

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 25.05.2022 14:09:45
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра дизайна и индустрии моды

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова

« 13 » 05



СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Методические указания
по выполнению практических занятий
для студентов направления подготовки 29.03.05

Курск 2022

УДК 687.1:658.562

Составитель Т.А. Добровольская

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Т.М. Ноздрачева*

Статистические методы контроля качества изделий легкой промышленности: методические указания по выполнению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Т.А. Добровольская. - Курск, 2022. - 66 с. - Библиогр.: с. 65.

Изложены методики статистической обработки данных при анализе и контроле качества швейных изделий. Указывается порядок выполнения и правила оформления практических работ.

Предназначены для студентов направления подготовки 29.03.05 "Конструирование изделий легкой промышленности" дневной и заочной формы обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.
Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 25 экз. Заказ . Бесплатно
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября,94.

ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА: КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК, ДИАГРАММА ПАРЕТО

Цель – изучение теоретических принципов и практического построения основных инструментов статистического контроля качества: контрольных листков, гистограммы и диаграммы Парето.

Задание

По результатам контрольного листка для регистрации видов дефектов (в соответствии с № варианта) построить диаграмму Парето и сделать соответствующие выводы

Теоретические аспекты

Одной из основных функций управления качеством является контроль. Его значение заключается в возможности выявления несоответствий с последующим их оперативным исправлением с минимальными потерями для бизнеса.

Контроль качества осуществляется путем сравнения запланированных показателей качества с действительными их значениями. Собственно контроль качества состоит в том, чтобы проверяя показатели качества, обнаружить их отклонение от запланированных значений. В случае обнаружения такого отклонения необходимо найти причину его появления, и после корректировки процесса вновь проверить соответствие скорректированных показателей качества их запланированным значениям. Именно по такому непрерывному циклу осуществляется управление и обеспечение требуемого качества и дальнейшее его улучшение.

Требования к качеству устанавливаются и фиксируются в нормативных и нормативно-технических документах. Отклонение качества продукции от заданных параметров происходит, как правило, в худшую сторону и имеет как общие, так и частные проявления.

К числу общих относятся моральный износ, физическое и моральное старение продукции, то есть потеря первоначальных свойств при эксплуатации.

Частные отклонения качества от установленных требований чрезвычайно разнообразны и обусловлены уже не экономической и технологической природой, а условиями внешнего характера:

- нарушениями правил эксплуатации;
- ошибками разработчиков и изготовителей;
- нарушениями производственной дисциплины;
- дефектами оборудования, с помощью которого изготавливается и используется продукция, и т.д.

Таким образом, можно сделать вывод, что качество продукции находится в постоянном движении и представляет собой хронически неустойчивый объект, требующий контроля. Научной основой современного технического контроля является математико-статистические методы.

Управление качеством продукции может обеспечиваться двумя методами:

- 1) разбраковкой изделий;
- 2) повышением технологической точности.

Традиционно методы контроля сводились, как правило, к анализу брака путем сплошной проверки изделий на выходе.

При массовом производстве такой контроль очень дорог: контрольный аппарат должен в пять – шесть раз превышать количество производственных рабочих, и даже при этом нет полной гарантии от брака. Поэтому от сплошного контроля переходят к выборочному с применением статистических методов обработки результатов.

Японские специалисты из всего множества статистических методов выбрали семь основных. Их заслуга состоит в том, что они обеспечили простоту, наглядность, визуализацию этих методов, превратив их фактически в эффективные инструменты контроля качества.

1. Контрольный листок – инструмент для сбора данных и их автоматического упорядочения для облегчения дальнейшего использования собранной информации.

2. Гистограмма – инструмент, позволяющий зрительно оценить распределение статистических данных, сгруппированных по частоте

попадания данных в определенный (заранее заданный) интервал.

3. **Анализ Парето** – инструмент, позволяющий объективно представить и выявить основные факторы, влияющие на исследуемую

проблему и распределить усилия для ее решения.

4. **Стратификация (расслоение)** – инструмент, позволяющий произвести селекцию данных в соответствии с различными факторами.

5. **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.

7. **Контрольная карта** – инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него (с помощью соответствующей обратной связи), предупреждая его отклонения от предъявленных к процессу требований.

Эти методы можно рассматривать и как отдельные инструменты, и как систему методов. Последовательность применения **семи инструментов** может быть различной в зависимости от поставленной цели.

Анализ Парето

Итальянский экономист В. Парето предложил формулу, отражающую неравномерность распределения материальных благ в обществе, а американский экономист М. Лоренц проиллюстрировал это теоретическое положение диаграммой. Д. Джуран применил диаграмму М. Лоренца в сфере контроля качества для классификации проблем качества и назвал этот метод **анализом Парето**. Он указал, что в большинстве случаев подавляющее число несоответствий и связанных с ними потерь возникают из-за относительно небольшого числа причин, проиллюстрировав это с помощью диаграммы, которая получила название **диаграммы Парето**. Диаграмму Парето иногда называют «80/20», поскольку в ней находит отражение известный принцип статистики, заключающийся в том, что 80 % выпуска несоответствующей продукции связано всего с 20 % всех возможных причин.

Анализ Парето – это прием, позволяющий распределить усилия для решения проблем качества, выявить основные причины их появления. Метод заключается в классификации проблем качества на немногочисленные, но существенно важные и многочисленные, но несущественные. Анализ Парето позволяет распределить усилия и установить основные факторы, с которых необходимо начинать корректирующие действия.

Различают два вида таких диаграмм.

1) Диаграмма Парето по результатам деятельности

Эта диаграмма предназначена для выявления главной проблемы и отражает следующие нежелательные результаты деятельности:

- качество: дефекты, поломки, ошибки, отказы, рекламации, ремонты, возвраты продукции;
- себестоимость: объем потерь, затраты;
- сроки поставок: нехватка запасов, ошибки в составлении счетов, срыв сроков поставок;
- безопасность: несчастные случаи, трагические ошибки, аварии.

2) Диаграмма Парето по причинам

Эта диаграмма отражает причины проблем, возникающих в ходе произ-

водства, и используется для выявления главной из них:

- рабочий: смена, бригада, опыт работы, квалификация, индивидуальные характеристики;
- оборудование: станки, агрегаты, инструменты, оснастка, организация использования, модели, штампы;
- сырье: изготовитель, вид сырья, завод-поставщик, партия;
- метод работы: условия производства, заказы-наряды, приемы работы, последовательность операций.

Непосредственно диаграмма строится в виде столбчатого графика, столбики которого соответствуют отдельным факторам, характеризующим результаты деятельности в порядке убывания численного значения (высота столбика соответствует этому численному значению). Затем строится кривая кумулятивной суммы. Кривая кумулятивной суммы наглядно демонстрирует относительную значимость групп факторов и может

использоваться для идентификации наиболее эффективных возможностей по совершенствованию.

При использовании диаграммы Парето для градации рассматриваемых факторов целесообразно использовать ABC-анализ, сущность которого заключается в определении трех групп последовательного применения корректирующих воздействий:

- *группа А* – наиболее важные, существенные факторы (несоответствия) – зона первоочередных мер. Кумулятивная сумма группы А обычно составляет 80 %. Соответственно устранение несоответствий группы А имеет большой приоритет, а связанные с этим мероприятия – самую высокую эффективность;
- *группа В* – факторы, которые в кумулятивной сумме имеют не более 15 %;
- *группа С* – наименее значимые факторы (5 % и менее).

Как построить диаграмму Парето?

Этап 1

Решите, какие проблемы надлежит исследовать и как собирать данные.

1) Какого типа проблемы вы хотите исследовать?

Пример: дефектные изделия.

2) Какие данные надо собирать и как их классифицировать?

Пример: по видам дефектов, по месту их появления, по процессам, по оборудованию, по рабочим, по причинам.

Примечание. Суммируйте остальные нечасто встречающиеся признаки под общим заголовком «прочие».

3) Установите метод и период сбора данных.

Этап 2

Разработайте контрольный листок для регистрации данных с перечнем видов собираемой информации.

Этап 3

Заполните листок регистрации данных и подсчитайте итоги.

Этап 4

Для построения диаграммы Парето разработайте бланк таблицы для про-

верок данных, предусмотрев в нем графы для итогов по каждому проверяемому признаку в отдельности, накопленной суммы числа

дефектов, процентов к общему итогу и накопленных процентов (таблица 1).

Таблица 1

Таблица данных для построения диаграммы Парето

Типы дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Процент числа дефектов по каждому признаку в общей сумме	Накопительный процент
Итого				

Этап 5

Расположите данные, полученные по каждому проверяемому признаку, в порядке значимости и заполните таблицу 1.

Примечание. Группу «прочие» надо поместить в последнюю строку вне зависимости от того, насколько большим получилось число, так как ее составляет совокупность признаков, числовой результат по каждому из которых меньше, чем самое маленькое значение, полученное для признака, выделенного в отдельную строку.

Этап 6

Начертите одну горизонтальную и две вертикальные оси.

1) Вертикальные оси:

(а) левая ось: нанесите на эту ось шкалу с интервалами от 0 до числа, соответствующего общему итогу;

(б) правая ось: нанесите на эту ось шкалу с интервалами от 0 до 100%.

2) Горизонтальная ось: разделите эту ось на интервалы в соответствии с числом контролируемых признаков.

Этап 7

Постройте столбчатую диаграмму.

Этап 8

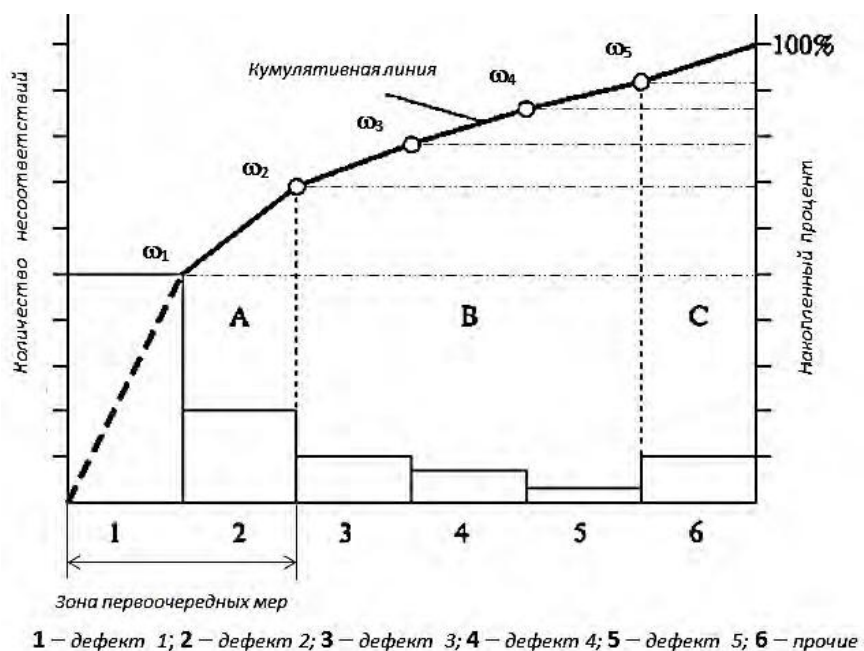
Начертите кумулятивную кривую (кривую Парето).

На вертикалях, соответствующих правым концам каждого интервала на горизонтальной оси, нанесите точки накопленных сумм (результатов или процентов) и соедините их между собой отрезками прямых.

Этап 9

Нанесите на диаграмму все обозначения и надписи:

- 1) надписи, касающиеся диаграммы (название, разметка числовых значений на осях, наименование контролируемого изделия, имя составителя диаграммы);
- 2) надписи, касающиеся данных (период сбора информации, объект исследования и место его проведения, общее число объектов контроля)



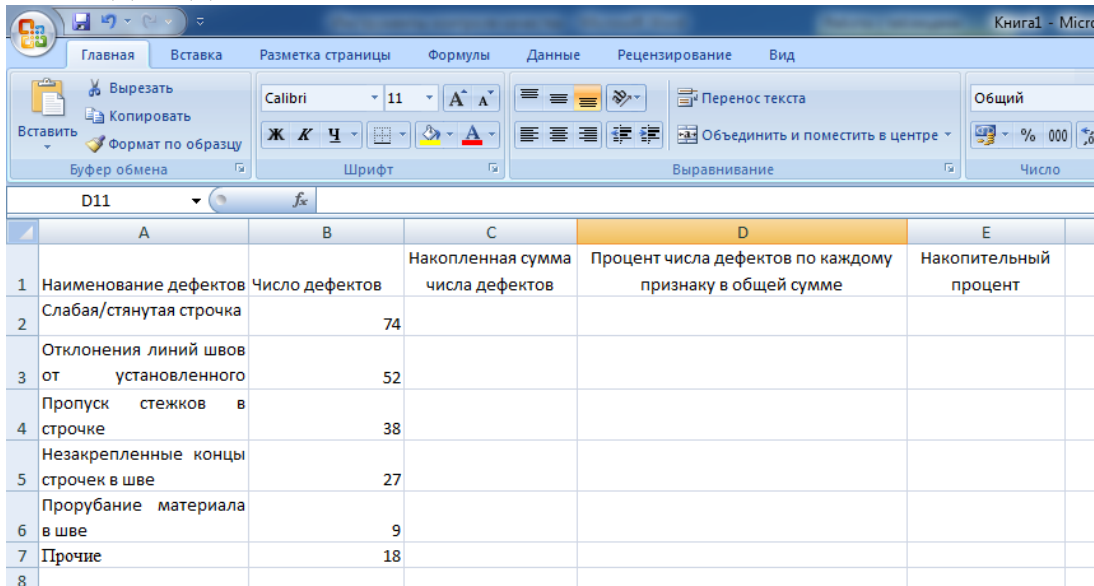
Пример анализа Парето по основным несоответствиям, установленным при контроле качества швейных изделий

