



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология вяжущих веществ, бетонов и
строительной керамики»

Методические указания
для выполнения практической работы
по теме

**«Внедрение статистического
регулирования
технологического процесса по
количественному признаку.
Построение контрольных
карт»
Часть II**

Автор
Серебряная И.А.

Ростов-на-Дону, 2017



Аннотация

Методические указания к практической работе по теме: «Внедрение статистического регулирования технологического процесса по количественному признаку. Построение контрольных карт. Часть II».

Содержатся сведения о выборе типа контрольных карт (по количественному признаку) и построении границ регулирования. Излагаются основные правила интерпретации карт. Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология», 27.04.02 «Управление качеством», 08.04.01 «Строительство».

Автор

к.т.н., доцент
кафедры «ТВВБИСК»
Серебряная И.А.





Оглавление

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
2. КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ	6
3. ПРОЦЕДУРА ПОСТРОЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ	8
3.1. Расчет пределов (границ) регулирования контрольной карты	9
3.2. Построение контрольной карты	11
4. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ.....	13
ЛИТЕРАТУРА.....	21

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Внедрение статистического регулирования технологического процесса осуществляется в три этапа [1]:

1 – й – предварительное исследование состояния технологического процесса.

2 – й – построение контрольной карты и выбор плана контроля.

3 – й – статистическое регулирование технологического процесса.

В данных методических указаниях предложены методы проведения 2-го этапа, заключающегося в выборе типа контрольных карт (по количественному признаку) и построении границ регулирования. А также изложены основные правила интерпретации контрольных карт.

1.2. Контрольные карты (КК) — наиболее мощные средства анализа вариаций большинства процессов как производственных, так и управленческих. Они были предложены Уолтером Шухартом в 1931 г. в книге "Экономный контроль качества промышленной продукции" и представляют собой линейные графики, показывающие динамику проведения процесса [2].

Применяется КК, когда требуется установить характер неисправности и дать оценку стабильности процесса, а также когда необходимо установить нуждается ли процесс в регулировании или его необходимо оставить таким, каков он есть. Контрольной картой можно подтвердить и улучшение процесса. На основании анализа результатов КК может быть принято решение, например, о пересмотре допуска на контролируемый параметр, либо это может послужить достаточным основанием для замены или модернизации оборудования.

КК является средством распознавания отклонений из-за случайных или особых причин от вероятных изменений, присущих процессу. Вероятные изменения редко повторяются в прогнозируемых пределах. Отклонения из-за случайных или особых причин сигнализируют о том, что некоторые факторы, влияющие на процесс необходимо идентифицировать, расследовать и поставить под контроль. Контрольные карты основываются на методах математической статистике. Они используют рабочие данные для установления пределов, в рамках которых будут ожидать предстоящие исследования, если процесс останется неэффективным из-за случайных или особых причин.

Таким образом, целями применения контрольных карт могут быть:

- выявление неуправляемого процесса;
- контроль за управляемым процессом;
- оценивание возможностей процесса.

Обычно подлежит изучению следующая переменная величина – параметр процесса) или характеристика:

- известная важная или важнейшая;
- предположительно ненадежная;
- по которой нужно получить информацию о возможностях процесса;
- эксплуатационная, имеющая значение при маркетинге.

При этом не следует контролировать все величины одновременно.

Следует отметить, что существует разнообразие контрольных карт, которые можно применять ко всем видам измеряемых или подсчитываемых характеристик процесса, продукции или любого другого выхода. Организация должна позаботиться о соответствующей подготовке и разработке адекватных приемов по составлению и применению контрольных карт.

Контрольные карты стоят денег, поэтому нужно использовать их разумно: тщательно выбирать характеристики, прекращать работу с картами при достижении цели, продолжать вести карты только тогда, когда процессы и технические требования сдерживают друг друга. Необходимо иметь в виду, что процесс может быть в состоянии статистического регулирования и давать 100% брака. И наоборот, может быть неуправляемым и давать продукцию, на 100% отвечающую техническим требованиям.

