,

10.01 поступило 250 тыс. руб.,

15.01 списано со счета 15 тыс. руб.,

руб.,

18.01 снято со счета 180 тыс. руб.,

25.01 поступило 420 тыс. руб.

**Других изменений** до конца месяца не было.

**Задача:** Рассчитать средний остаток средств на расчетном счете за месяц месяца

Формирование аналитической таблицы:

Расчет  
таблицы:

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i t_i}{\sum t_i},$$

$y = 8765/31 = 282,7$  тыс. руб.  
на 01 месяц.

Календарный период	Остаток средств $y_i$ , тыс. руб.	Период $t_i$ , дней	$y_i t_i$
1.01—9.01	100	9	900
10.01—14.01	350	5	1750
15.01—17.01	335	3	1005
18.01—24.01	155	7	1085
25.01—31.01	575	7	4025
Итого		31	8765

## Пример расчета среднего уровня интервального ряда

**Если нет информации** об изменении уровня ряда внутри временного промежутка, то средний уровень определяется как средняя арифметическая взвешенная из парных смежных средних:

$$\bar{y} = \frac{\sum \tilde{y}_i t_i}{\sum t_i},$$

Где:

$t_i$  — период сохранения среднего значения  $y_i$ ;

$\tilde{y}_i$  — смежные парные средние –  
рассчитываются как средняя арифметическая простая  
из двух рядом стоящих уровней:



# Пример расчета среднего уровня интервального ряда

Товарные запасы в магазине составили (тыс. руб.):

на 1.01 — 600;

на 1.04 — 750;

на 1.08 — 500;

на 1.11 — 620;

на 1.01 следующего года — 800.

**Задача:** Рассчитать среднегодовой товарный запас в магазине.

## Формирование аналитической таблицы:

Даты учета	$y_i$ , тыс. руб.	$\tilde{y}_i$ , тыс. руб.	$t_i$ , месяц	$\tilde{y}_i t_i$
1.01	600	675 625 560 710		
1.04	750		3	2025
1.08	500		4	2500
1.11	620		3	1680
1.01	800		2	1420
Итого			12	7625

**Расчет** среднего арифметического смежного по уровням  $\tilde{Y}_i$ :

$\tilde{Y}_1$  (1.01 по 1.04) =  $(600 + 750) / 2 = 675$  тыс.руб.

$\tilde{Y}_2$  (1.04 по 1.08) =  $(750 + 600) / 2 = 625$  тыс.руб.

$\tilde{Y}_3 = 560$  тыс.руб.

$\tilde{Y}_4 = 710$  тыс.руб.

Расчет значения за период  $\tilde{Y}_i t_i$ :

$675 * 3 = 2025$

$625 * 4 = 2500$

$560 * 3 = 1680$

$710 * 2 = 1420$

**Расчет** среднегодового остатат

$$\bar{y} = \frac{\sum \tilde{y}_i t_i}{\sum t_i}$$

$\bar{y} = 7625 / 12 = 635$  тыс. руб.

**Спасибо за внимание!**