Контроль проводился с 01.09.2021 по 30.11.2021 (2000 изделий)

Наименование дефекта	Число дефектов
Пропуск стежков в строчке	38
Прорубание материала в шве	9
Слабая/стянутая строчка	74
Отклонения линий швов от установленного направления	52
Незакрепленные концы строчек в шве	27
Прочие	18

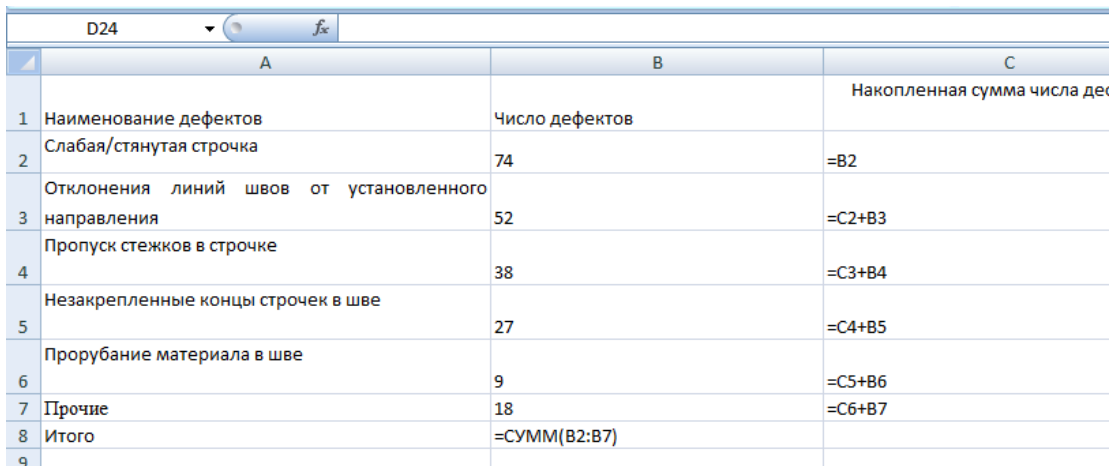
Выполним анализ в программе Excel

1. Введем данные



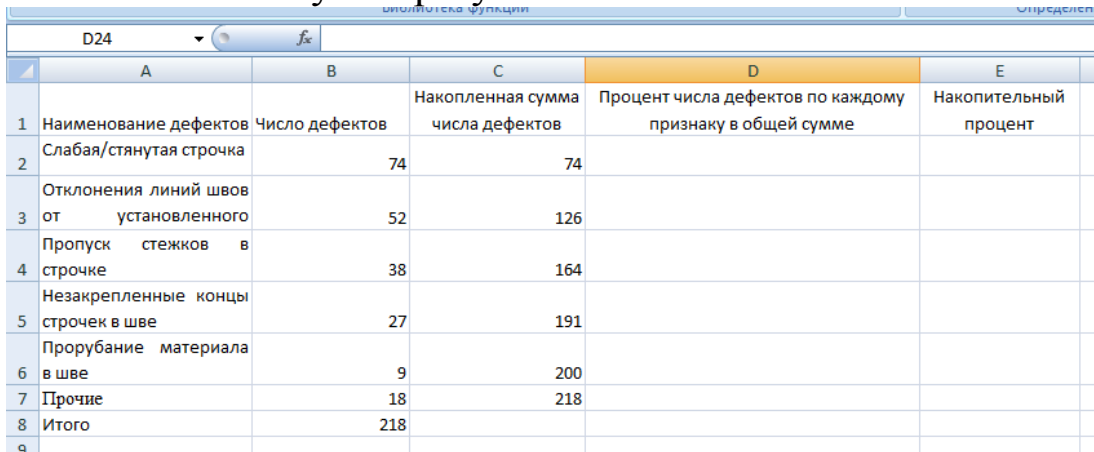
	A	B	C	D	E
1	Наименование дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма числа дефектов	Процент числа дефектов по каждому признаку в общей сумме	Накопительный процент
2	Слабая/стянутая строчка	74			
3	Отклонения линий швов от установленного	52			
4	Пропуск стежков в строчке	38			
5	Незакрепленные концы строчек в шве	27			
6	Прорубание материала в шве	9			
7	Прочие	18			
8					

2. Заполним ячейку С с использованием формул



	A	B	C
1	Наименование дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма числа дефектов
2	Слабая/стянутая строчка	74	=B2
3	Отклонения линий швов от установленного направления	52	=C2+B3
4	Пропуск стежков в строчке	38	=C3+B4
5	Незакрепленные концы строчек в шве	27	=C4+B5
6	Прорубание материала в шве	9	=C5+B6
7	Прочие	18	=C6+B7
8	Итого		=СУММ(B2:B7)
9			

В итоге получим результат



	A	B	C	D	E
1	Наименование дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма числа дефектов	Процент числа дефектов по каждому признаку в общей сумме	Накопительный процент
2	Слабая/стянутая строчка	74	74		
3	Отклонения линий швов от установленного	52	126		
4	Пропуск стежков в строчке	38	164		
5	Незакрепленные концы строчек в шве	27	191		
6	Прорубание материала в шве	9	200		
7	Прочие	18	218		
8	Итого	218			
9					

3. Заполним ячейку D с использованием формул

Библиотека функций		Определенные имена	
D28	\downarrow	fx	
A	B	C	D
1	Наименование дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма числа дефектов
2	Слабая/стянутая строчка	74	Процент числа дефектов по каждому признаку в общей сумме
3	Отклонения линий швов от установленного направления	52	$=B2$
4	Пропуск стежков в строчке	38	$=C2+B3$
5	Незакрепленные концы строчек в шве	27	$=B3*100/B8$
6	Прорубание материала в шве	9	$=C2+B3$
7	Прочие	18	$=B4*100/B8$
8	Итого	$=СУММ(B2:B7)$	$=C3+B4$
9			$=B4*100/B8$
			$=C4+B5$
			$=B5*100/B8$
			$=C5+B6$
			$=B6*100/B8$
			$=C6+B7$
			$=B7*100/B8$
			$=СУММ(D2:D7)$

В итоге получим результат

Библиотека функций		Определенн			
I20	\downarrow	fx			
A	B	C	D	E	
1	Наименование дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма числа дефектов	Процент числа дефектов по каждому признаку в общей сумме	Накопительный процент
2	Слабая/стянутая строчка	74	74	33,94495413	
3	Отклонения линий швов от установленного направления	52	126	23,85321101	
4	Пропуск стежков в строчке	38	164	17,43119266	
5	Незакрепленные концы строчек в шве	27	191	12,3853211	
6	Прорубание материала в шве	9	200	4,128440367	
7	Прочие	18	218	8,256880734	
8	Итого	218		100	
9					

4. Заполним ячейку E с использованием формул

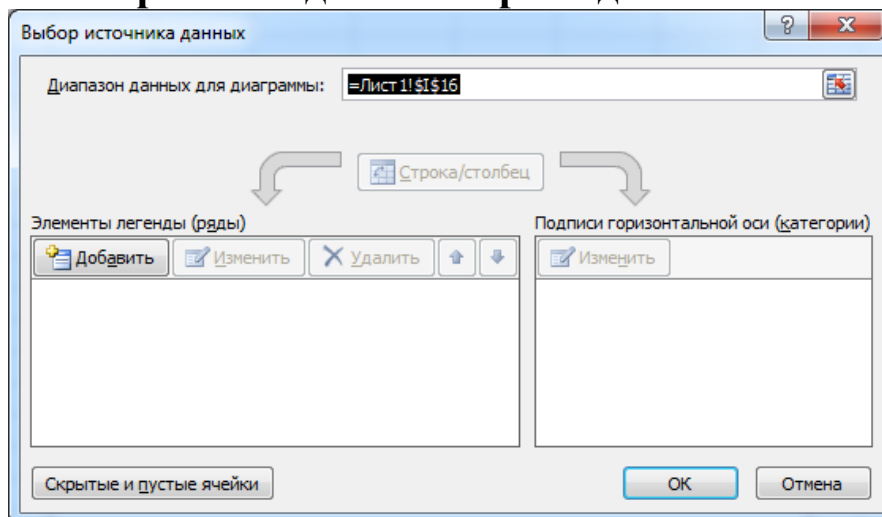
Библиотека функций		Определенные имена			
J23	\downarrow	fx			
A	B	C	D	E	
1	Наименование дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма числа дефектов	Процент числа дефектов по каждому признаку в общей сумме	Накопительный процент
2	Слабая/стянутая строчка	74	$=B2$	$=(B2*100)/B8$	$=D2$
3	Отклонения линий швов от установленного направления	52	$=C2+B3$	$=(B3*100)/B8$	$=E2+D3$
4	Пропуск стежков в строчке	38	$=C3+B4$	$=(B4*100)/B8$	$=E3+D4$
5	Незакрепленные концы строчек в шве	27	$=C4+B5$	$=(B5*100)/B8$	$=E4+D5$
6	Прорубание материала в шве	9	$=C5+B6$	$=(B6*100)/B8$	$=E5+D6$
7	Прочие	18	$=C6+B7$	$=(B7*100)/B8$	$=E6+D7$
8	Итого	$=СУММ(B2:B7)$		$=СУММ(D2:D7)$	
9					

В итоге получим результат

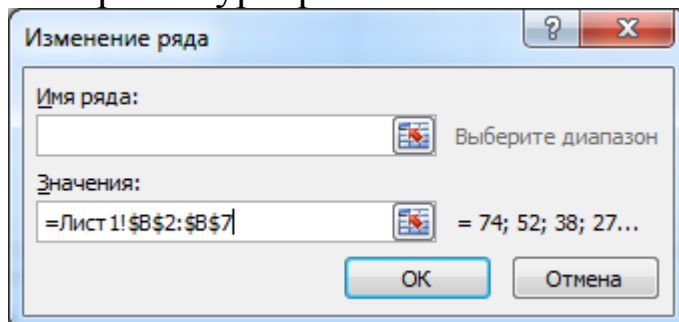
Библиотека функций		Определен	
D18		fx	
A	B	C	D
1	Наименование дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма числа дефектов
2	Слабая/стянутая строчка	74	74
3	Отклонения линий швов от установленного	52	126
4	Пропуск стежков в строчке	38	164
5	Незакрепленные концы строчек в шве	27	191
6	Прорубание материала в шве	9	200
7	Прочие	18	218
8	Итого	218	100
9			

5. Строим диаграмму

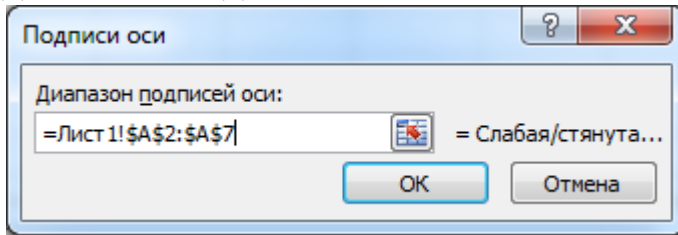
- выбираем пункт **Вставка**→**Диаграммы** и выбираем вначале - **Гистограмма** и далее **Выбрать данные**



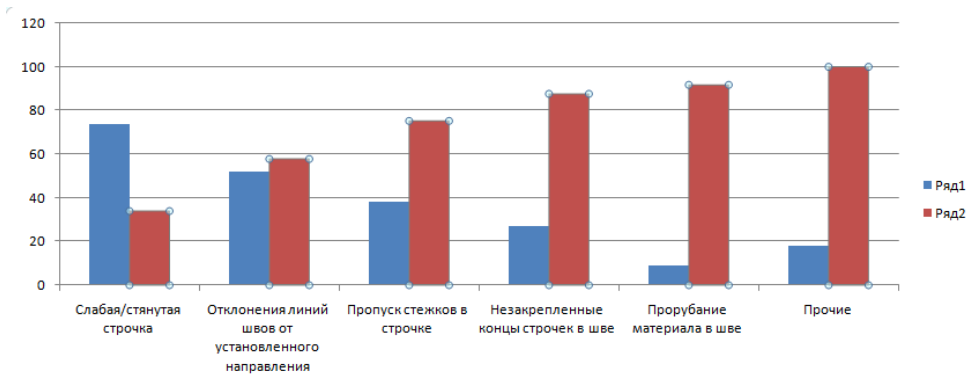
нажимаем кнопку **Добавить** и в появившемся окне в п. **Значения** выбираем курсором **B2÷B7**→**OK**



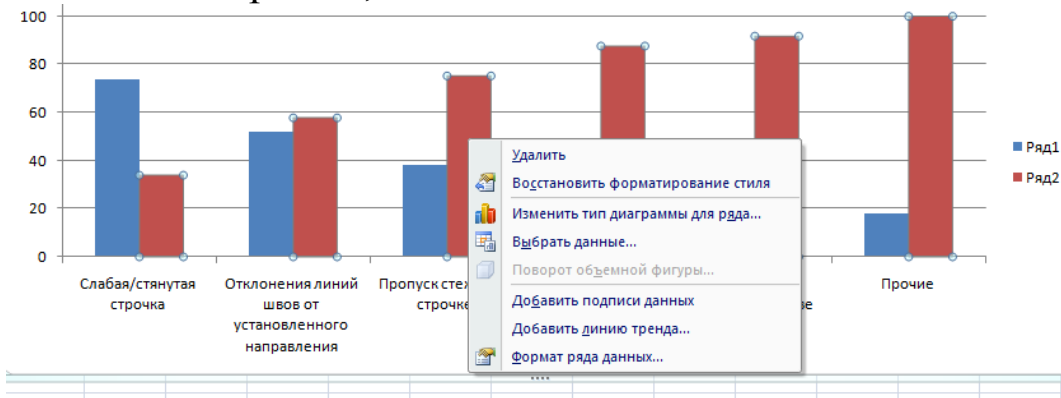
Далее в поле **Подписи горизонтальной оси (категории)** напротив **Ряд 1** нажимаем кнопку **Изменить** и в появившемся окне выбираем диапазон подписей осей A2÷A7→**ОК**



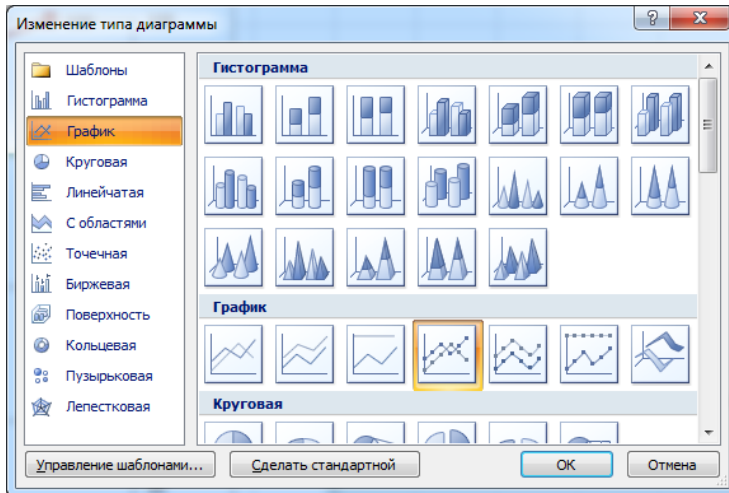
Далее в окне **Выбор источника данных** нажимаем кнопку **Добавить** и в появившемся окне в п. **Значения** выбираем курсором E2÷E7→**ОК** и еще раз нажимаем **ОК** для завершения формирования диаграммы.



