Стандартизация, сертификация и управление качеством в процессах ОМД

2 АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И УПРАВЛЯЕМОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

© Румянцев М.И., проф., канд. техн. наук, 2006-2013
под адаптивной редакцией доцента Левандовского С.А. © 2016
каф. ТОМ, МГТУ им. Г.И. Носова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Анализ возможностей и управляемости процесса является *исследованием изменчивости и распределения процесса* с целью оценки его способности изготавливать продукцию в рамках вариации, разрешенной в технических требованиях.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

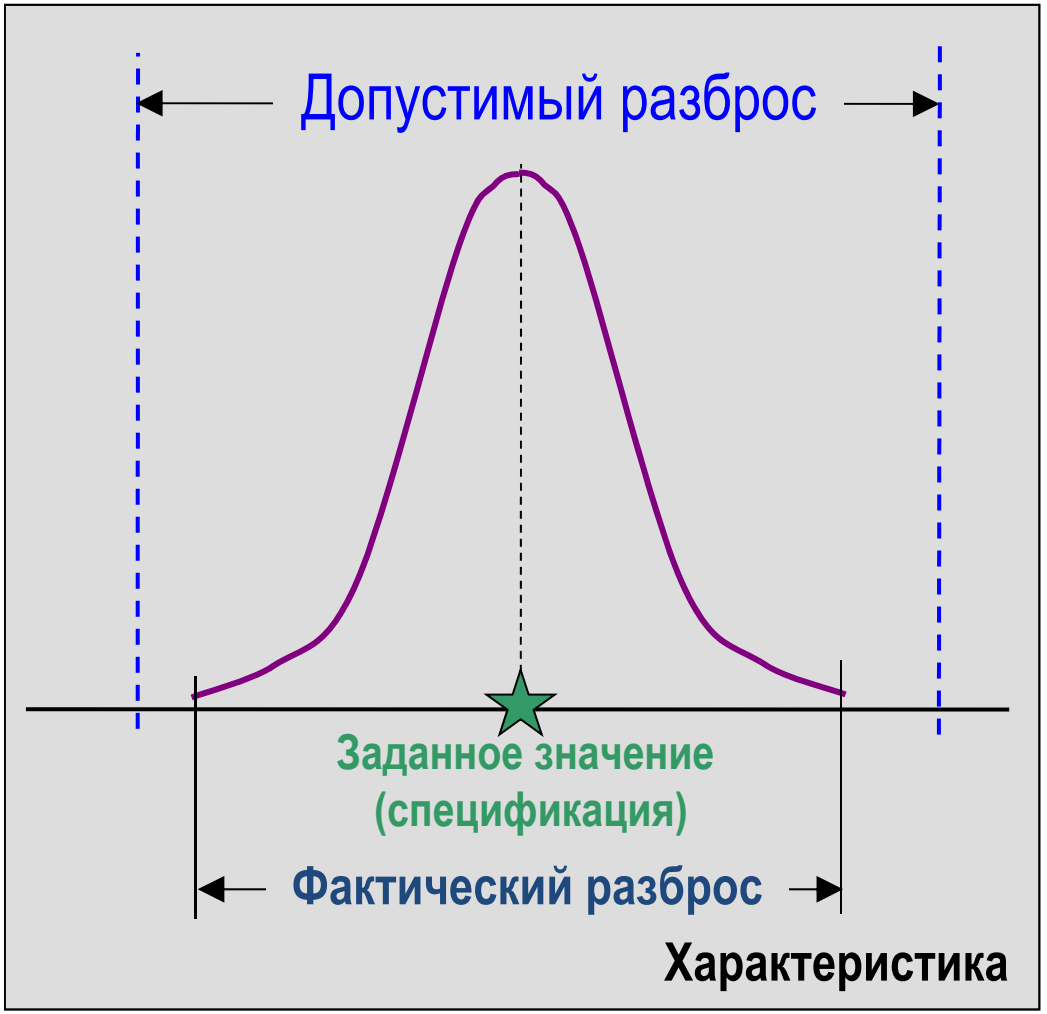
Анализ возможностей и управляемости процесса используется

- для **определения способности** процесса производить продукцию, соответствующую установленным требованиям;
- для **оценки** ожидаемого количества **несоответствующей продукции**;
- для **выбора процессов и оборудования**, способных производить продукцию необходимого качества.

СОСТОЯНИЕ ПРОЦЕССА (ПРИМЕР 1)

- Фактический разброс меньше допустимого
- Отклонение от спецификации отсутствует

ПОТЕРЯ КАЧЕСТВА НЕ НАБЛЮДАЕТСЯ

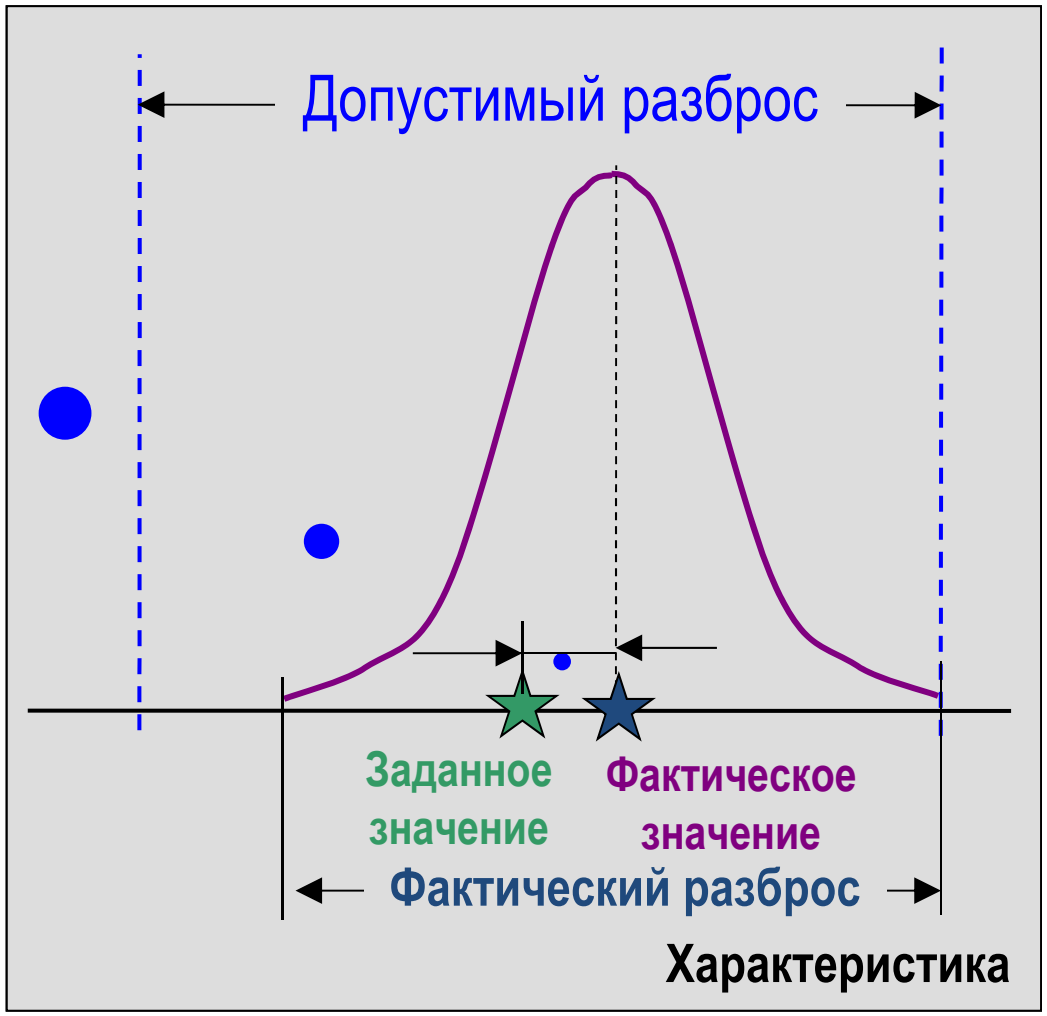


СОСТОЯНИЕ ПРОЦЕССА (ПРИМЕР 2)