Информация о контрольных картах содержится, в частности, в международных стандартах ИСО 7870, ИСО 8258.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ

2.1. Существует множество видов контрольных карт. Их можно разделить на две большие группы [3, 4]:

- *карты по количественному (измеримому) признаку* – в них заносят выборочные числовые характеристики контролируемого числового параметра продукции;
- *карты по качественному (альтернативному) признаку* – в них заносят выборочные характеристики количества дефектных единиц продукции или дефектов, приходящиеся на определенное число единиц продукции.

КК можно также классифицировать на следующие группы:

- карты обычные контрольные, в которые заносят значения статистических характеристик текущих выборок;
- карты контрольные кумулятивных сумм, в которые заносят накопленные суммы значений статистических характеристик предшествующих выборок.

В определенных условиях КК кумулятивных сумм имеют преимущество по сравнению с обычными, т.к. они более чувствительны к разладке технологического процесса.

В данных методических указаниях рассматриваются КК, применяющиеся при контроле по количественному признаку.

2.2. Карты по количественному признаку делят на:

- одинарные – для выполнения одной функции;
- комбинированные – для одновременного воздействия на уровень настройки процесса и рассеивание показателей качества.

2.2.1. **Одинарные КК** применяются либо для регулирования (настройки) производственного процесса, либо для регулирования рассеивания показателей качества. К ним относятся:

- карта *средних арифметических значений* (\bar{X} -карта) – о разладке технологического процесса судят по выборочным средним арифметическим контролируемого параметра;
- карта *медиан* (\bar{x} -карта) – о разладке технологического процесса судят по выборочным медианам контролируемых параметров;
- карта *среднеквадратических отклонений* (S -карта) – о разладке технологического процесса судят по выборочным среднеквадратическим отклонениям контролируемого параметра;

- карта *размахов* (R-карта) – о разладке технологического процесса судят по выборочным размахам контролируемого параметра;
- карта *средних размахов* – о разладке технологического процесса судят по средним размахам контролируемых параметров, полученным в результате осреднения размахов нескольких выборок;
- карта *индивидуальных значений* (x_i -карта);
- карта *групп качества*;
- карта *балловых оценок*.

2.2.2. **Комбинированные КК** рекомендуется применять для процессов с высокими требованиями к точности, для измерения, вычисления и управления процессами, для продукции, связанной с обеспечением безопасности потребителя и т.д. К ним относятся:

- карта *средних арифметических значений и размахов* (\bar{X} /R-карта) – эта карта применяется при измерении таких регулируемых показателей как длина, плотность, диаметр, предел прочности при сжатии, прибыль и т.д. Применяется для продукции серийного и массового производства, на технологических процессах, показатели качества которых распределяются по закону Гаусса или Максвелла;
- карта *средних арифметических значений и коэффициента вариации* (\bar{X} /v-карта) – рекомендуется к применению ГОСТ18105 для контроля за состоянием производственного процесса при выпуске бетонных и ЖБ изделий;
- карта *средних арифметических значений и среднеквадратических отклонений* (\bar{X} /S-карта);
- карта *медиан и размахов* (\bar{x} /R-карта);
- карта *медиан и индивидуальных значений* (\bar{x} /(\bar{x} - x_i)-карта).

3. ПРОЦЕДУРА ПОСТРОЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ

Процедуру построения и выбора контрольной карты по количественному признаку можно отобразить в следующей последовательности [2, 3, 4].

1) выберите характеристики для использования в контрольной карте;

2) выберите соответствующий тип контрольной карты;

3) примите решение по подгруппе (небольшой совокупности изделий, среди которых допускаются появления изменений только благодаря случайности), ее размере и частоте подгрупповой выборки. Объем выборки – n , может быть равен 3, 4 или 5 измерениям (штук изделий);

4) соберите и зарегистрируйте данные по крайней мере 20-25 подгрупп (содержащих по меньшей мере от 60 до 100 отдельных точек) или используйте ранее собранные данные;

5) определите статистические характеристики каждой подгрупповой выборки (среднее для каждой выборки, размах и проч.);

6) рассчитайте пределы допустимых отклонений на основе статистических данных, полученных от подгрупповой выборки. Эти пределы представляют собой верхнюю и нижнюю границы, нанесенные по обе стороны от средней линии процесса. Они называются "верхний контрольный предел" (ВКП) и "нижний контрольный предел" (НКП).