Для окончательного завершения диаграммы необходимо изменить тип диаграммы для Ряда 2 (кумулятивной кривой); построить для него вторую ось справа) и изменить формат первой оси (слева). Для этого щелкаем правой кнопкой мыши по любому из столбиков ряда 2, появится меню



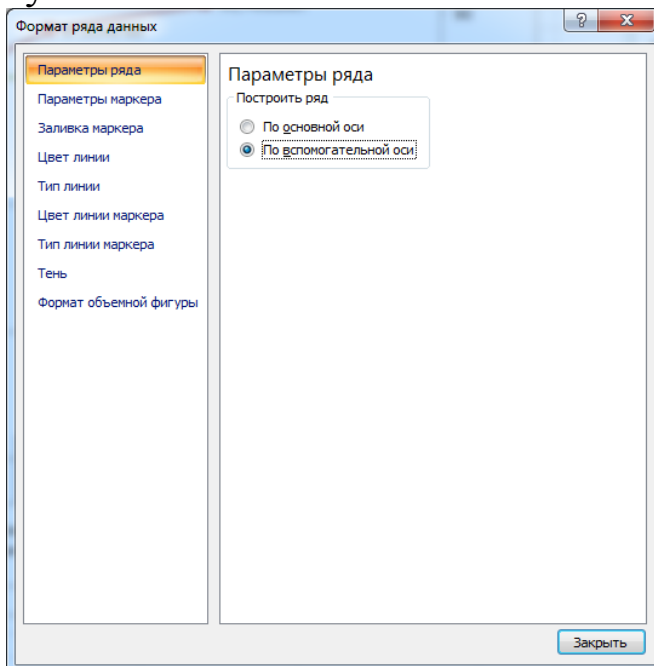
выбираем **Изменить тип диаграммы для ряда** и в открывшемся окне выбираем тип **График**



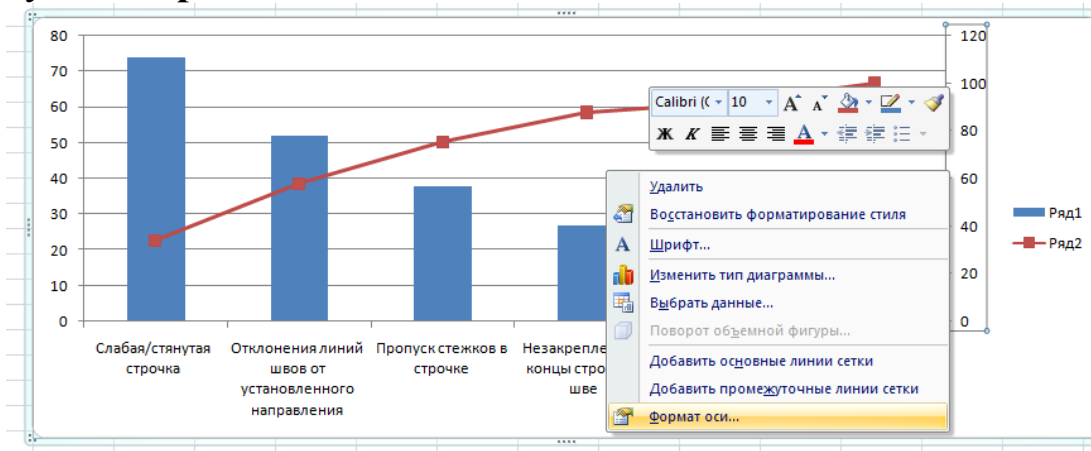
Затем щелкаем правой кнопкой мыши по кумулятивной кривой и в появившемся меню выбираем пункт **Формат ряда данных**



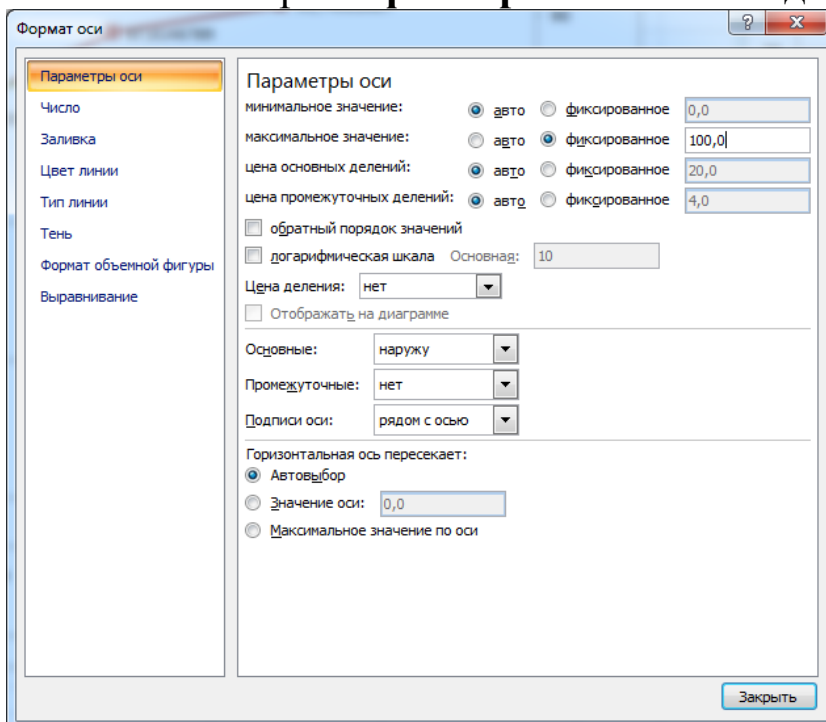
В открывшемся диалоговом окне в параметрах ряда выбираем пункт **По вспомогательной оси**



Затем щелкаем правой кнопкой мыши по правой оси и выбираем пункт **Формат оси**

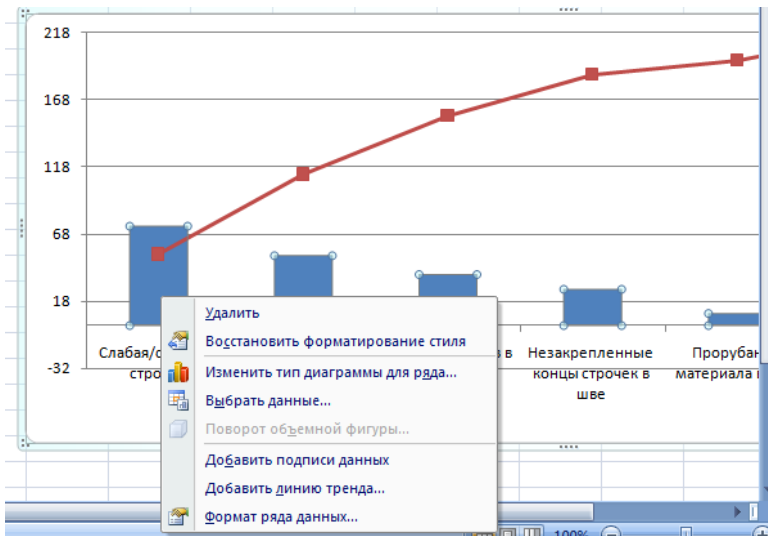


В диалоговом окне **Формат оси** в параметре **максимальное значение** выбираем **фиксированное** и вводим 100.

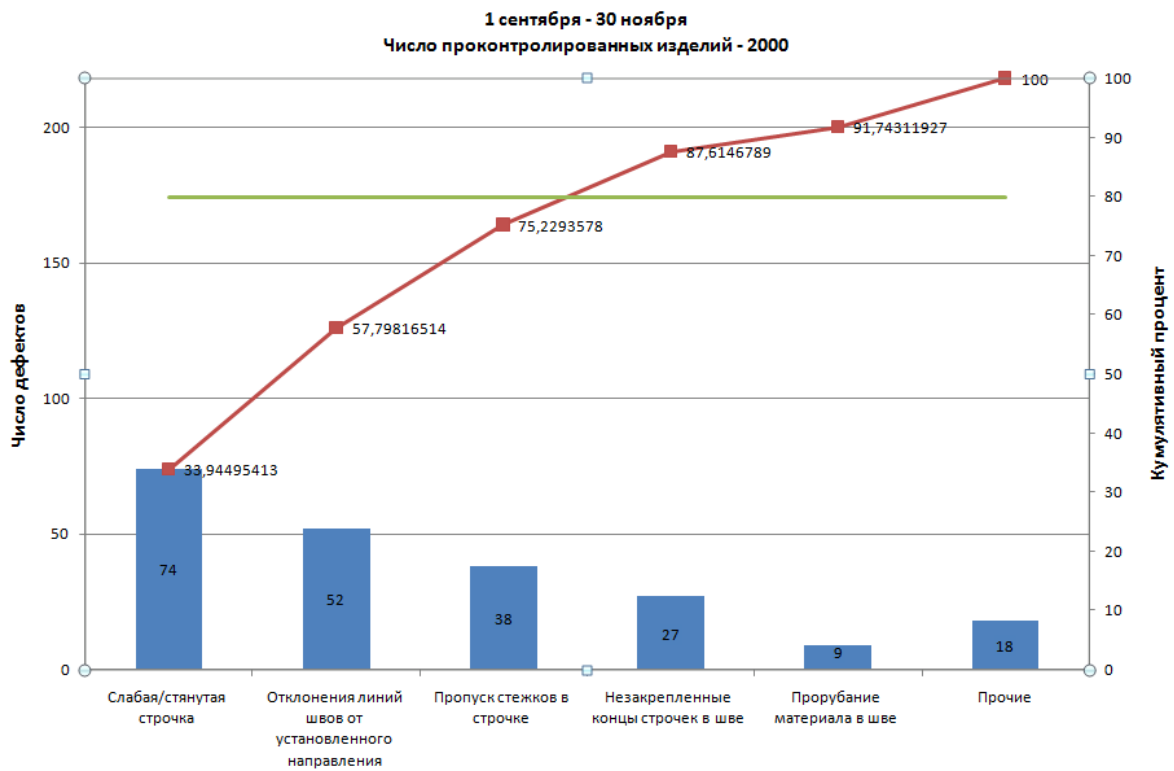


Аналогично форматируем левую ось, установив максимальное значение равное суммарному количеству дефектов (в нашем случае 218), проверяем, чтобы минимальное значение было равно 0

Щелкаем правой кнопкой мыши по столбикам (Ряд 1), в открывшемся меню выбираем пункт **Добавить подписи данных**. Аналогичную операцию проделываем для кумулятивной кривой (Ряд 2)



Добавляем необходимые надписи и отключаем легенду.



Анализ диаграммы показал, что в зоне первоочередных мер находятся дефекты: слабая/стянутая строчка, отклонения линий швов от установленного направления, пропуск стежков в строчке

ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА: ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННАЯ ДИАГРАММА ИСИКАВЫ

Задание

На основании результатов проведенного в предыдущей работе анализа Парето проведите причинно-следственный анализ и составьте диаграмму Исикава. Сформулируйте соответствующие выводы и предложения.

Особый интерес по результатам анализа Парето представляет собой зона первоочередных мер, которая включает наиболее многочисленные группы несоответствий. Именно в их отношении необходимо планировать корректирующие мероприятия по снижению их количества. Однако планированию должен предшествовать детальный анализ причин и областей возникновения «критических» несоответствий.

Для этих целей целесообразно применить причинно-следственный анализ, по результатам которого строится диаграмма Исикава. Причинно-следственная диаграмма Исикава – инструмент, который позволяет выявить наиболее существенные факторы (причины), влияющие на конечный результат (следствие).

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) – это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство в форме рыбьей кости для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления. Диаграмма причины-следствия разработана в начале 1950-х годов химиком Каорой Исикавой и названа позже его именем. Эта техника первоначально применялась в рамках менеджмента качества для анализа проблем качества и их причин. Сегодня она нашла всемирное распространение и применяется в других проблемных областях. Является одним из инструментов бережливого производства, где используется в групповой работе для поиска проблем и их причины.