ОТКЛОНЕНИЕ ОТ ЗАДАННОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ

- Наблюдается отклонение фактического значения от заданного
- Фактический разброс не выходит за пределы допустимого

ТЕНДЕНЦИЯ К ПОТЕРЕ КАЧЕСТВА

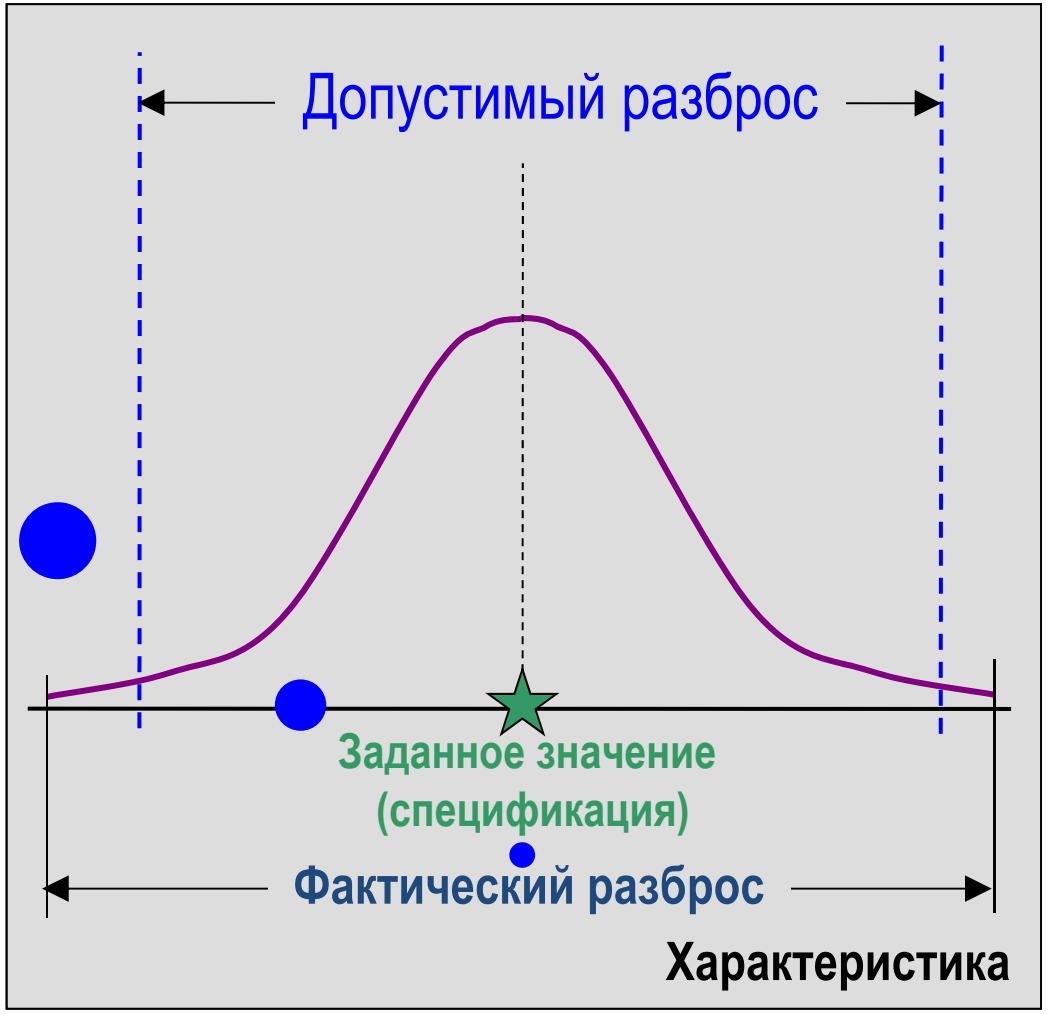


СОСТОЯНИЕ ПРОЦЕССА (ПРИМЕР 3)

СЛИШКОМ БОЛЬШОЙ РАЗБРОС ОТНОСИТЕЛЬНО СПЕЦИФИКАЦИИ

- Отклонение от заданной спецификации отсутствует
- Фактический разброс больше допустимого