Эти пределы вычисляются по особым формулам с использованием отдельных замеров. При этом не принимается во внимание, как идет весь процесс после нанесения границ регулирования на схему, чтобы далее определить, попадают ли точки между линиями пределов или они выходят за них и образуют «неестественные» выбросы. Если это происходит, то говорят, что процесс вышел из-под контроля. Отклонение точек внутри пределов происходит из-за изменений, присущих самому процессу (конструкции, выбора машины, профилактического обслуживания и т. п.). Повлиять на эти колебания можно только изменением самой системы.

Для построения любой контрольной карты необходимо предварительно определить границы регулирования (см. п. 3.1);

7) изобразите контрольную карту и постройте график статистических данных подгруппы (см. п. 3.2);

8) изучите график для точек, находящихся вне пределов допустимых отклонений, и для образцов, свидетельствующих о

наличии определенных отклонений, и для образцов, свидетельствующих о наличии определенных отклонений (специальных) причин (см. п. 4);

9) примите решение о будущих действиях.

3.1. Расчет пределов (границ) регулирования контрольной карты

Для построения любой контрольной карты необходимо предварительно определить границы регулирования [3, 4]:

- для \bar{X} или \bar{x} -карт – две границы регулирования – верхняя ГРв и нижняя ГРн;
- для R, v или S-карт вычисляют по одной границе регулирования — верхнюю ГРв (так как достаточно следить лишь за увеличением рассеивания).

Верхний и нижний контрольные пределы должны быть вычислены статистически, не следует путать их с пределами технических характеристик, которые основаны на требованиях стандартов к изделиям.

Нужно убедиться, что выбран правильный вид контрольной карты для определенного типа данных. Данные должны быть взяты точно в той последовательности, как они собраны, иначе они теряют смысл.

Не следует вносить изменения в процесс в период сбора данных. Данные должны отражать, как процесс идет естественным образом.

Для определения границ регулирования необходимо знать параметры нормального распределения. Как правило, эти параметры неизвестны, поэтому необходимо провести предварительное исследование состояния технологического процесса, в результате которого получают оценки параметров (μ , σ , коэффициент точности K_T , долю дефектной продукции P).

Для расчета вышеназванных оценок см. МУ по курсу "Статистические методы контроля" по теме: "Внедрение статистического регулирования технологического процесса по количественному признаку." Часть I.

После предварительного исследования состояния технологического процесса выбирают контрольные карты, с помощью которых предполагается осуществить статистическое регулирование. В табл. 1 приведены формулы для вычисления границ регулирования [2].

Таблица 1

Расчетные формулы границ регулирования контрольных карт по количественному признаку

Наименование контрольной карты	Границы регулирования	Условия применения
Карта средних арифметических значений (\bar{X} -карта)	$ГР_{вн} = X^* \pm A_1\sigma$	Если σ известна
	$ГР_{вн} = \bar{X}^* \pm A_1S$	Если σ неизвестна
	$ГР_{вн} = \bar{X}^* \pm A_2C_2S^*$	
Карта медиан (\bar{x} -карта)	$ГР_{вн} = \bar{x}^* \pm A_4\sigma$	Если σ известна
	$ГР_{вн} = \bar{x}^* \pm A_4R^*$	Если σ неизвестна
Карта среднеквадратических значений (S-карта)	$ГР_{вн} = \bar{S} B$	
Карта размахов (R-карта)	$ГР_{вн} = \bar{R} D$	
Коэффициенты	A_1, A_2, A_3, A_4, B, D	Табл. 2

Примечания: X^* , \bar{x}^* – среднее между всеми средними значениями по подгруппам для соответственно средних арифметических, медиан; R^* – среднее всех размахов (это центральные линии карт).