Факторы первого порядка обычно устанавливают по правилу 5М:

- **material** – сырье, комплектующие;
- **machine** – оборудование;
- **method** – используемые технологии;
- **man** – персонал;
- **management** – управление и контроль.

В качестве первичных факторов могут применяться также:

- **measurement** (измерение)
- **mother nature** (окружающая среда)

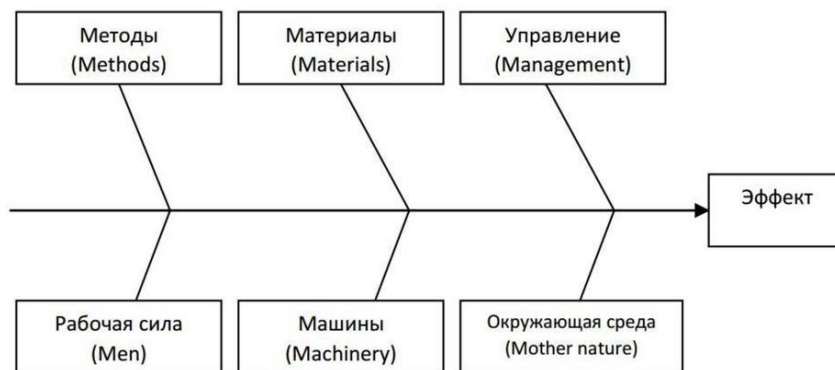


Рис. 1. Вариант диаграммы Исикавы

Диаграмма Исикавы дает возможность выявить ключевые параметры процессов, влияющие на характеристики изделий, установить причины проблем процесса или факторы, влияющие на возникновение дефекта в изделии. В том случае, когда над решением проблемы работает группа специалистов, причинно-следственная диаграмма помогает группе достичь общего понимания проблемы. Также, с помощью диаграммы Исикавы можно понять, каких данных, сведений или знаний о проблеме недостает для ее решения и тем самым сократить область принятия необоснованных решений. Когда строится диаграмма Исикавы, причины проблем распределяют по ключевым категориям. В качестве таких категорий выступают – человек, методы работы (действий), механизмы, материал, контроль и окружающая среда. Количество категорий при построении диаграммы можно уменьшать в зависимости от рассматриваемой проблемы. Диаграмма с максимальным количеством категорий называется диаграмма типа 6М

Все причины, связанные с исследуемой проблемой детализируются в рамках этих категорий:

- **причины, связанные с человеком** включают в себя факторы, обусловленные состоянием и возможностями человека. Например, это квалификация человека, его физическое состояние, опыт и пр.
- **причины, связанные с методом работы** включают в себе то, каким образом, выполняется работа, а также все, что связано с производительностью и точностью выполняемых операций процесса или действий.
- **причины, связанные с механизмами** – это все факторы, которые обусловлены оборудованием, машинами, приспособлениями, используемыми при выполнении действий. Например, состояние инструмента, состояние приспособлений и т.п.
- **причины, связанные с материалом** – это все факторы, которые определяют свойства материала в процессе выполнения работы. Например, теплопроводность материала, вязкость или твердость материала.
- **причины, связанные с контролем** – это все факторы, влияющие на достоверное распознавание ошибки выполнения действий.
- **причины, связанные с внешней средой** – это все факторы, определяющие воздействие внешней среды на выполнение действий. Например, температура, освещенность, влажность и т.п.

Каждый из факторов 1-го порядка детализируется на факторы 2-го порядка, а те в свою очередь – на факторы 3-го порядка. Такой прием требует системных знаний в области решаемой проблемы и аналитического подхода. Рекомендуемым методом определения факторов и их детализации является «мозговой штурм» группой разных специалистов (кросс-функциональная группа).

Причинно-следственный анализ целесообразно завершать ранжированием факторов 1-го порядка с выделением наиболее значимых и их последующей разработкой с ранжированием 2-го и 3-го уровня. Структурирование причин несоответствий повышает потенциальную эффективность разрабатываемых корректирующих мероприятий, после проведения которых анализ Парето можно выполнить повторно для изменившихся в результате коррекции условий и оценить эффект от проведенных улучшений



Рис. 2. Классификация причин, образующих "скелет" диаграммы

Диаграмма Исикавы может быть построена следующим образом:

1. Определяется потенциальная или существующая проблема, требующая разрешения. Формулировка проблемы размещается в прямоугольнике с правой стороны листа бумаги. От прямоугольника влево проводится горизонтальная линия.
2. По краям листа с левой стороны обозначаются ключевые категории причин, влияющих на исследуемую проблему. Количество категорий может изменяться в зависимости от рассматриваемой проблемы. Как правило, используются пять или шесть категорий из приведенного выше списка (человек, методы работы, механизмы, материал, контроль, окружающая среда).
3. От названий каждой из категорий причин к центральной линии проводятся наклонные линии. Они будут являться основными «ветвями» диаграммы Исикавы.
4. Причины проблемы, выявленные в ходе «мозгового штурма», распределяются по установленным категориям и указываются на диаграмме в виде «ветвей», примыкающих к основным «ветвям».
5. Каждая из причин детализируется на составляющие. Для этого по каждой из них задается вопрос – «Почему это произошло»? Результаты фиксируются в виде «ветвей» следующего, более низкого порядка. Процесс детализации причин продолжается до тех

пор, пока не будет найдена «корневая» причина. Для детализации может применяться и метод мозгового штурма.

6. Выявляются наиболее значимые и важные причины, влияющие на исследуемую проблему. С этой целью может использоваться диаграмма Парето. По значимым причинам проводится дальнейшая работа, и определяются корректирующие или предупреждающие мероприятия.

Пример диаграммы представлен на рисунке 3

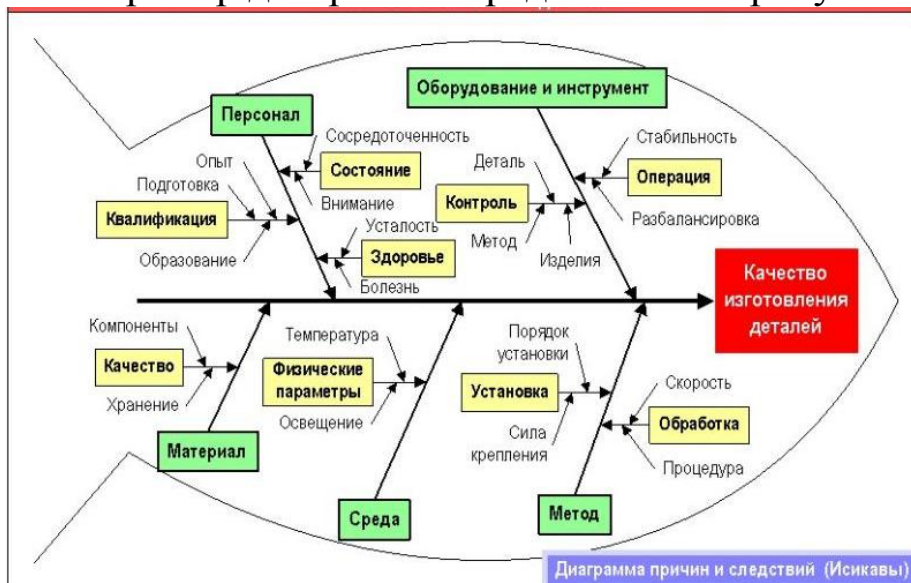


Рис. 3. Диаграмма Исикавы проблемы "Качество изготовления деталей"

Пример

В предыдущем задании с помощью анализа Парето были выявлено, что в зоне первоочередных мер находятся дефекты: слабая/стянутая строчка, отклонения линий швов от установленного направления, пропуск стежков в строчке. Построим диаграмму Исикавы для определения причин снижения качества строчки в швейных изделиях.

Исследуемая проблема - снижение качества строчки. Причины распределяются: по пяти ключевым категориям: персонал (люди), технология (метод), материалы, оборудование, среда.

Полученная диаграмма представлена на рисунке 4. Анализ и выявление наиболее существенных причин, влияющих на качество строчки позволит разработать комплекс мероприятий по устранению данных дефектов.

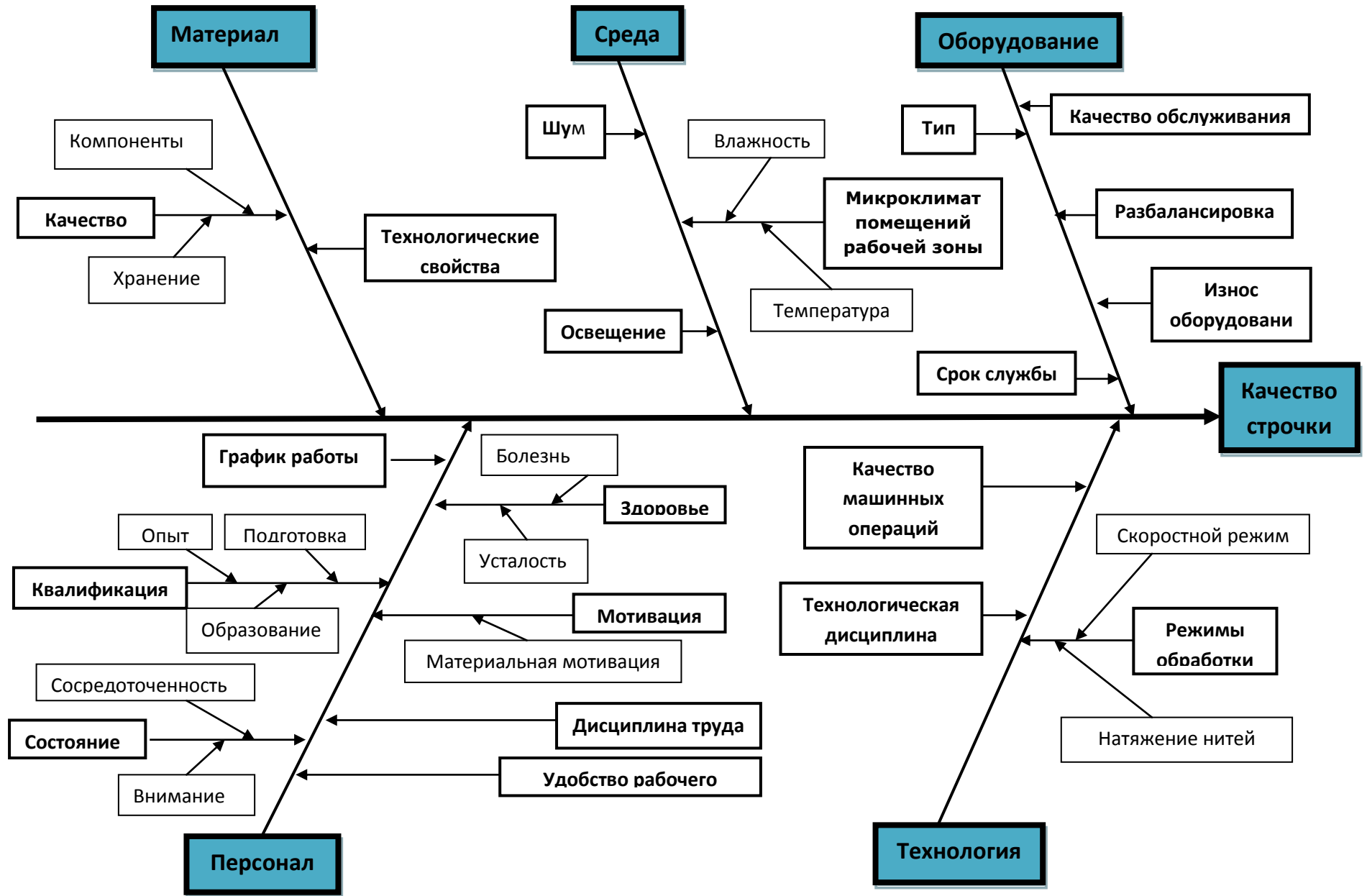


Рис. 4. Диаграмма Исикавы проблемы "Качество швейной строчки"

ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА: КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ПО КОЛИЧЕСТВЕННОМУ ПРИЗНАКУ

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

Задание:

1. Построить контрольную карту индивидуальных значений и сделать выводы об управляемости процесса (x - карта).
2. Построить контрольную карту средних значений и размахов (\bar{x} - R- карта).

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 взаимоувязке 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

Таблица 2

Формулы для расчета контрольных границ для всех видов контрольных карт

Вид контрольной карты	Верхняя контрольная граница (UCL) Нижняя контрольная граница (LCL) Средняя линия (CL)
\bar{x}	$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + 2,66\bar{R}_s$; $UCL_{R_s} = \bar{R}_s + 2,66\bar{R}_s$; $CL = \bar{\bar{x}}$; $CL_{R_s} = \bar{R}_s$; $LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - 2,66\bar{R}_s$; $LCL_{R_s} = \bar{R}_s - 2,66\bar{R}_s$
$\bar{x} - R$	$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}$; $UCL_R = D_4 \cdot \bar{R}$; $CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}}$; $CL_R = \bar{R}$; $LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}$; $LCL_R = D_3 \cdot \bar{R}$
$\bar{x} - S$	$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{S}$; $UCL_S = D_4 \cdot \bar{S}$; $CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}}$; $CL_S = \bar{S}$; $LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{S}$; $LCL_S = D_3 \cdot \bar{S}$
p^n	$UCL = \bar{p} \cdot n + 3\sqrt{\bar{p} \cdot n \cdot (1 - \bar{p})}$; $CL = \bar{p} \cdot n$; $LCL = \bar{p} \cdot n - 3\sqrt{\bar{p} \cdot n \cdot (1 - \bar{p})}$
p	$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$; $CL = \bar{p}$; $LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$
c	$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$; $CL = \bar{c}$; $LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
u	$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$; $CL = \bar{u}$; $LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$

На контрольной карте отмечают границы регулирования, ограничивающие область допустимых значений статистики. Контрольная карта является наглядным графическим средством, отражающим состояние технологического процесса. Выход точки за границу регулирования (и появление ее на самой границе) служит сигналом о том, что технологический процесс теряет управляемость (рисунок 5).