ПРОИЗОШЛА ПОТЕРЯ КАЧЕСТВА

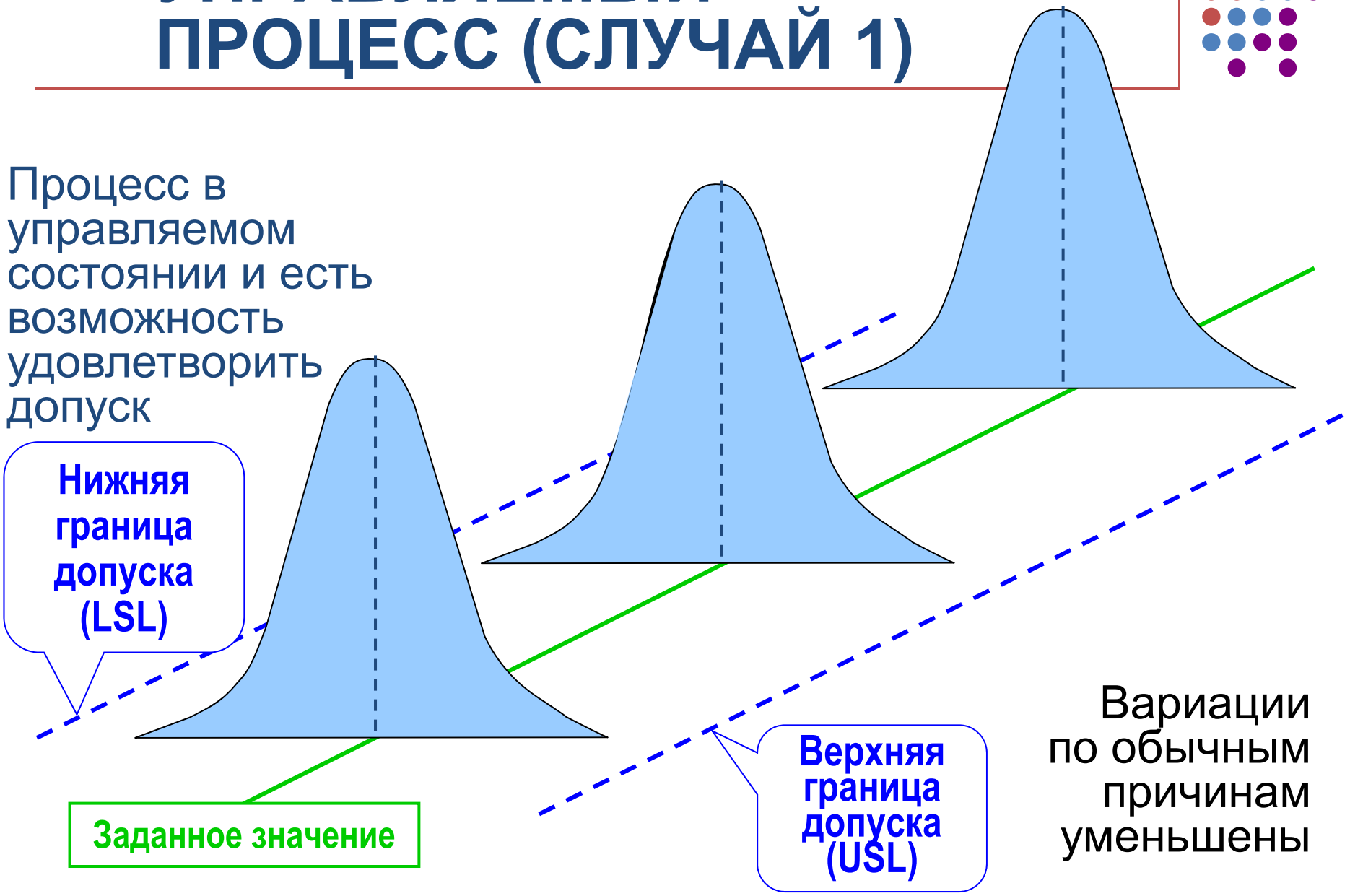


ВОЗМОЖНОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ ПРОЦЕССА

Возможности (соответствие требованиям)	Управляемость	
	Управляем	Неуправляем
Приемлем	СЛУЧАЙ 1	СЛУЧАЙ 3
Неприемлем	СЛУЧАЙ 2	СЛУЧАЙ 4

ПРИЕМЛЕМЫЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ ПРОЦЕСС (СЛУЧАЙ 1)

Процесс в управляемом состоянии и есть возможность удовлетворить допуск



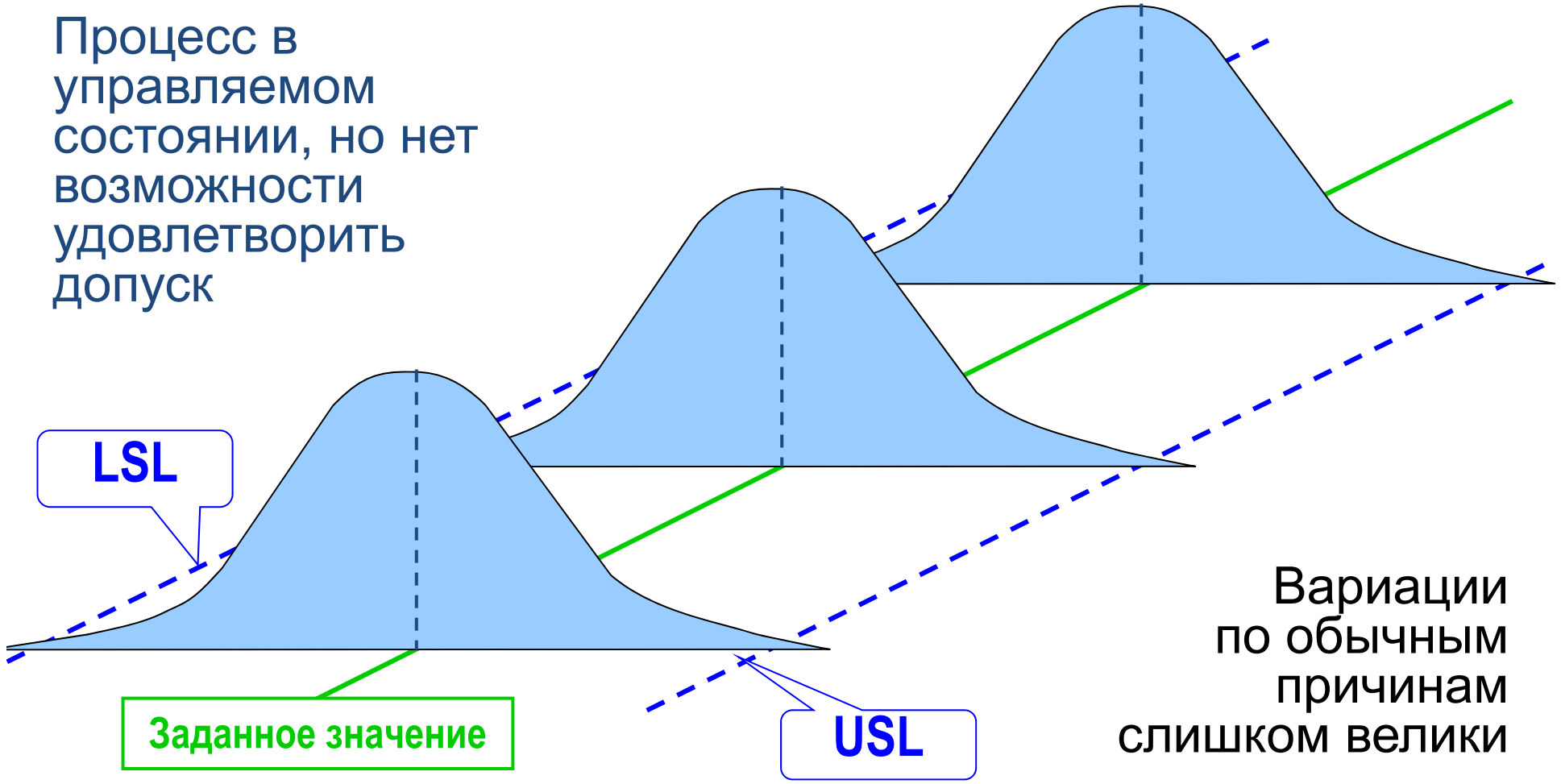
Вариации по обычным причинам уменьшены

ВОЗМОЖНОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ ПРОЦЕССА

Возможности (соответствие требованиям)	Управляемость	
	Управляем	Неуправляем
Приемлем	СЛУЧАЙ 1	СЛУЧАЙ 3
Неприемлем	СЛУЧАЙ 2	СЛУЧАЙ 4

НЕПРИЕМЛЕМЫЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ ПРОЦЕСС (СЛУЧАЙ 2)