Таблица 2

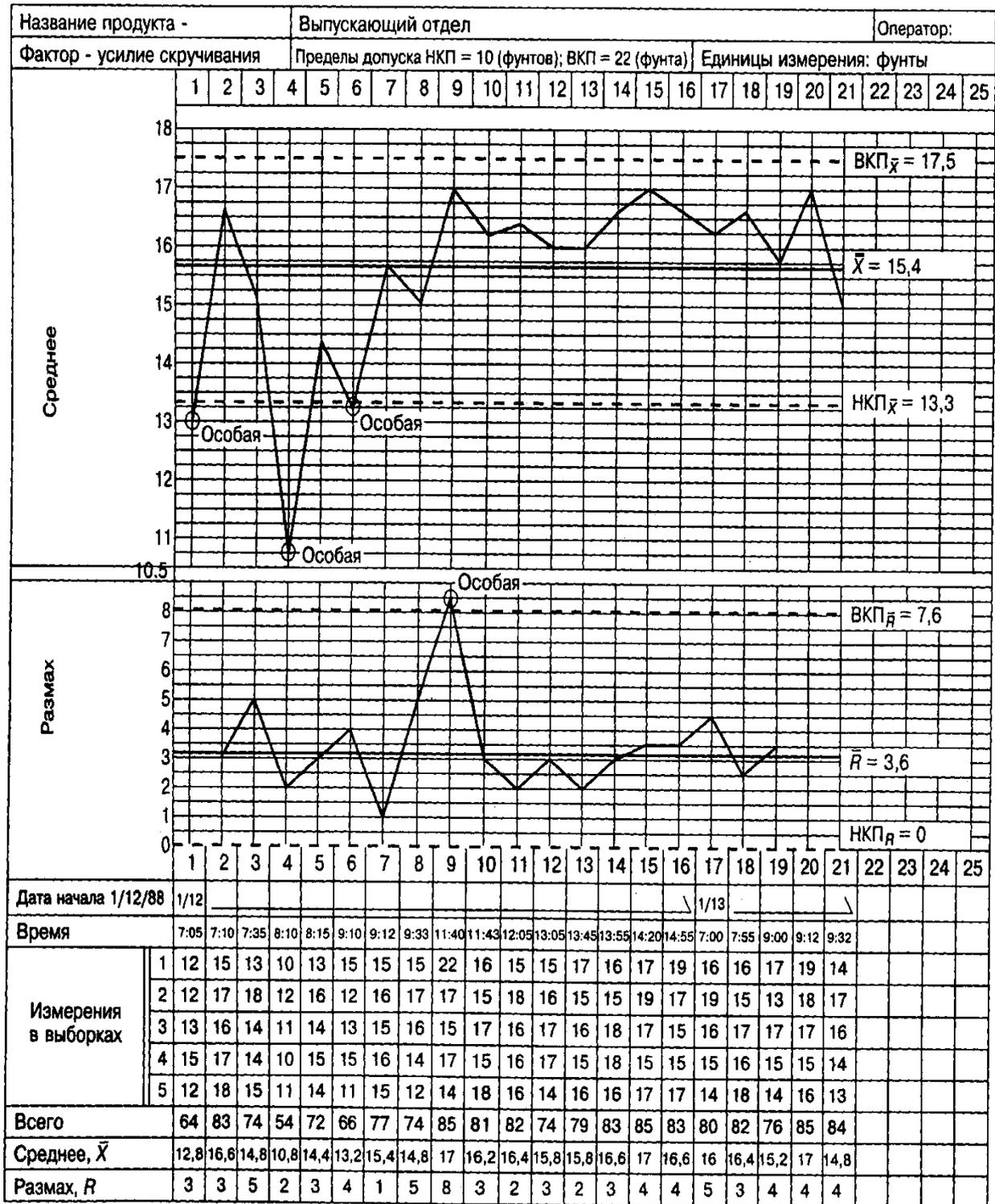
Таблица множителей

Коэффициенты	Объем выборки, n							
	3	4	5	6	7	8	9	10
A ₁	1,73	1,5	1,34	1,23	1,13	1,06	1,00	0,95
A ₂	1,49	1,29	1,15	1,05	0,97	0,91	0,86	0,81
A ₃	1,96	1,63	1,43	1,29	1,18	1,1	1,03	0,98
A ₄	1,68	1,4	1,23	1,11	1,02	0,94	0,89	0,84
B	2,57	2,27	2,09	1,96	1,89	1,82	1,77	1,71
D	2,57	2,28	2,11	2,00	1,92	1,86	1,82	1,78

3.2. Построение контрольной карты

Выбрав контрольную карту \bar{X}/n , либо \bar{X}/R , либо другую, отмечают на ней значения, полученные по результатам выборочного контроля (рис. 1) [2].

Например, на \bar{X} -карте отмечают средние арифметические значения, полученные по результатам выборочного контроля для каждой подгруппы (выборки). Для R-карты отмечают размахи, определенные как разница между максимальным и минимальным значениями контролируемого параметра в подгруппе (выборке) и проч.


 Рис. 1. \bar{X} /R-карта для фактора (усилие скручивания, фунт)

4. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ

КК позволяют проводить анализ возможностей процесса.

Возможности процесса – это способность функционировать должным образом. Как правило, под возможностями процесса понимают способность удовлетворять техническим требованиям (рис. 2) [3].

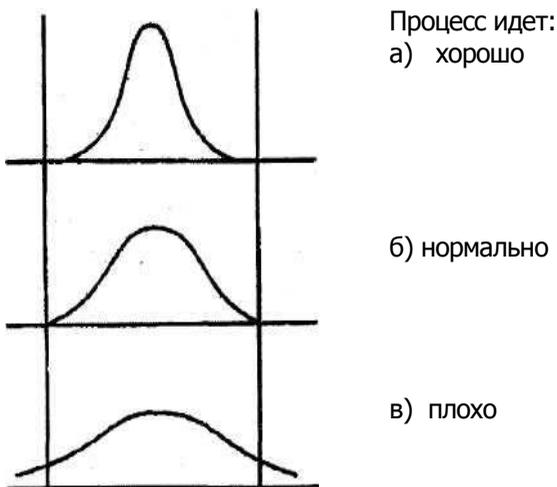


Рис. 2. Анализ возможного хода процесса

Контрольная карта может указать на наличие потенциальных проблем до того, как начнется выпуск дефектной продукции.