Рис. 5 Примеры контрольных \bar{X} -карт: а) управляемое состояние процесса; б) неуправляемое состояние процесса

Контрольная карта служит документом, который может быть использован для принятия обоснованных решений по улучшению качества продукции. На основании анализа результатов контрольной карты может быть принято, например, решение о пересмотре допуска на контролируемый параметр, либо это может послужить достаточным основанием для замены или модернизации оборудования.

Как читать контрольные карты?

Важнее всего в процессе управления - это точное понимание положения объекта управления с помощью чтения контрольной карты и быстрое осуществление подходящих действий, как только в объекте обнаружится что-нибудь необычное. Контролируемое состояние объекта – это такое состояние, когда процесс стабилен, а его среднее и разброс не меняются. Находится ли процесс в данном состоянии или нет, определяется по контрольной карте на основании следующих критериев.

1. *Выход за контрольные пределы. Точки, которые лежат вне контрольных пределов.* Данная ситуация характеризует состояние процесса как неконтролируемое

2. *Серия* – это проявление такого состояния, когда точки неизменно оказываются по одну сторону от средней линии; число таких точек называется длиной серии. Серия длиной в 7 точек рассматривается как ненормальная.

Даже если длина серии оказывается менее 6, в ряде случаев ситуацию следует рассматривать как ненормальную, например, когда:

- а) не менее 10 из 11 точек оказываются по одну сторону от центральной линии;
- б) не менее 12 из 14 точек оказываются по одну сторону от центральной линии;
- в) не менее 16 из 20 точек оказываются по одну сторону от центральной линии.

Серия длиной в семь точек - ненормальность

Десять из 11 последовательных точек оказались по одну сторону от центра – это ненормально

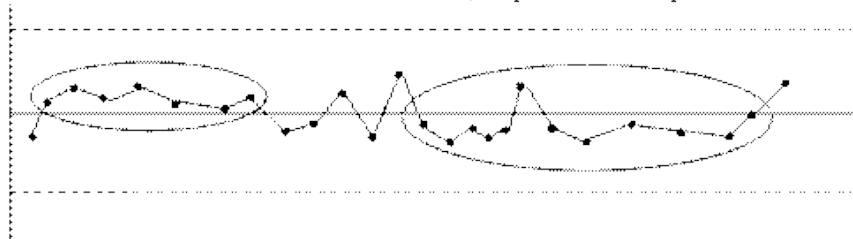


Рис. 6. Серия

3. *Тренд (дрейф).* Если точки (не менее 7 подряд) образуют непрерывно повышающуюся или понижающуюся кривую, говорят, что имеет место тренд.

Семь поднимающихся точек

Круто падающий тренд

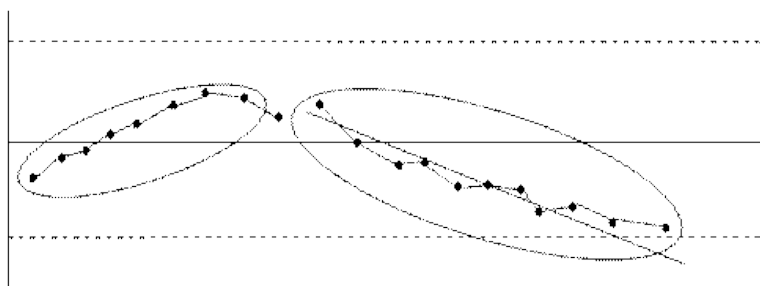


Рис. 7. Тренд (дрейф)

4. *Приближение к контрольным пределам.* Рассматриваются точки, которые приближаются к 3-сигмовым контрольным пределам, причем если 2 или 3 точки оказываются за 2-сигмовыми линиями, то такой случай надо рассматривать как ненормальный.

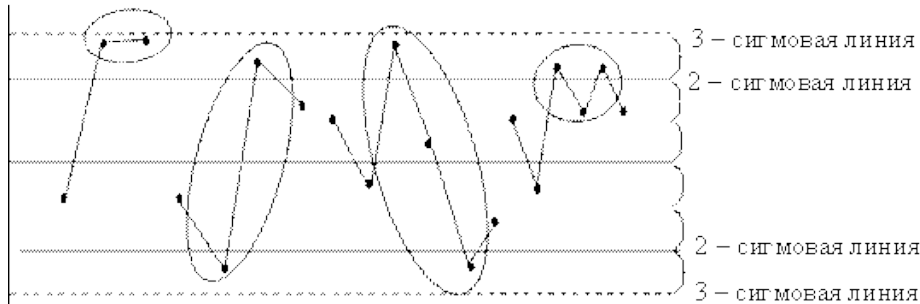


Рис. 8. Приближение к контрольным пределам (две из трёх точек)

5. *Приближение к центральной линии.* Когда большинство точек концентрируется внутри центральных полуторасигмовых линий, делящих пополам расстояние между центральной линией и каждой из контрольных линий, это обусловлено неподходящим способом разбиения на подгруппы. Приближение к центральной линии вовсе не означает, что достигнуто контролируемое состояние, напротив, это значит, что в подгруппах смешиваются данные из различных распределений, что делает размах контрольных пределов слишком широким. В таком случае надо изменить способ разбиения на подгруппы.

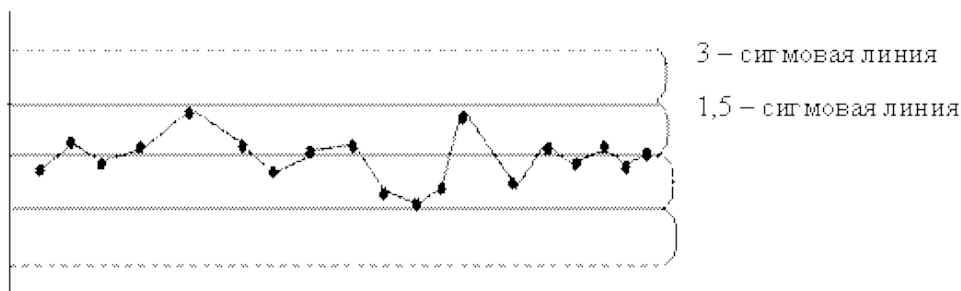


Рис. 9. Приближение к центральной линии

6. *Периодичность.* Когда кривая повторяет структуру "то подъём, то спад" с примерно одинаковыми интервалами времени, это тоже ненормально.

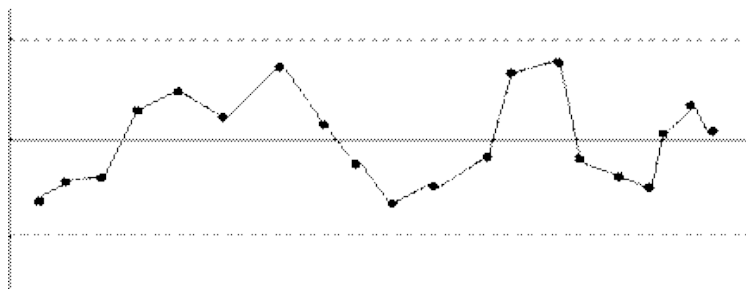


Рис. 10. Периодичность

1. Построение контрольной карты 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):

$$R_s = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n R_i. \quad (1)$$

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 x и R в виде средних линий.

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

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

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

нижняя граница карты размахов отсутствует.

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 разобраться с причинами.

В качестве примера контрольной карты индивидуальных значений разберём ситуацию замеров длины рукава в выборке, состоящей из 50 выкроенных деталей полученных на одной раскройной машине

Таблица 3

Данные измерения длины рукава

N	x_i	N	x_i	N	x_i	N	x_i	N	x_i
1	500	11	500	21	500	31	501	41	497
2	499	12	500	22	500	32	500	42	501
3	501	13	497	23	499	33	498	43	500
4	499	14	501	24	500	34	501	44	498
5	502	15	499	25	501	35	502	45	500
6	498	16	501	26	499	36	500	46	499
7	500	17	498	27	502	37	500	47	501

8	501	18	501	28	500	38	500	48	499
9	498	19	498	29	501	39	500	49	500
10	501	20	500	30	502	40	500	50	499

Выполним расчет с помощью программы Excel.

1. Внесем исходные данные и рассчитаем R согласно формуле (1). На рисунках 11 и 12 представлены фрагменты данного расчета в формульных выражениях и итоговый результат

	A	B
1	Индивидуальное значение	Скользящий размах (R)
2	500	
3	499	=ABS(A3-A2)
4	501	=ABS(A4-A3)
5	499	=ABS(A5-A4)
6	502	=ABS(A6-A5)
7	498	=ABS(A7-A6)
8	500	=ABS(A8-A7)
9	501	=ABS(A9-A8)
10	498	=ABS(A10-A9)
11	501	=ABS(A11-A10)
12	500	=ABS(A12-A11)

Рис. 11

	A	B	C	D	E
1	Индивидуальное значение	Скользящий размах (R)			
2	500				
3	499		1		
4	501		2		
5	499		2		
6	502		3		
7	498		4		
8	500		2		
9	501		1		
10	498		3		
11	501		3		
12	500		1		
13	500		0		
14	497		3		
15	501		4		
16	499		2		

Рис. 12

2. Произведем расчет значений по формулам 2-3. При этом для расчета всех линий использованы первые 30 значений.

3. Определим нижнюю и верхнюю контрольные границы в соответствии с п. 1.6 На рисунках 13 и 14 представлены фрагменты расчетов, произведенных по п. 2-3 в формульных выражениях и итоговый результат

	A	B	C	D	E	F	G
1	Индивидуальное значение	Скользящий размах (R)	Xcp	Rcp	UCLx	LCLx	UCLr
2	500		=CPЗНАЧ(A2:A31)	=CPЗНАЧ(B3:B31)	=C2+2,66*D2	=C2-2,66*D2	=D2+2,66*D2
3	499	=ABS(A3-A2)	=CPЗНАЧ(A2:A31)	=CPЗНАЧ(B3:B31)	=C3+2,66*D3	=C3-2,66*D3	=D3+2,66*D3
4	501	=ABS(A4-A3)	=CPЗНАЧ(A2:A31)	=CPЗНАЧ(B3:B31)	=C4+2,66*D4	=C4-2,66*D4	=D4+2,66*D4
5	499	=ABS(A5-A4)	=CPЗНАЧ(A2:A31)	=CPЗНАЧ(B3:B31)	=C5+2,66*D5	=C5-2,66*D5	=D5+2,66*D5
6	502	=ABS(A6-A5)	=CPЗНАЧ(A1:A31)	=CPЗНАЧ(B3:B31)	=C6+2,66*D6	=C6-2,66*D6	=D6+2,66*D6
7	498	=ABS(A7-A6)	=CPЗНАЧ(A2:A31)	=CPЗНАЧ(B3:B31)	=C7+2,66*D7	=C7-2,66*D7	=D7+2,66*D7
8	500	=ABS(A8-A7)	=CPЗНАЧ(A2:A31)	=CPЗНАЧ(B3:B31)	=C8+2,66*D8	=C8-2,66*D8	=D8+2,66*D8
9	501	=ABS(A9-A8)	=CPЗНАЧ(A2:A31)	=CPЗНАЧ(B3:B31)	=C9+2,66*D9	=C9-2,66*D9	=D9+2,66*D9

Рис.13

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Индивидуальное значение	Скользящий размах (R)	Xcp	Rcp	UCLx	LCLx	UCLr	LCLr
2	500		499,9333	1,931034	505,0699	494,7968	7,067586	-3,20552
3	499		1 499,9333	1,931034	505,0699	494,7968	7,067586	-3,20552
4	501		2 499,9333	1,931034	505,0699	494,7968	7,067586	-3,20552
5	499		2 499,9333	1,931034	505,0699	494,7968	7,067586	-3,20552
6	502		3 499,9333	1,931034	505,0699	494,7968	7,067586	-3,20552
7	498		4 499,9333	1,931034	505,0699	494,7968	7,067586	-3,20552
8	500		2 499,9333	1,931034	505,0699	494,7968	7,067586	-3,20552
9	501		1 499,9333	1,931034	505,0699	494,7968	7,067586	-3,20552
10	498		3 499,9333	1,931034	505,0699	494,7968	7,067586	-3,20552

Рис. 14

4. Построим карты индивидуальных значений и скользящего размаха

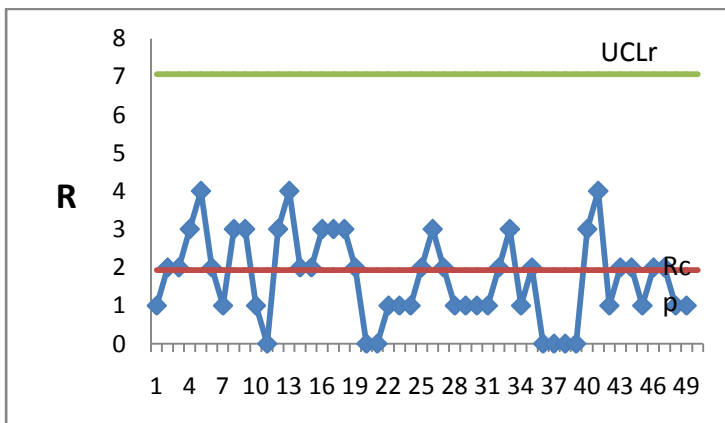
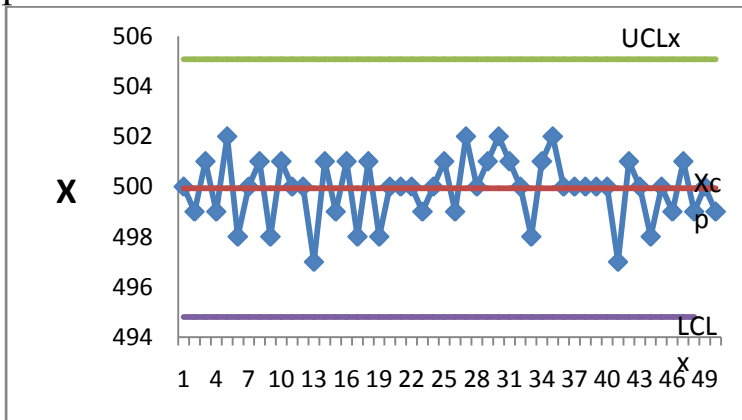


Рис. 15. Карта индивидуальных значений и скользящего размаха

Таким образом можно сделать вывод, что все 50 значений попали в область, лежащую внутри границ регулирования. Из \bar{X} – карты видно, что ни одно из значений не вышло за пределы регулирования и даже не приблизилось к ним. Тоже можно сказать и о графике скользящего размаха, который хоть и имеет несколько резких перепадов, но не указывает на явные тенденции процесса. Из этого можно сделать вывод, что процесс выкраивания деталей с регламентируемыми размерами стабилен.