Процесс в управляемом состоянии, но нет возможности удовлетворить допуск



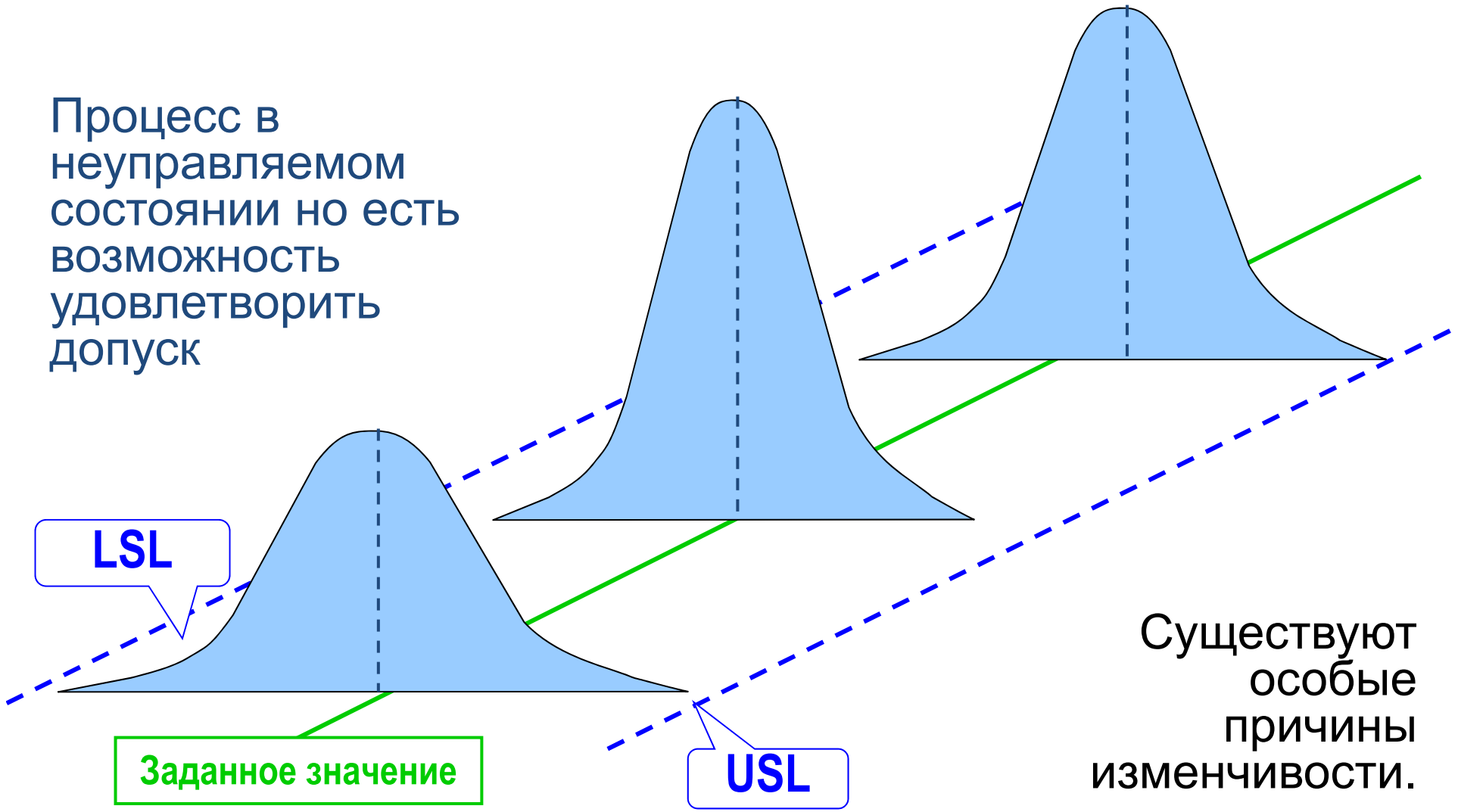
Вариации по обычным причинам слишком велики

ВОЗМОЖНОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ ПРОЦЕССА

Возможности (соответствие требованиям)	Управляемость	
	Управляем	Неуправляем
Приемлем	СЛУЧАЙ 1	СЛУЧАЙ 3
Неприемлем	СЛУЧАЙ 2	СЛУЧАЙ 4

ПРИЕМЛЕМЫЙ НЕУПРАВЛЯЕМЫЙ ПРОЦЕСС (СЛУЧАЙ 3)

Процесс в неуправляемом состоянии но есть возможность удовлетворить допуск



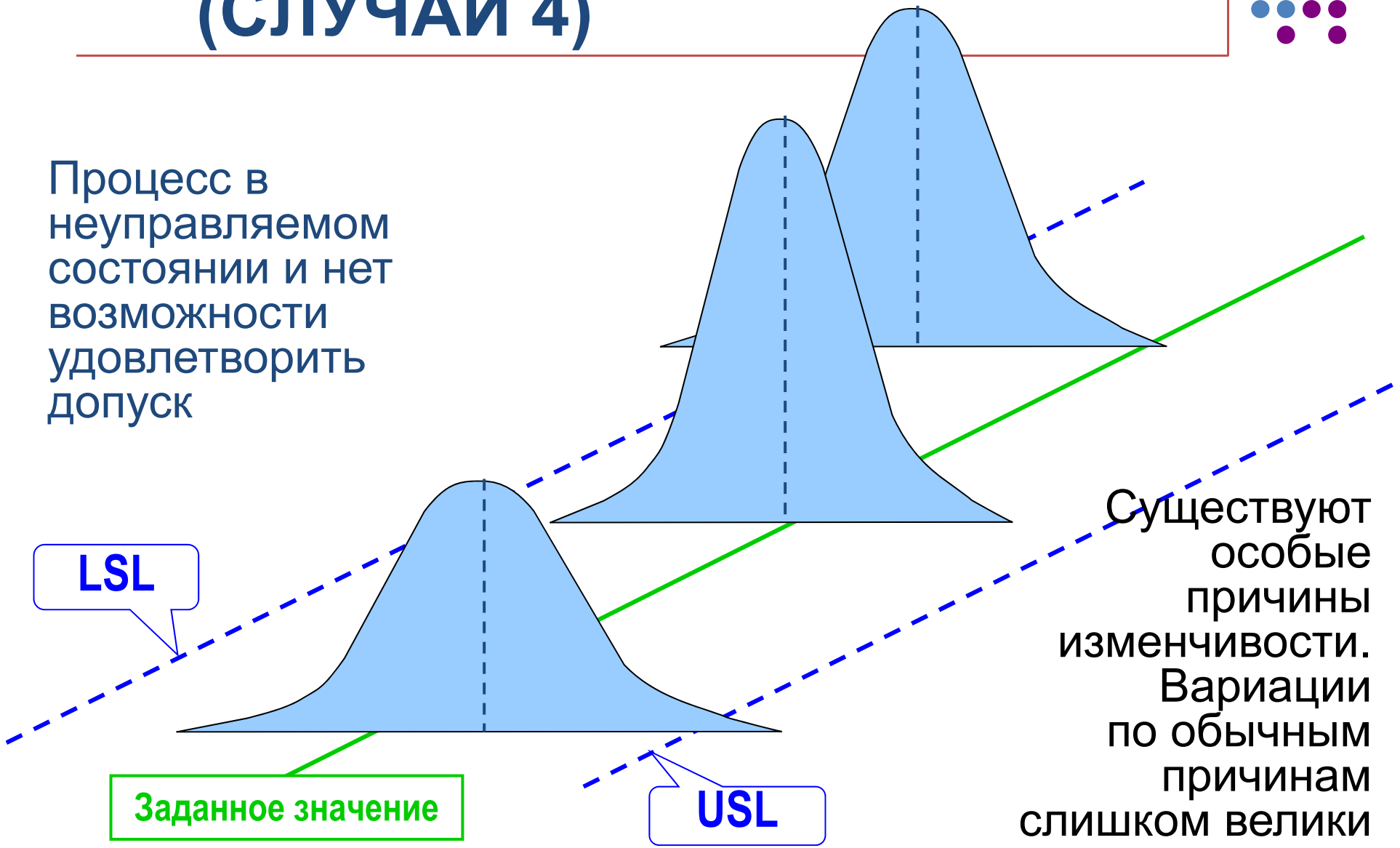
Существуют особые причины изменчивости.

ВОЗМОЖНОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ ПРОЦЕССА

Возможности (соответствие требованиям)	Управляемость	
	Управляем	Неуправляем
Приемлем	СЛУЧАЙ 1	СЛУЧАЙ 3
Неприемлем	СЛУЧАЙ 2	СЛУЧАЙ 4

НЕПРИЕМЛЕМЫЙ НЕУПРАВЛЯЕМЫЙ ПРОЦЕСС (СЛУЧАЙ 4)

Процесс в неуправляемом состоянии и нет возможности удовлетворить допуск



Существуют особые причины изменчивости. Вариации по обычным причинам слишком велики

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИЕМЛЕМОГО НЕУПРАВЛЯЕМОГО ПРОЦЕССА

Потребитель может позволить поставщику использовать процесс, относящийся к случаю 3, если:

- Потребитель нечувствителен к изменчивости внутри допуска.
- Экономические затраты, связанные с действиями по устранению особых причин, превышают выгоду одного или нескольких потребителей. Экономически допустимые особые причины могут включать износ и заточку инструмента, циклические (сезонные) вариации и т.п.
- Особые причины были идентифицированы и документированы как устойчивые и предсказуемые.

ТРЕБОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ ДЛЯ ПРИЕМЛЕМОГО НЕУПРАВЛЯЕМОГО ПРОЦЕССА

- Процесс должен пройти несколько циклов непрерывного совершенствования, т.е. быть отработанным.
- Для допустимой особой причины должна быть показана устойчивость ее действия на продолжении известного интервала времени.
- Должна действовать программа качества, которая обеспечивает соответствие требования выхода процесса и защиту от всех других особых причин или неустойчивости в допустимых особых причинах.

ХАРАКТЕРИСТИКИ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА

Характеристиками качества процесса являются т.н. *индексы* – показатели, с помощью которых оценивают возможности процесса по обеспечению требуемого результата его осуществления в течении длительного времени.

ИНДЕКС ПРИГОДНОСТИ БЕЗ УЧЕТА ЦЕНТРОВКИ

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6 s_N}$$

Определяется по совокупности k выборок $\{\{x_i\}_{nj}\}_k$, каждая из которых была получена в некоторый (j – й) момент времени наблюдения за процессом

Вариация показателя качества симметрична относительно середины поля допуска

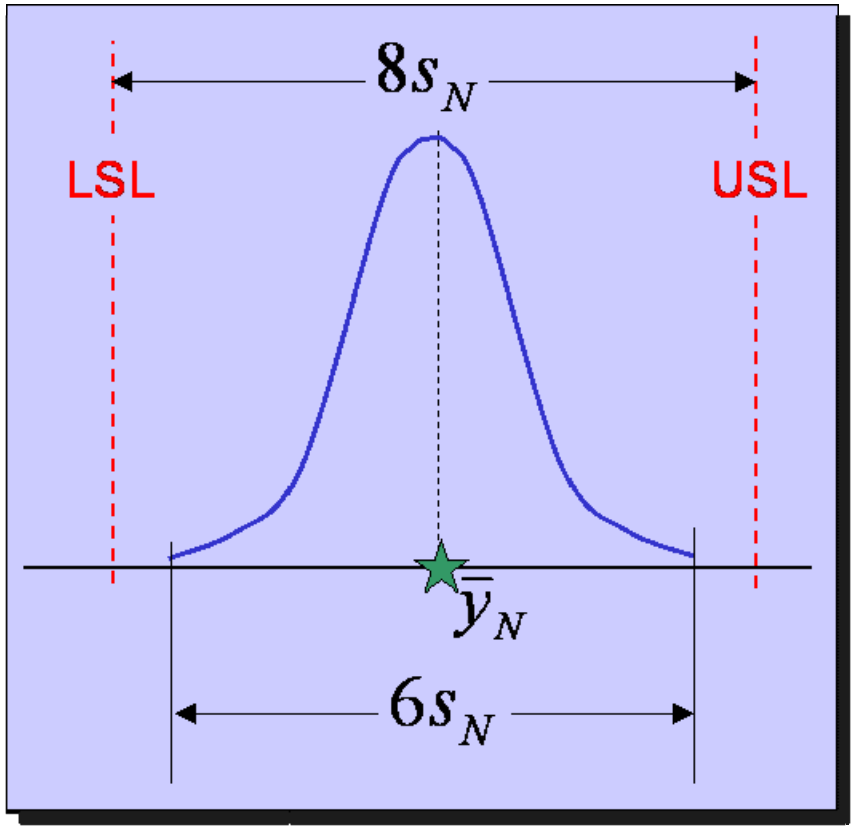
$$s_N = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(y_i - \bar{y}_N\right)^2}$$