1. Если все точки, нанесенные на карту, лежат внутри границ регулирования и при этом концентрируются вокруг центральной линии, значит, процесс статистически стабилен (рис. 2 а).

2. Принято говорить, что процесс вышел из-под контроля, если одна или более точек вышли за пределы контроля.

Особые точки – любые точки выше верхнего или нижнего пределов. / Необходимость анализа причин появления этих отклонений!

3. **Серия** – семь или больше последовательных точек над или под центральной линией.

4. **1 из 20** – это более чем одна точка в двадцати последовательных точках, близких к контрольным пределам (во внутренней трети поля допуска). / Стоит обратить внимание! Возможно, процесс выходит из-под контроля (рис.2 б).

5. **Тренд (дрейф)** – любое систематическое повышение или понижение пяти или более последовательных точек, или сдвиги семи или более точек. / Стоит обратить внимание! Возможно, процесс выходит из-под контроля (рис.2 б, в).

6. **Неуправляемость** – если некоторый процесс "вышел из под контроля" (стал неуправляемым), значит на картах либо средних, либо размахов, либо на обеих одновременно отражены особые причины вариации. Их надо найти и исключить для достижения управляемости процесса. Его неуправляемость определяется на контрольной карте либо по наличию точек за контрольными пределами, либо по необычным структурам вариабельности, (т.е. если процесс управляем, то внутри контрольных пределов должны попасть 99,7% всех значений).