2. Построение контрольной карты средних значений и размахов (\bar{x} - R- карта)

Для построения \bar{X} -R карты совокупность исходных данных разделяют на однородные подгруппы по 5–10 значений. Для каждой группы вычисляют среднее значение \bar{X}_i и размах R_i . В рамках заданной совокупности рассчитываются уровни центральных линий CL:

Результаты расчетов целесообразно представить в табличной форме (таблица 4).

Таблица 4

Форма представления данных и результатов расчета

№ п/группы	Значения подгруппы	$X_i (max)$	$X_i (min)$	R_i	\bar{X}_i
1	$x11$ $x12$ $x13$ $x14$...				
2	$x21$ $x22$ $x23$ $x24$...				
3	$x31$ $x32$ $x33$ $x34$...				
...					
n	$xn1$ $xn2$ $xn3$ $xn4$...				
				$\bar{R} =$	$\bar{\bar{X}} =$

Уровни контрольных линий для построения \bar{X} -R карты вычисляется по формулам, представленным в таблице 1. $A2$, $D4$, $D3$ – коэффициенты, значения которых зависят от объема подгруппы

(количество значений в подгруппе) и определяются по таблице 5. Нижний предел R -карты принимается равным 0, если объем группы $n < 7$.

Таблица 5

Коэффициенты для вычисления линий контрольных карт

№ строки	Наблюдения в выборке	Средние значения	Коэффициенты для пределов управляемости	
	n	A_2	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

С учетом рассчитанных значений контрольных пределов и центральных линий переходят к их непосредственному графическому нанесению на карту. Анализ взаимного

расположения точек на $\bar{X}-R$ карте позволяет сформулировать общие выводы о состоянии процесса, его управляемости.

Пример оформления контрольной $\bar{X}-R$ карты с использованием возможностей Microsoft Excel приведен ниже.

В табл. 6 приведены результаты измерений ширины отложного воротника. Каждые полчаса делалось пять измерений, всего взято 20 выборок.

Таблица 6

Производственные данные ширины отложного воротника

Номер подгруппы	Ширина отложного воротника, мм				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1	83	81	80	81	82
2	80	81	82	80	79
3	83	81	82	79	81
4	80	83	81	80	82
5	81	81	83	81	81
6	82	81	80	82	80
7	80	79	80	82	79
8	80	79	82	80	81
9	82	81	82	80	80
10	82	80	81	80	79
11	81	81	82	82	79
12	80	79	81	82	81
13	82	80	82	80	81
14	81	79	80	81	81
15	82	79	83	82	84
16	83	78	84	84	83
17	77	78	84	85	81
18	77	78	85	83	86
19	78	79	78	82	81
20	85	79	86	84	85

1. Внесем исходные данные и рассчитаем \bar{R} и \bar{X} . На рисунках 16 и 17 представлены фрагменты данного расчета в формульных выражениях и итоговый результат

L17								
	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Значения в выборке						
2	№ выборки	1	2	3	4	5	Среднее \bar{X}	Размах R
3	1	83	81	80	81	82	=СРЗНАЧ(В3:F3)	=МАКС(В3:F3)-МИН(В3:F3)
4	2	80	81	82	80	79	=СРЗНАЧ(В4:F4)	=МАКС(В4:F4)-МИН(В4:F4)
5	3	83	81	82	79	81	=СРЗНАЧ(В5:F5)	=МАКС(В5:F5)-МИН(В5:F5)
6	4	80	83	81	80	82	=СРЗНАЧ(В6:F6)	=МАКС(В6:F6)-МИН(В6:F6)
7	5	81	81	83	81	81	=СРЗНАЧ(В7:F7)	=МАКС(В7:F7)-МИН(В7:F7)
8	6	82	81	80	82	80	=СРЗНАЧ(В8:F8)	=МАКС(В8:F8)-МИН(В8:F8)
9	7	80	79	80	82	79	=СРЗНАЧ(В9:F9)	=МАКС(В9:F9)-МИН(В9:F9)
10	8	80	79	82	80	81	=СРЗНАЧ(В10:F10)	=МАКС(В10:F10)-МИН(В10:F10)
11	9	82	81	82	80	80	=СРЗНАЧ(В11:F11)	=МАКС(В11:F11)-МИН(В11:F11)
12	10	82	80	81	80	79	=СРЗНАЧ(В12:F12)	=МАКС(В12:F12)-МИН(В12:F12)
13	11	81	81	82	82	79	=СРЗНАЧ(В13:F13)	=МАКС(В13:F13)-МИН(В13:F13)
14	12	80	79	81	82	81	=СРЗНАЧ(В14:F14)	=МАКС(В14:F14)-МИН(В14:F14)
15	13	82	80	82	80	81	=СРЗНАЧ(В15:F15)	=МАКС(В15:F15)-МИН(В15:F15)
16	14	81	79	80	81	81	=СРЗНАЧ(В16:F16)	=МАКС(В16:F16)-МИН(В16:F16)
17	15	82	79	83	82	84	=СРЗНАЧ(В17:F17)	=МАКС(В17:F17)-МИН(В17:F17)
18	16	83	78	84	84	83	=СРЗНАЧ(В18:F18)	=МАКС(В18:F18)-МИН(В18:F18)
19	17	77	78	84	85	81	=СРЗНАЧ(В19:F19)	=МАКС(В19:F19)-МИН(В19:F19)
20	18	77	78	85	83	86	=СРЗНАЧ(В20:F20)	=МАКС(В20:F20)-МИН(В20:F20)
21	19	78	79	78	82	81	=СРЗНАЧ(В21:F21)	=МАКС(В21:F21)-МИН(В21:F21)
22	20	85	79	86	84	85	=СРЗНАЧ(В22:F22)	=МАКС(В22:F22)-МИН(В22:F22)
23	Среднее						=СРЗНАЧ(G3:G22)	=СРЗНАЧ(H3:H22)

Рис. 16

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1		Значения в выборке							
2	№ выборки	1	2	3	4	5	Среднее \bar{X}	Размах R	
3	1	83	81	80	81	82	81,4	3	
4	2	80	81	82	80	79	80,4	3	
5	3	83	81	82	79	81	81,2	4	
6	4	80	83	81	80	82	81,2	3	
7	5	81	81	83	81	81	81,4	2	
8	6	82	81	80	82	80	81	2	
9	7	80	79	80	82	79	80	3	
10	8	80	79	82	80	81	80,4	3	
11	9	82	81	82	80	80	81	2	
12	10	82	80	81	80	79	80,4	3	
13	11	81	81	82	82	79	81	3	
14	12	80	79	81	82	81	80,6	3	
15	13	82	80	82	80	81	81	2	
16	14	81	79	80	81	81	80,4	2	
17	15	82	79	83	82	84	82	5	
18	16	83	78	84	84	83	82,4	6	
19	17	77	78	84	85	81	81	8	
20	18	77	78	85	83	86	81,8	9	
21	19	78	79	78	82	81	79,6	4	
22	20	85	79	86	84	85	83,8	7	
23	Среднее							81,1	3,85

Рис. 17

2. Вычислим каждую контрольную линию для \bar{x} - карты и для R-карты

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Значения в выборке					Среднее \bar{x}		Размах R	Контрольные линии				
2	№ выборки	1	2	3	4	5	Среднее		UCLx	LCLx	CLx	UCLr	CLr
3	1	83	81	80	81	82	=СРЗНАЧ(В3:F3)	=МАКС(В3:F3)-МИН(В3:F3)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
4	2	80	81	82	80	79	=СРЗНАЧ(В4:F4)	=МАКС(В4:F4)-МИН(В4:F4)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
5	3	83	81	82	79	81	=СРЗНАЧ(В5:F5)	=МАКС(В5:F5)-МИН(В5:F5)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
6	4	80	83	81	80	82	=СРЗНАЧ(В6:F6)	=МАКС(В6:F6)-МИН(В6:F6)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
7	5	81	81	83	81	81	=СРЗНАЧ(В7:F7)	=МАКС(В7:F7)-МИН(В7:F7)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
8	6	82	81	80	82	80	=СРЗНАЧ(В8:F8)	=МАКС(В8:F8)-МИН(В8:F8)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
9	7	80	79	80	82	79	=СРЗНАЧ(В9:F9)	=МАКС(В9:F9)-МИН(В9:F9)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
10	8	80	79	82	80	81	=СРЗНАЧ(В10:F10)	=МАКС(В10:F10)-МИН(В10:F10)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
11	9	82	81	82	80	80	=СРЗНАЧ(В11:F11)	=МАКС(В11:F11)-МИН(В11:F11)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
12	10	82	80	81	80	79	=СРЗНАЧ(В12:F12)	=МАКС(В12:F12)-МИН(В12:F12)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
13	11	81	81	82	82	79	=СРЗНАЧ(В13:F13)	=МАКС(В13:F13)-МИН(В13:F13)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
14	12	80	79	81	82	81	=СРЗНАЧ(В14:F14)	=МАКС(В14:F14)-МИН(В14:F14)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
15	13	82	80	82	80	81	=СРЗНАЧ(В15:F15)	=МАКС(В15:F15)-МИН(В15:F15)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
16	14	81	79	80	81	81	=СРЗНАЧ(В16:F16)	=МАКС(В16:F16)-МИН(В16:F16)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
17	15	82	79	83	82	84	=СРЗНАЧ(В17:F17)	=МАКС(В17:F17)-МИН(В17:F17)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
18	16	83	78	84	84	83	=СРЗНАЧ(В18:F18)	=МАКС(В18:F18)-МИН(В18:F18)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
19	17	77	80	84	85	81	=СРЗНАЧ(В19:F19)	=МАКС(В19:F19)-МИН(В19:F19)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
20	18	77	78	85	83	86	=СРЗНАЧ(В20:F20)	=МАКС(В20:F20)-МИН(В20:F20)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
21	19	78	79	78	82	81	=СРЗНАЧ(В21:F21)	=МАКС(В21:F21)-МИН(В21:F21)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
22	20	85	79	86	84	85	=СРЗНАЧ(В22:F22)	=МАКС(В22:F22)-МИН(В22:F22)	=G23+0,577*H23	=G23-0,577*H23	=G23	=2,115*H23	=H23
23	Среднее						=СРЗНАЧ(Г3:Г22)	=СРЗНАЧ(Н3:Н22)					
24													

Рис. 18

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Значения в выборке					Среднее \bar{x}		Размах R	Контрольные линии				
2	№ выборки	1	2	3	4	5	Среднее		UCLx	LCLx	CLx	UCLr	CLr
3	1	83	81	80	81	82	81,4	3	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
4	2	80	81	82	80	79	80,4	3	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
5	3	83	81	82	79	81	81,2	4	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
6	4	80	83	81	80	82	81,2	3	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
7	5	81	81	83	81	81	81,4	2	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
8	6	82	81	80	82	80	81	2	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
9	7	80	79	80	82	79	80	3	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
10	8	80	79	82	80	81	80,4	3	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
11	9	82	81	82	80	80	81	2	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
12	10	82	80	81	80	79	80,4	3	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
13	11	81	81	82	82	79	81	3	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
14	12	80	79	81	82	81	80,6	3	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
15	13	82	80	82	80	81	81	2	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
16	14	81	79	80	81	81	80,4	2	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
17	15	82	79	83	82	84	82	5	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
18	16	83	78	84	84	83	82,4	6	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
19	17	77	78	84	85	81	81	8	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
20	18	77	78	85	83	86	81,8	9	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
21	19	78	79	78	82	81	79,6	4	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
22	20	85	79	86	84	85	83,8	7	83,32145	78,87855	81,1	8,14275	3,85
23	Среднее						81,1	3,85					