$$\bar{y}_N = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} y_i$$

$$\bar{y}_N = \frac{LSL + USL}{2}$$

$$N = n_1 + \ldots + n_j + \ldots n_k$$

ГОДНОСТЬ ХОРОШАЯ



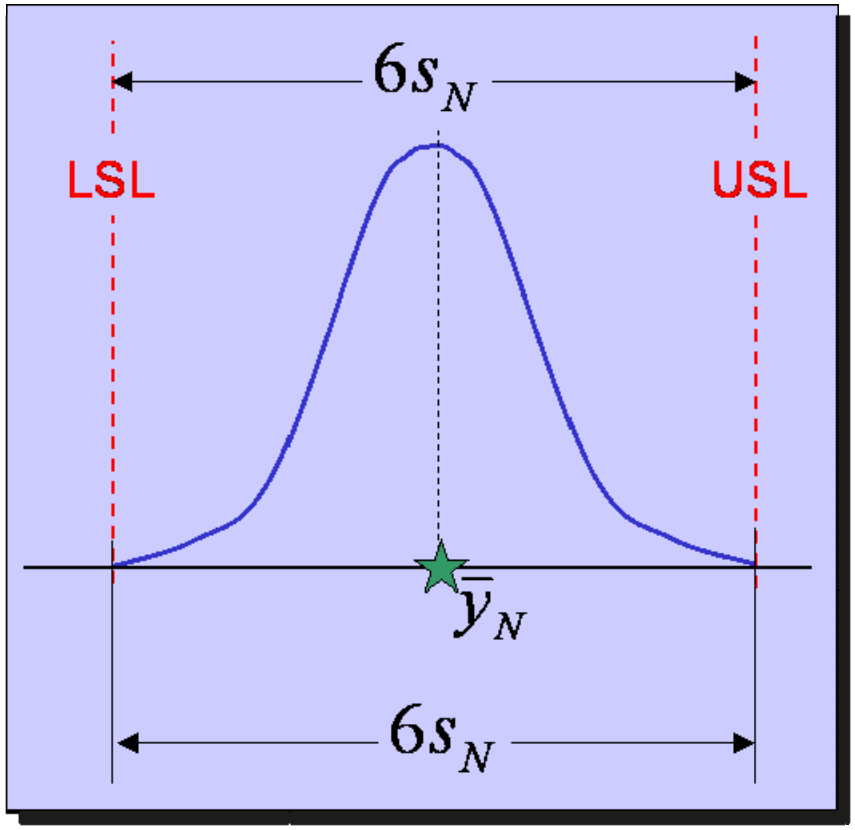
ВЫХОД БРАКА < 0,06%

$$\frac{8s_N}{6s_N} = 1{,}33$$

Если P_p> 1,33:

- Годность хорошая
- Необходимость вмешательства отсутствует

ГОДНОСТЬ УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ



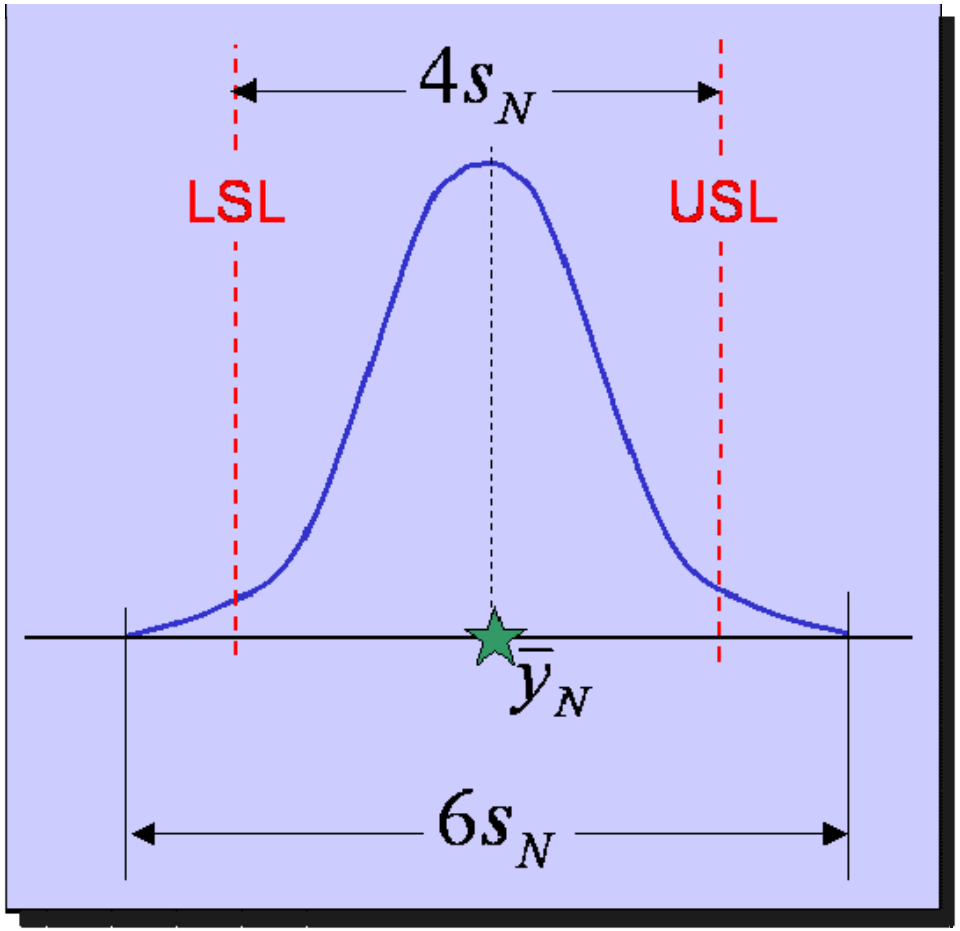
ВЫХОД БРАКА 0,06-0,3%

$$\frac{6\,s_N}{6\,s_N} = 1,00$$

Если 1,00<P_p< 1,33:

- Годность удовлетворительная
- ⚠ Желательно улучшить стабильность процесса

ГОДНОСТЬ ПЛОХАЯ



ВЫХОД БРАКА 0,3-4,55%

$$\frac{4s_N}{6s_N} = 0{,}67$$

Если 0,67<P_p< 1,00:

- Годность плохая
- Необходимо срочное вмешательство

ИНДЕКС ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ БЕЗ УЧЕТА ЦЕНТРОВКИ

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6s_{усp}}$$

Вариация показателя качества симметрична относительно срединны поля допуска

Сначала определяются выборочные средние и стандартные отклонения для единичных выборок, а затем производится усреднение результатов

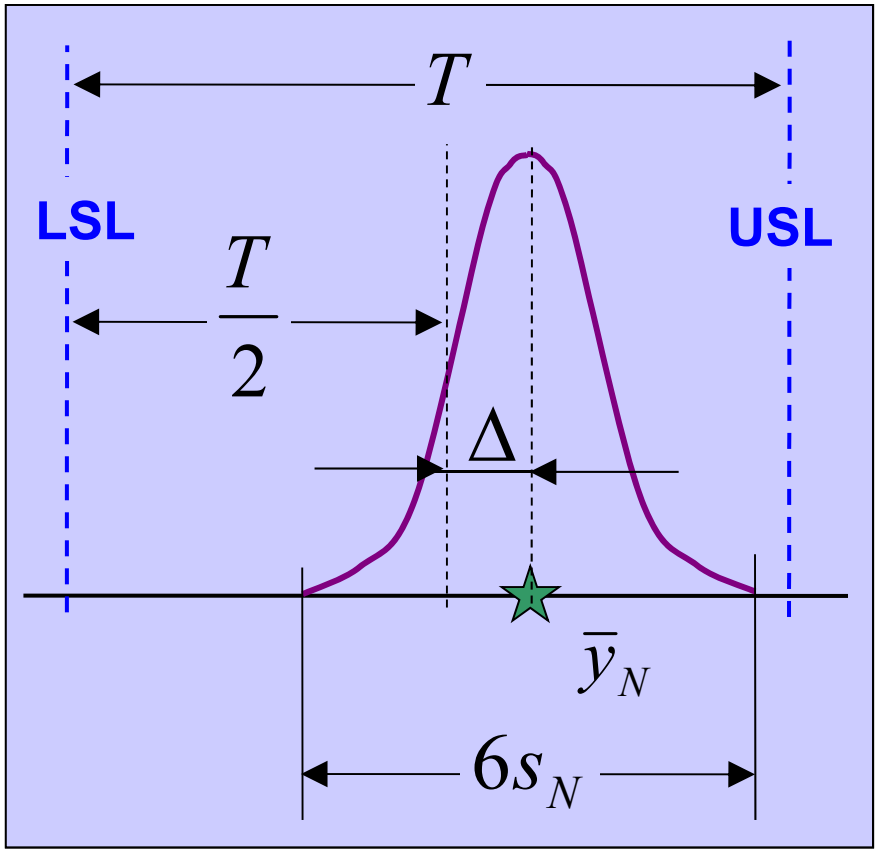
$$s_{усp} = \sqrt{\frac{s_1^2 + \ldots + s_j^2 + \ldots s_k^2}{k}}$$