Поскольку каждая карта состоит из двух частей (например: карта средних и карта размахов), то могут встретиться четыре варианта условий протекания процесса (табл. 3).

Таблица 3

Условия протекания процесса

1. Среднее неуправляемо	Размах управляем		Процесс неуправляем
2. Среднее управляемо	Размах неуправляем		
3. Среднее неуправляемо	Размах неуправляем		
4. Среднее управляемо	Размах управляем		Процесс управляем

Далее приведены примеры, иллюстрирующие каждый из этих четырех вариантов.

1. Среднее процесса неуправляемо (рис. 3).

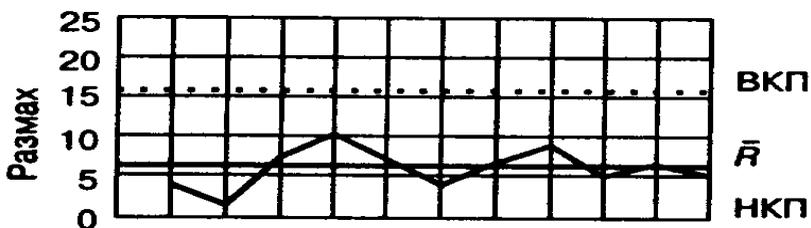
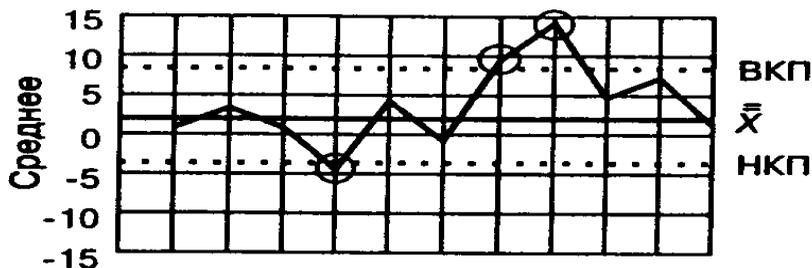


Рис. 3. Среднее сдвинуто, распределение стабильно

2. Вариация процесса неуправляема (рис. 4).

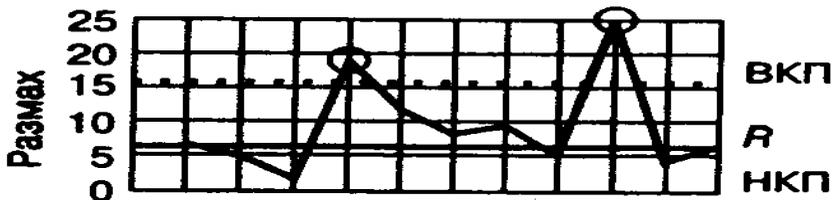
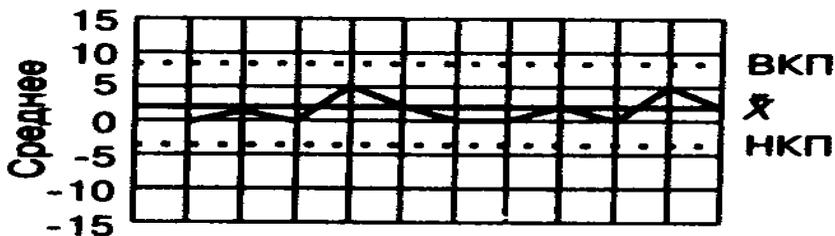


Рис. 4. Среднее стабильно, распределение меняется

3. Неуправляемы как среднее, так и вариация процесса (рис. 5).