Рис. 19

3. Построим карты средних значений и размаха

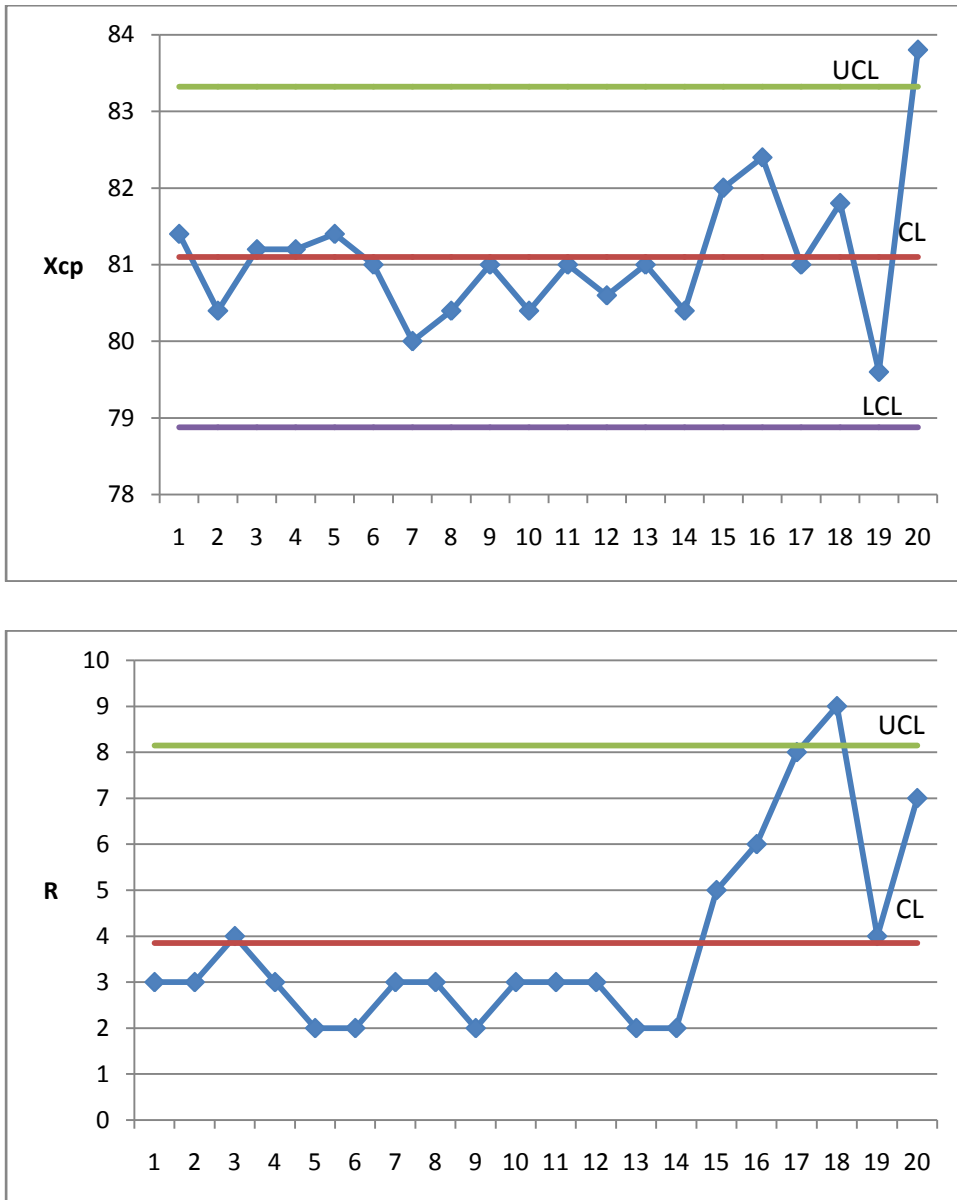


Рис. 20. Карты средних и размахов

Анализ \bar{X} – и R карт показывает, что имеются точки, которые вышли за границы. В этих точках процесса следует произвести соответствующее корректирующее действие, чтобы устранить особые причины и предотвратить их повторение

ИНСТРУМЕНТЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА: КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ПО АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ПРИЗНАКУ

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

Задание - Выполнить построение контрольных карт в соответствии с исходными данными Вашего контрольного варианта

Теоретические аспекты

Альтернативные данные представляют собой наблюдения, в которых фиксируется наличие или отсутствие определенных характеристик (или признаков) у каждой единицы продукции, входящей в рассматриваемую партию или выборку. На основе этих данных производится подсчет числа единиц продукции, обладающих изучаемым признаком, или число таких признаков для единицы продукции, выборки или партии. Альтернативные данные для их получения не требуют использования сложного мерительного инструмента, могут быть получены достаточно быстро и без существенных затрат.

Для альтернативных данных используют следующие типы контрольных карт:

- 1) *p*-карты (карты доли несоответствующих единиц продукции);
- 2) *np*-карты (карты числа несоответствующих единиц продукции);
- 3) *c*-карты (карты суммарного числа несоответствий);
- 4) *u*-карты (карты числа несоответствий на единицу продукции).

Каждая из применяемых выборочных статистик должна быть определена операционально: каким образом каждая выборочная статистика определяется и рассчитывается на основе опытных данных. Операциональные определения названных выборочных статистик следующие:

np – число несоответствующих единиц (продукции, результатов), обнаруженных в выборке объема.

Несоответствующей (требованиям) единицей называется продукция или результат, имеющие хотя бы одно несоответствие

p – доля несоответствующих единиц (продукции, результатов). Определяется как отношение числа обнаруженных несоответствующих единиц np , к общему числу n проверенных единиц продукции в составе выборки. Величина может выражаться в долях или процентах и определяется формулами: $p = np/n$ или $p\% = 100np/n$

c – число несоответствий, обнаруженное при проверке выборки объема n .

u – число несоответствий на единицу (продукции, результатов) в выборке объема n . Величина u может рассчитываться на единицу или 100 единиц и определяется формулами: $u = c/n$ или $100u = 100c/n$

Построение контрольных карт связано с вычислением на основе выборочных данных значений центральной (средней) линии CL и контрольных границ UCL и LCL .

Основные расчетные зависимости для определения параметров
контрольных карт для альтернативных данных

<p>Обозначения: $\sum n$ – общее число проверенных изделий (по всем выборкам); $\sum np$ – суммарное число несоответствующих единиц продукции во всех выборках; c – суммарное число несоответствий во всех выборках; k – число выборок или периодов наблюдений.</p>			
<p><i>p</i>-карта Объем выборки n может варьироваться</p>	<p><i>np</i>-карта Объем выборки должен быть постоянный $n =$ <i>Const</i></p>	<p><i>c</i>-карта Объем выборки должен быть постоянный $n =$ <i>Const</i></p>	<p><i>u</i>-карта Объем выборки n может варьироваться</p>
<p>Средняя доля несоответствующих единиц продукции: $CL_p = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$</p>	<p>Среднее число несоответствующих единиц продукции в выборке объема n: $CL_{np} = \bar{np} = \frac{\sum np}{k}$</p>	<p>Среднее число несоответствий в выборке объема n: $CL_c = \bar{c} = \frac{\sum c}{k}$</p>	<p>Среднее число несоответствий на единицу продукции: $CL_u = \bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n}$</p>
<p>Стандартное отклонение доли несоответствующих единиц: $\sigma_p = \sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$</p>	<p>Стандартное отклонение несоответствующих единиц на выборку объема n: $\sigma_{np} = \sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$</p>	<p>Стандартное отклонение числа несоответствий на выборку объема n: $\sigma_c = \sqrt{\bar{c}}$</p>	<p>Стандартное отклонение числа несоответствий на единицу продукции: $\sigma_u = \sqrt{\bar{u}/n}$</p>
<p>При различных объемах выборок заменить n на</p>			<p>При различных объемах выборок заменить n на</p>

средний объем выборки: $\bar{n} = (\sum n) / k$			средний объем выборки: $\bar{n} = (\sum n) / k$
Верхняя контрольная граница: $UCL_p = \bar{p} + 3\sigma_p$ Нижняя контрольная граница: $LCL_p = \bar{p} - 3\sigma_p$	Верхняя контрольная граница: $UCL_{np} = \bar{np} + 3\sigma_{np}$ Нижняя контрольная граница: $LCL_{np} = \bar{np} - 3\sigma_{np}$	Верхняя контрольная граница: $UCL_c = \bar{c} + 3\sigma_c$ Нижняя контрольная граница: $LCL_c = \bar{c} - 3\sigma_c$	Верхняя контрольная граница: $UCL_u = \bar{u} + 3\sigma_u$ Нижняя контрольная граница: $LCL_u = \bar{u} - 3\sigma_u$
<p>Примечание: 1) при использовании p-карт и u-карт допускается колебание размеров выборок в пределах $\pm 25\%$ от \bar{n}</p> <p>2) если по расчетам граница LCL отрицательная (меньше нуля), то принимается $LCL = 0$;</p> <p>3) если по расчетам граница UCL больше 1 или больше 100 %, то принимается $UCL = 1$ или 100 % .</p>			

Для выбора типа контрольной карты возможно использовать блок-схему рис. 21.

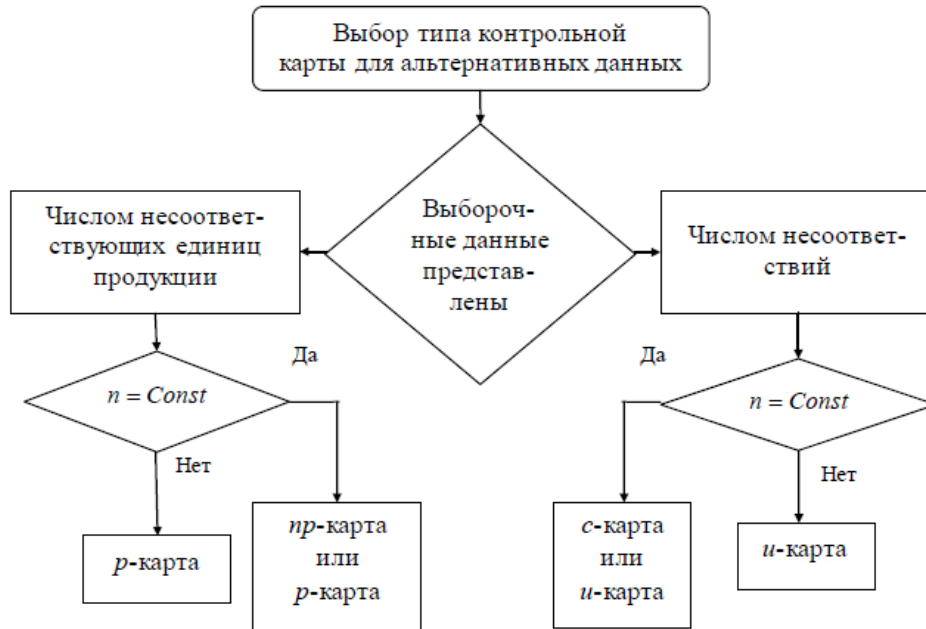


Рис. 21. Схема выбора типа контрольной карты для альтернативных данных

Пример 1

Для оценки качества поставщика из каждой партии поставляемой продукции бралась случайная выборка постоянного объема $n=80$ единиц продукции. Изделия, входящие в выборку, проверялись, и подсчитывалось число несоответствующих единиц продукции. Всего было проверено 10 последовательных партий. Результаты проверок приведены в табл. 8.

Таблица 8

Контрольный лист подсчета несоответствующих единиц продукции

№ партии	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем выборки n	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Число несоответствующих единиц продукции nr	1	2	0	3	14	4	1	2	15	3

Согласно блок-схеме рис. 21 для оценки качества поставок мы можем выбрать либо nr -карту, либо p -карту, так как нам дано число несоответствующих единиц продукции, а объем выборки постоянный. С точки зрения построения nr -карта проще. Ниже

представлены этапы построения *np*-карты с помощью программы Excel. На рисунке 1 - вычисления по формулам согласно таблице 8, На рисунке 22 - результат вычислений.

Поскольку значение *LCL* получилось отрицательное, то принимаем $LCL = 0$. На следующем этапе строим контрольную карту (рисунок 24).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
		Объем	Число несоответствующих	Доля несоответствующих единиц					
			единиц продукции	пр					
1	№ партии	выборки	единиц продукции	пр	продукции p,%	CLnp	σ_{np}	UCLnp	LCL
2	1	80	1		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E2*(1-F2))	=E2+3*G2	=E2-3*G2
3	2	80	2		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E3*(1-F3))	=E3+3*G3	=E3-3*G3
4	3	80	0		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E4*(1-F4))	=E4+3*G4	=E4-3*G4
5	4	80	3		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E5*(1-F5))	=E5+3*G5	=E5-3*G5
6	5	80	14		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E6*(1-F6))	=E6+3*G6	=E6-3*G6
7	6	80	4		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E7*(1-F7))	=E7+3*G7	=E7-3*G7
8	7	80	1		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E8*(1-F8))	=E8+3*G8	=E8-3*G8
9	8	80	2		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E9*(1-F9))	=E9+3*G9	=E9-3*G9
10	9	80	15		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E10*(1-F10))	=E10+3*G10	=E10-3*G10
11	10	80	3		=D12/10	=C12/B12	=КОРЕНЬ(E11*(1-F11))	=E11+3*G11	=E11-3*G11
12	Итого	=СУММ(B2:)	=СУММ(C2:C11)		=СУММ(D2:D11)				

Рис. 22

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		Объем	Число несоответствующих	Доля несоответствующих						
			единиц продукции	единиц продукции						
1	№ партии	выборки	пр	p,%	CLnp	σ_{np}	UCLnp	LCL		
2	1	80	1	1,25	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
3	2	80	2	2,5	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
4	3	80	0	0	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
5	4	80	3	3,75	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
6	5	80	14	17,5	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
7	6	80	4	5	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
8	7	80	1	1,25	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
9	8	80	2	2,5	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
10	9	80	15	18,75	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
11	10	80	3	3,75	5,625	0,0563	2,30403857	12,53712	-1,28711572	
12	Итого	800	45	56,25						

Рис. 23



Рис. 24

Анализ контрольной карты (рис. 24) позволяет заключить:
 – процесс поставок нестабилен, так как две точки (значения p для выборок из партий 5 и 9) вышли за контрольную границу ;

(Выход за этот предел рассматривается как событие редкое (маловероятное), но это событие наступило, и, следовательно, на качество партий 5 и 9 действовали специальные (особые) причины, которые и вызвали выход показателя качества за контрольную границу);

– поставщику необходимо выявить эти специальные причины, выяснить их природу и не допустить их появления в будущем, и стабилизировать тем самым качество поставок.