$$s_j = \sqrt{\frac{1}{n_j - 1}\sum_{i=1}^{n_j}\left(y_{ij} - \bar{y}_j\right)^2}$$

$$\bar{y}_{усp} = \frac{LSL + USL}{2} \qquad \bar{y}_{усp} = \frac{\bar{y}_1 + \ldots + \bar{y}_j + \ldots + \bar{y}_k}{k} \qquad \bar{y}_j = \frac{1}{n_j}\sum_{i=1}^{n_j} y_{ij}$$

ИНДЕКС ГОДНОСТИ С УЧЕТОМ ЦЕНТРОВКИ

Центр рассеяния процесса смещен относительно середины поля допуска



Коэфициент смещения:

$$k = \frac{\Delta}{T/2}$$

$$P_{pk} = min\left\{\frac{USL - \bar{y}_N}{3s_N}; \frac{\bar{y}_N - LSL}{3s_N}\right\}$$

В качестве индекса годности с учетом центровки принимается меньшее из двух указанных соотношений

ВЕРХНИЙ ИНДЕКС ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ

$$CPU = \frac{USL - \bar{y}_{ycp}}{3s_{ycp}}$$

Характеризует отклонение центра рассеяния процесса от верхней границы допуска в сравнении с действительным разбросом процесса около верхней границы

НИЖНИЙ ИНДЕКС ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ

$$CPL = \frac{\bar{y}_{ycp} - LSL}{3s_{ycp}}$$

Характеризует отклонение центра рассеяния процесса от нижней границы допуска в сравнении с действительным разбросом процесса около нижней границы

ИНДЕКС ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ С УЧЕТОМ ЦЕНТРОВКИ

$$C_{pk} = min\left\{CPU; CPL\right\}$$

В качестве индекса воспроизводимости с учетом центровки принимается меньшее из CPU и CPL

Характеризует отклонение центра рассеяния процесса от ближайшей границы допуска в сравнении с половиной присущей процессу изменчивости

ДЕЙСТВИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ ИНДЕКСОВ

Значение индекса	Возможный выход брака, %	Оценка	Рекомендуемые действия
Более 1,67	Менее 10^{-4}	Отличная	Можно уменьшить строгость контроля
1,33-1,67	10^{-4} – 0,06	Хорошая	Необходимость вмешательства отсутствует
1,00-1,33	0,06-0,3	Удовлетв.	Желательно улучшить стабильность процесса
0,67-1,00	0,3-4,55	Плохая	Необходимо срочное вмешательство
Менее 0,67	Более 4,55	Отсутствует	Дальнейшее ведение процесса без экстренных мер недопустимо

ЧТО ХАРАКТЕРИЗУЮТ ИНДЕКСЫ ПРОЦЕССА

- Индексы C_p и P_p характеризуют только изменчивости процесса по отношению к допуску. Они являются оценками потенциала процесса
- Индексы CPU, CPL, C_{pk} и P_{pk} характеризуют как изменчивость, так и центрирование процесса по отношению к допуску. Они являются характеристиками фактического состояния процесса.

УСЛОВИЯ ПРИМЕНИМОСТИ ИНДЕКСОВ ПРОЦЕССА

- Анализируемый процесс должен быть статистически стабильным.
- Индивидуальные значения должны образовывать приблизительно нормальное распределение.
- Допуск должен основываться на требованиях потребителя.
- Рассчитанный индекс следует воспринимать как истинное значение, т. е. игнорировать влияние выборочной вариации на результат расчета.
  Например, вычисленный Срк=1,05 мог быть получен для процесса, чье истинное Срк=1,40. Различие связано просто с выборочной вариацией.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА

- Ни один отдельный индекс не может описать процесс. Поэтому следует рассматривать совместно несколько индексов или отношений . Как минимум, следует применять, например, следующие сочетания: Ср и Срк, Рр и Ррк.
- В сочетании с показателями процесса необходимо применять графический анализ (контрольные карты, графики распределений процессов).
- Для непрерывного усовершенствования процессов их показатели должны использоваться с установкой на постоянное стремление согласовать «голос процесса» с «голосом потребителя» с минимальными потерями для потребителя.
- Все оценки воспроизводимости должны относится к характеристике одного процесса. Никогда не следует объединять или усреднять результаты по воспроизводимости для нескольких процессов в один индекс.

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДЕКСОВ

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ БРАКОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ

При испытаниях новых оборудования и технологии, а также при сертификации процессов целесообразно установить норму воспроизводимости.

Типичная норма воспроизводимости $C_{pk}=1,33$.

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДЕКСОВ

НЕПРЕРЫВНОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

Результаты совершенствования процесса проявляются в изменениях его индексов.

Если, например, в данном месяце 10% процессов было с воспроизводимостями между 1 и 1,33, а в следующем месяце некоторые из них имеют этот показатель между 1,33 и 1,67, то усовершенствование произошло.

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДЕКСОВ

КОММУНИКАЦИЯ

Например, C_p и C_{pk} – это понятия, смысл которых не зависит от конкретных видов и размеров продукции.

Разработчики, производственники и потребители получают возможность для единообразия в понимании того, что представляет собой, например, процесс с высокой воспроизводимостью.

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДЕКСОВ

УСТАНОВЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТОВ

Простая компьютерная распечатка результатов анализа процессов с неприемлемыми значениями C_p или C_{pk} позволяет выявить приоритеты совершенствования процессов.

НЕКОТОРЫЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДЕКСОВ

ЧТО ДОЛЖНО БЫТЬ УЛУЧШЕНО - НАСТРОЙКА ИЛИ ИЗМЕНЧИВОСТЬ?

Для любого показателя всегда имеет смысл сравнить C_p и C_{pk}.

Если C_{pk} слишком мало, то надо выяснить для C_p, не слишком ли велика изменчивость.

Если C_p близко к C_{pk}, то с настройкой процесса нет проблем.

Индексы CPU, CPL и k показывают, насколько близко среднее подошло к границам допуска и насколько далеко оно от целевого значения.