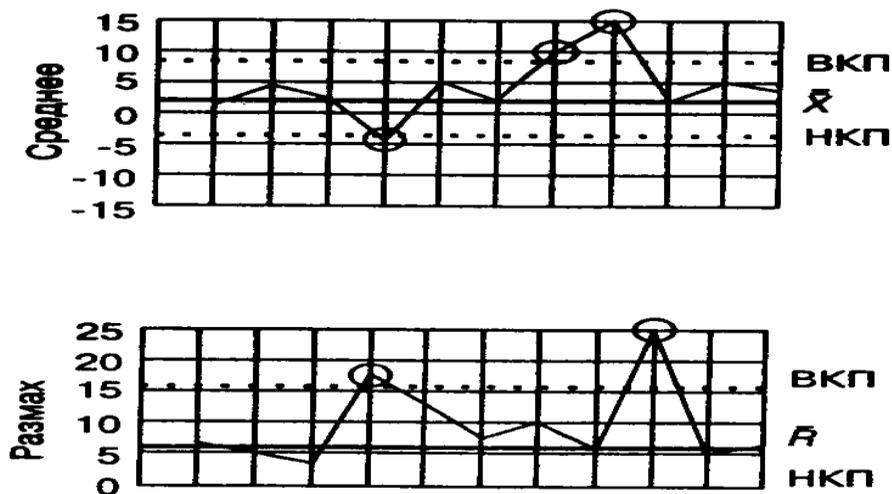


Рис. 5. Среднее сдвинуто, распределение меняется

4. Процесс управляем (рис. 6).

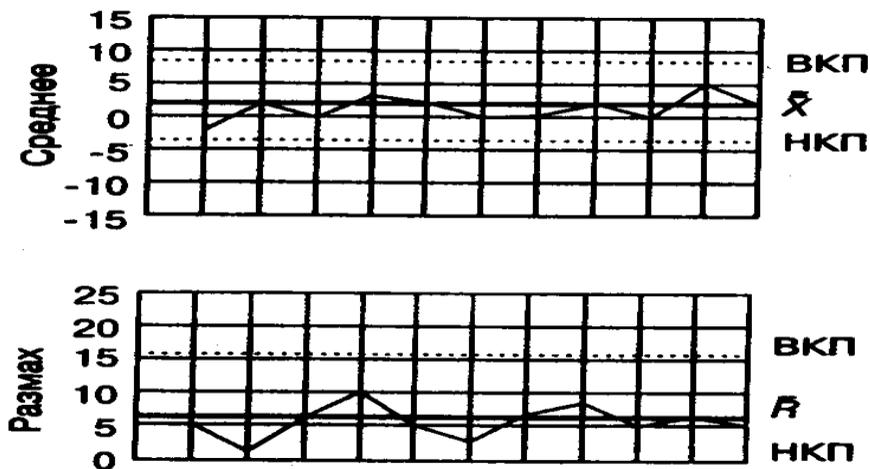


Рис. 6. Среднее стабильно, распределение стабильно

Тренды: Проявляемые тенденции и их причины представлены на рис. 7 и в табл. 4.

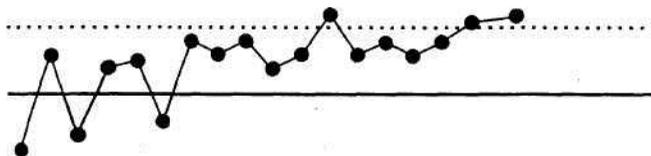


Рис. 7

Таблица 4

Причины для карты \bar{X}	Причины для карты R
Старение станка	Улучшение или ухудшение навыков рабочего
Усталость рабочего	Усталость рабочего
Износ инструмента	Изменение качества сырья или заготовок
Корректирующие воздействия	
Отремонтировать или заменить станок	
Поговорить с рабочим о технологии, чтобы найти причину	
Заменить рабочего	
Сменить, отремонтировать или заменить инструмент	
Разобраться с сырьем	

Скачки в уровне процесса и их причины представлены на рис.8 и в табл. 5.

Повторяющиеся циклы (периодичность) иллюстрирует рис. 9, а причины, их определяющие, сведены в табл. 6.

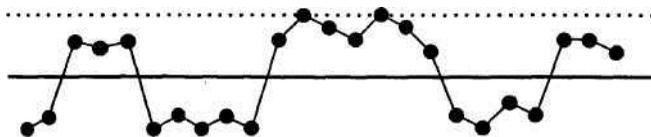


Рис. 8

Таблица 5

Причины для карты \bar{X}	Причины для карты R
Изменения в составе сырья, поступающего из разных источников	Изменения в сырье
Новый рабочий или станок	Изменения в технологии
Модификация технологии	Изменения в рабочем или процессе
Изменения в контролирующем приборе или методике проверки	Изменения в контроле
Корректирующие воздействия	
Поддерживать состояние поступающих материалов Разобраться с источником сырья Проверить воспроизводимость станка Проследить за работой рабочего и инструкций Проверить градуировку измерительного прибора	

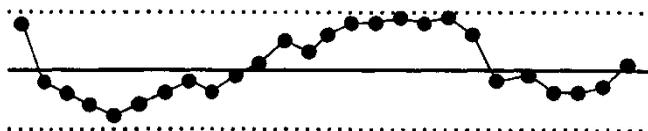


Рис. 9

Таблица 6

Причины для карты \bar{X}	Причины для карты R
Характеристика окружающей среды: а) температуры б) влажность	График обслуживания
Усталость рабочего	Усталость рабочего
Регулярная смена станка или рабочего	Износ инструмента
Корректирующие воздействия	
Если окружающая среда управляема, подправьте ее Обслуживайте оборудование Оцените эксплуатацию станка Оцените обслуживание станка Замените, заточите или отремонтируйте инструмент	

Точки вблизи или за контрольными пределами показаны на рис. 10, а причины их появления – в табл. 7.

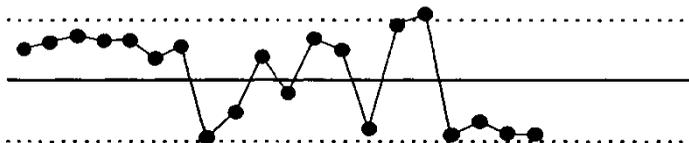


Рис. 10

Таблица 7

Причины для карты \bar{X}	Причины для карты R
Излишнее управление	Смесь материалов существенно различного качества
Большие систематические различия в качестве материалов	
Большие систематические различия в методах испытания	
Корректирующие воздействия	
Проверьте контрольные пределы Разберитесь в вариации материалов Оцените методы проверки Оцените частоту проверок или измерений Рабочий может переналадить процесс	

Отсутствие варибельности – возможность использовать другие варианты отсутствует (рис. 11), а причины этого сведены в табл. 8.

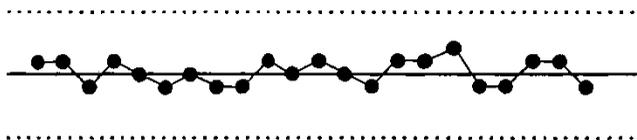


Рис. 11

Таблица 8

Причины для карты \bar{X}	Причины для карты R
Ошибочные вычисления контрольных пределов	Сбор в каждой выборке некоторого числа измерений из различных партий
Улучшение в процессе после вычисления пределов	Улучшения в процессе после вычисления пределов
Служащие могут не делать поправок	
Корректирующие воздействия	
Проверьте контрольные пределы Оцените рациональный объем подгрупп Перепроверьте методы проверок, приборы и т.д. Перепроверьте умение персонала измерять	

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 15895-77* (СТ СЭВ 547-77, СТ СЭВ 3404-81). Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения. Введен 01.01.78. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 68 с.
2. Робертсон Б. Лекции об аудите качества. //Стандарты и качество. – 1999. – № 1. – С. 85 – 89.
3. Гиссин В.И. Управление качеством продукции: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 256 с.
4. Окрепилов В.В. Управление качеством. – Санкт-Петербург: Тест-Принт, 2000. – 912 с.