ПРИМЕР

ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА С ПРИМЕНЕНИЕМ ***MS EXCEL***

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**					**ОПИСАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА**							
2	г/к полос шириной		1250	мм		**Выборка**		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Общая**
3	ройке на номинал		2,5	мм		Объем выборки	n	10	12	11	12	10	55
4	обычной		точности			Среднее	Yср	2,49	2,50	2,47	2,50	2,50	2,49
5	19903					Стандартное отклонение	S	0,05	0,05	0,06	0,04	0,02	0,048
6	ки, мм	Поле допуска , мм				Дисперсия выборки	S^2	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002
7	**δ +**	**LSL**	**LSU**	**T**		Эксцесс	E	-0,24	-0,97	-0,17	-1,53	-0,88	0,245
8	0,18	2,32	2,68	0,36		Асимметричность	A	-0,08	0,30	-0,85	-0,42	0,14	-0,445
9	**Партии металла**							**ПРОВЕРКА НОРМАЛЬНОСТИ**					
10	**2**	**3**	**4**	**5**		**По асимметрии**	SA	0,869	0,823	0,845	0,823	0,869	0,447
11	2,47	2,53	2,44	2,49			|A| / SA	0,092	0,365	1,006	0,510	0,161	0,996
12	2,48	2,51	2,43	2,50			**Вывод**	**Да**	**Да**	**Да**	**Да**	**Да**	**Да**
13	2,53	2,45	2,54	2,48		**По эксцессу**	SE	1,334	1,232	1,279	1,232	1,334	0,634
14	2,55	2,51	2,54	2,52			|E| / SE	0,180	0,787	0,133	1,242	0,660	0,386
15	2,43	2,43	2,52	2,47			**Вывод**	**Да**	**Да**	**Да**	**Да**	**Да**	**Да**
16	2,46	2,52	2,53	2,52									
17	2,58	2,35	2,46	2,46		**ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА**							
18	2,49	2,50	2,51	2,53		Общий объем данных	N	55					
19	2,43	2,41	2,46	2,49		Общее среднее	YcpN	2,49					
20	2,51	2,43	2,55	2,49		Общее стандартное отклонение	SN	0,048					
21	2,48	2,51	2,48			Индекс годности без учета центровки	Pp	1,25		**Желательно улучшить**			
22	2,57		2,55			Индекс годности с учетом центровки	Ppk	1,18		**Желательно улучшить**			
23													
24						**СТАБИЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА**							
25						Число единичных выборок	k	5					
26						Усредненное среднее	Yycp	2,49					
27						Усредненное стандартное отклонение	Sycp	0,049					
28						Индекс без учета центровки	Cp	1,22		**Желательно улучшить**			
29						Нижний индекс воспроизводимости	CPL	1,16		**Желательно улучшить**			
30						Верхний индекс оспроизводимости	CPU	1,29		**Желательно улучшить**			
31						Индекс с учетом центровки	Cpk	1,16		**Желательно улучшить**			
32													

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Из ГОСТ 19903 для профиля 2,5×1250 мм обычной точности по толщине

=E3+B8

=E3+C8

=E8-D8

	A	B	C	D	E	F
1		ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ				
2		Толщина г/к полос шириной			1250	мм
3		при настройке на номинал			2,5	мм
4		для	обычной		точности	
5		по ГОСТ	19903			
6		Допуски, мм		Поле допуска , мм		
7		δ -	δ +	LSL	LSU	T
8		-0,18	0,18	2,32	2,68	0,36
9		Партии металла				
10		1	2	3	4	5
11		2,45	2,47	2,53	2,44	2,49
12		2,51	2,48	2,51	2,43	2,50
13		2,58	2,53	2,45	2,54	2,48
14		2,49	2,55	2,51	2,54	2,52
15		2,42	2,43	2,43	2,52	2,47
16		2,40	2,46	2,52	2,53	2,52
17		2,52	2,58	2,35	2,46	2,46
18		2,54	2,49	2,50	2,51	2,53
19		2,49	2,43	2,41	2,46	2,49
20		2,48	2,51	2,43	2,55	2,49
21			2,48	2,51	2,48	
22			2,57		2,55	
23						
24						

РАСЧЕТ ВЫБОРОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

=СЧЁТ($B$11:$B$20)

	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		ОПИСАТЕЛЬНАЯ СТАТИСТИКА							
2		**Выборка**		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Общая**
3		Объем выборки	**СЧЕТ()**	10	12	11	12	10	55
4		Среднее	**СРЗНАЧ()**	2,49	2,50	2,47	2,50	2,50	2,49
5		Стандартное отклонение	**СТАНДОТКЛОН()**	0,05	0,05	0,06	0,04	0,02	0,048
6		Дисперсия выборки	**ДИСП()**	0,003	0,003	0,003	0,002	0,001	0,002
7		Эксцесс	**ЭКСЦЕСС()**	-0,24	-0,97	-0,17	-1,53	-0,88	0,245
8		Асимметричность	**СКОС()**	-0,08	0,30	-0,85	-0,42	0,14	-0,445

=СКОС($B$11:$B$20;$C$11:$C$22;$D$11:$D$21;$E$11:$E$22;$F$11:$F$20)

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОЦЕССА

=МИН((E8-J19)/(3*J20); (J19-D8)/(3*J20))

=O3

=O4

=O5

=F8/(6*J20)

	G	H	I	J	K	L	M	N	O
16									
17		**ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА**							
18		Общий объем данных	N	55					
19		Общее среднее	Yср	2,49					
20		Общее стандартное отклонение	Sn	0,048					
21		Индекс годности без учета центровки	Pp	1,25		**Желательно улучшить**			
22		Индекс годности с учетом центровки	Ppk	1,18		**Желательно улучшить**			
23									

=ЕСЛИ(J21<0,67;"Стабильность отсутствует";ЕСЛИ(J21<1;"Необходимо вмешательство";ЕСЛИ(J21<1,33;"Желательно улучшить";ЕСЛИ(J21<=1,67;"Стабильность хорошая";"Стабильность отличная"))))

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА

=КОРЕНЬ(СУММ(J6:N6)/J25)

=СЧЁТ(J2:N2)

=СУММ(J4:N4)/J25

	G	H	I	J	K	L	M	N	O
23									
24		СТАБИЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА							
25		Число единичных выборок	k	5					
26		Усредненное среднее	Yucp	2,49					
27		Усредненное стандартное отклонение	Sucp	0,049					
28		Индекс без учета центровки	Cp	1,22		Желательно улучшить			
29		Нижний индекс воспроизводимости	CPL	1,16		Желательно улучшить			
30		Верхний индекс оспроизводимости	CPU	1,29		Желательно улучшить			
31		Индекс с учетом центровки	Cpk	1,16		Желательно улучшить			
32									

=F8/(6*J27)

=(J26-D8)/(3*J27)

=(J26-D8)/(3*J27)

=МИН(J29;J30)

=ЕСЛИ(J28<0,67;"Стабильность отсутствует";ЕСЛИ(J28<1;"Необходимо вмешательство";ЕСЛИ(J28<1,33;"Желательно улучшить";ЕСЛИ(J28<=1,67;"Стабильность хорошая";"Стабильность отличная"))))

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. ИСО ТО 10017 - ПРОЕКТ ТЕХНИЧЕСКОГО ОТЧЕТА НА ТЕМУ«РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПО ИСО 9001:1994 г.»
2. ГОСТ Р 50779.44-2001. Статистические методы. Показатели возможностей процессов. Основные методы расчета.
3. Статистическое управление процессами. SPC. Перевод с англ. — Н. Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2004 г. — 181 с.