Пример 2

Рассмотрим процесс контроля дефектных изделий в партиях, имеющих разный объем согласно данным проведенного контроля.

Таблица 9

Результаты контроля дефектности

Номер партии j	Объем партии n_j	Число дефектных изделий m_j
1	90	3
2	85	2
3	105	3
4	104	2
5	108	2

6	95	3
7	96	0
8	88	1
9	94	2
10	88	3
11	103	2
12	102	0
13	96	1
14	88	1
15	94	2
16	102	3
17	103	1
18	108	0
19	104	2
20	108	2
21	95	0
22	105	2
23	85	3
24	90	2

Согласно блок-схеме рис. 21 для оценки качества необходимо выбрать p -карту. Далее представлены этапы построения p -карты с помощью программы Excel. На рисунке 25 - вычисления по формулам согласно таблице 7, На рисунке 26 - результат вычислений.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Номер партии j	Объем партии n_j	Число дефектных изделий m_j	Доля дефектных изделий p_j	CLp	ncp	sp	UCLp	LCLp
1									
2	1	90	3	=C2/B2	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E2*(1-E2))/F2)	=E2+3*G2	=E2-3*G2
3	2	85	2	=C3/B3	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E3*(1-E3))/F3)	=E3+3*G3	=E3-3*G3
4	3	105	3	=C4/B4	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E4*(1-E4))/F4)	=E4+3*G4	=E4-3*G4
5	4	104	2	=C5/B5	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E5*(1-E5))/F5)	=E5+3*G5	=E5-3*G5
6	5	108	2	=C6/B6	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E6*(1-E6))/F6)	=E6+3*G6	=E6-3*G6
7	6	95	3	=C7/B7	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E7*(1-E7))/F7)	=E7+3*G7	=E7-3*G7
8	7	96	0	=C8/B8	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E8*(1-E8))/F8)	=E8+3*G8	=E8-3*G8
9	8	88	1	=C9/B9	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E9*(1-E9))/F9)	=E9+3*G9	=E9-3*G9
10	9	94	2	=C10/B10	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E10*(1-E10))/F10)	=E10+3*G10	=E10-3*G10
11	10	88	3	=C11/B11	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E11*(1-E11))/F11)	=E11+3*G11	=E11-3*G11
12	11	103	2	=C12/B12	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E12*(1-E12))/F12)	=E12+3*G12	=E12-3*G12
13	12	102	0	=C13/B13	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E13*(1-E13))/F13)	=E13+3*G13	=E13-3*G13
14	13	96	1	=C14/B14	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E14*(1-E14))/F14)	=E14+3*G14	=E14-3*G14
15	14	88	1	=C15/B15	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E15*(1-E15))/F15)	=E15+3*G15	=E15-3*G15
16	15	94	2	=C16/B16	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E16*(1-E16))/F16)	=E16+3*G16	=E16-3*G16
17	16	102	3	=C17/B17	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E17*(1-E17))/F17)	=E17+3*G17	=E17-3*G17
18	17	103	1	=C18/B18	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E18*(1-E18))/F18)	=E18+3*G18	=E18-3*G18
19	18	108	0	=C19/B19	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E19*(1-E19))/F19)	=E19+3*G19	=E19-3*G19
20	19	104	2	=C20/B20	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E20*(1-E20))/F20)	=E20+3*G20	=E20-3*G20
21	20	108	2	=C21/B21	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E21*(1-E21))/F21)	=E21+3*G21	=E21-3*G21
22	21	95	0	=C22/B22	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E22*(1-E22))/F22)	=E22+3*G22	=E22-3*G22
23	22	105	2	=C23/B23	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E23*(1-E23))/F23)	=E23+3*G23	=E23-3*G23
24	23	85	3	=C24/B24	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E24*(1-E24))/F24)	=E24+3*G24	=E24-3*G24
25	24	90	2	=C25/B25	=C26/B26	=B26/24	=КОРЕНЬ((E25*(1-E25))/F25)	=E25+3*G25	=E25-3*G25
26	Итого	=СУММ(E=CУММ(C2:C25)							
27									

Рис. 25

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Номер партии j	Объем партии n_j	Число дефектных изделий m_j	Доля дефектных изделий p_j	CLp	nср	sp	UCLp	LCLp	
1										
2	1	90	3	0,033333333	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
3	2	85	2	0,023529412	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
4	3	105	3	0,028571429	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
5	4	104	2	0,019230769	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
6	5	108	2	0,018518519	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
7	6	95	3	0,031578947	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
8	7	96	0	0	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
9	8	88	1	0,011363636	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
10	9	94	2	0,021276596	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
11	10	88	3	0,034090909	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
12	11	103	2	0,019417476	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
13	12	102	0	0	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
14	13	96	1	0,010416667	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
15	14	88	1	0,011363636	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
16	15	94	2	0,021276596	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
17	16	102	3	0,029411765	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
18	17	103	1	0,009708738	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
19	18	108	0	0	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
20	19	104	2	0,019230769	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
21	20	108	2	0,018518519	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
22	21	95	0	0	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
23	22	105	2	0,019047619	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
24	23	85	3	0,035294118	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
25	24	90	2	0,022222222	0,017979	97,33333	0,013468	0,058385	-0,02243	
26	Итого	2336	42							

Рис. 26

Поскольку значение LCL получилось отрицательное, то принимаем $LCL = 0$. На следующем этапе строим контрольную карту (рисунок 27).



Рис. 27

Пример 3

Рассмотрим пример построения контрольной карты типа c .

Карта типа c применяется, если на изделиях контролируется число однородных дефектов, при этом изделия имеют одинаковые

размеры. Например, контролируется число дефектов или неровность в тканях и т.д.

Используют *c*-карту для производственного контроля небольших партий изделий. Чувствительность *c*-карты сравнительно невелика, но ее с успехом можно применить при производстве деталей, контролируемых визуально.

В ее основе лежит средняя процентная доля брака. Контролер ежечасно обходит закрепленные за ним рабочие места и подвергает проверке 12 или 13 образцов из продукции последнего часа. Накопленную сумму обнаруженных дефектных изделий он каждый час заносит в контрольную карту. Также *c*-карту применяют для выявления лучшей или худшей единицы оборудования. Проводится *n* наблюдений (выборок) на каждой единице оборудования. На карту наносится среднее число дефектных изделий на одну единицу оборудования. То есть по графику становится видно, какое оборудование работает хорошо, а какое плохо.

Результаты контроля числа дефектов готовых изделий - жакета женского представлены в таблице 10.

Этапы построения *c*-карты с помощью программы Excel представлены на рисунке 28 - вычисления по формулам согласно таблице 7, на рисунке 29 - результат вычислений.

Таблица 10

Результаты контроля числа дефектов

Номер изделия j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Число дефектов c_j	3	1	0	0	2	0	1	2	0	3	0	1	3	1	4	0	0	0	2	2

	A	B	C	D	E
1	Номер изделия	Число дефектов	CLc	UCLc	LCLc
2	1	3	=B22/20	=C2+3*КОРЕНЬ(C2)	=C2-3*КОРЕНЬ(C2)
3	2	1	=B22/20	=C3+3*КОРЕНЬ(C3)	=C3-3*КОРЕНЬ(C3)
4	3	0	=B22/20	=C4+3*КОРЕНЬ(C4)	=C4-3*КОРЕНЬ(C4)
5	4	0	=B22/20	=C5+3*КОРЕНЬ(C5)	=C5-3*КОРЕНЬ(C5)
6	5	2	=B22/20	=C6+3*КОРЕНЬ(C6)	=C6-3*КОРЕНЬ(C6)
7	6	0	=B22/20	=C7+3*КОРЕНЬ(C7)	=C7-3*КОРЕНЬ(C7)
8	7	1	=B22/20	=C8+3*КОРЕНЬ(C8)	=C8-3*КОРЕНЬ(C8)
9	8	2	=B22/20	=C9+3*КОРЕНЬ(C9)	=C9-3*КОРЕНЬ(C9)
10	9	0	=B22/20	=C10+3*КОРЕНЬ(C10)	=C10-3*КОРЕНЬ(C10)
11	10	3	=B22/20	=C11+3*КОРЕНЬ(C11)	=C11-3*КОРЕНЬ(C11)
12	11	0	=B22/20	=C12+3*КОРЕНЬ(C12)	=C12-3*КОРЕНЬ(C12)
13	12	1	=B22/20	=C13+3*КОРЕНЬ(C13)	=C13-3*КОРЕНЬ(C13)
14	13	3	=B22/20	=C14+3*КОРЕНЬ(C14)	=C14-3*КОРЕНЬ(C14)
15	14	1	=B22/20	=C15+3*КОРЕНЬ(C15)	=C15-3*КОРЕНЬ(C15)
16	15	4	=B22/20	=C16+3*КОРЕНЬ(C16)	=C16-3*КОРЕНЬ(C16)
17	16	0	=B22/20	=C17+3*КОРЕНЬ(C17)	=C17-3*КОРЕНЬ(C17)
18	17	0	=B22/20	=C18+3*КОРЕНЬ(C18)	=C18-3*КОРЕНЬ(C18)
19	18	0	=B22/20	=C19+3*КОРЕНЬ(C19)	=C19-3*КОРЕНЬ(C19)
20	19	2	=B22/20	=C20+3*КОРЕНЬ(C20)	=C20-3*КОРЕНЬ(C20)
21	20	2	=B22/20	=C21+3*КОРЕНЬ(C21)	=C21-3*КОРЕНЬ(C21)
22	Итого	=СУММ(B2:B21)			

Рис. 28

	A	B	C	D	E	F
1	Номер изделия	Число дефектов	CLc	UCLc	LCLc	
2	1	3	1,25	4,604102	-2,1041	
3	2	1	1,25	4,604102	-2,1041	
4	3	0	1,25	4,604102	-2,1041	
5	4	0	1,25	4,604102	-2,1041	
6	5	2	1,25	4,604102	-2,1041	
7	6	0	1,25	4,604102	-2,1041	
8	7	1	1,25	4,604102	-2,1041	
9	8	2	1,25	4,604102	-2,1041	
10	9	0	1,25	4,604102	-2,1041	
11	10	3	1,25	4,604102	-2,1041	
12	11	0	1,25	4,604102	-2,1041	
13	12	1	1,25	4,604102	-2,1041	
14	13	3	1,25	4,604102	-2,1041	
15	14	1	1,25	4,604102	-2,1041	
16	15	4	1,25	4,604102	-2,1041	
17	16	0	1,25	4,604102	-2,1041	
18	17	0	1,25	4,604102	-2,1041	
19	18	0	1,25	4,604102	-2,1041	
20	19	2	1,25	4,604102	-2,1041	
21	20	2	1,25	4,604102	-2,1041	
22	Итого	25				
23						

Рис. 29

Поскольку значение LCL получилось отрицательное, то принимаем $LCL = 0$. На следующем этапе строим контрольную карту (рисунок 30).

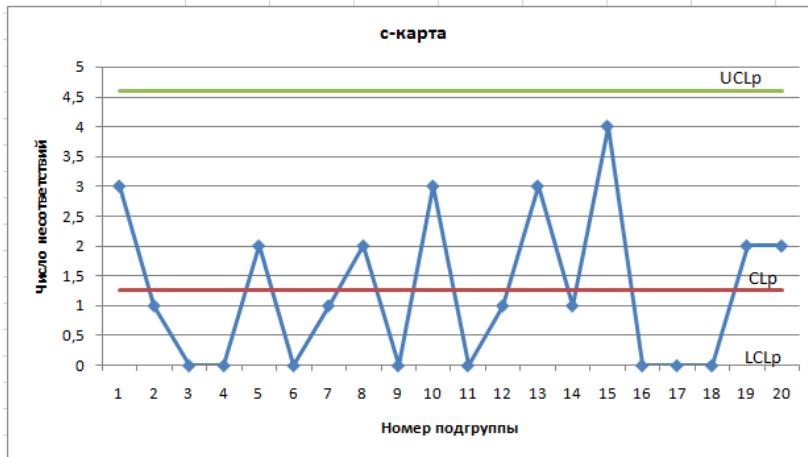


Рис. 30

Пример 4

На швейном предприятии каждые два часа контролировали качество готовых изделий и записывали общее число несоответствий. Необходимо составить *и*-карту для числа несоответствий на единицу, чтобы определить состояние процесса.

Таблица 11

Число несоответствий

Номер подгруппы	Число проверенных изделий	Число несоответствий <i>c</i>
1	15	4
2	18	5
3	16	3
4	14	6
5	18	2
6	15	1
7	12	5
8	14	6
9	13	2
10	15	4
11	16	7
12	17	5
13	18	2
14	16	3

Этапы построения *и*-карты с помощью программы Excel представлены на рисунке 31 - вычисления по формулам согласно таблице 7, на рисунке 32 - результат вычислений.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Номер подгруппы	Число проверенных изделий	Число несоответствий <i>c</i>	Число несоответствий на единицу <i>u</i>	CL _u	ncp	UCL _u	LCL _u
2	1	15	4	=C2/B2	=C16/B16	=B16/14	=E2+3*КОРЕНЬ(E2/F2)	=E2-3*КОРЕНЬ(E2/F2)
3	2	18	5	=C3/B3	=C16/B16	=B16/14	=E3+3*КОРЕНЬ(E3/F3)	=E3-3*КОРЕНЬ(E3/F3)
4	3	16	3	=C4/B4	=C16/B16	=B16/14	=E4+3*КОРЕНЬ(E4/F4)	=E4-3*КОРЕНЬ(E4/F4)
5	4	14	6	=C5/B5	=C16/B16	=B16/14	=E5+3*КОРЕНЬ(E5/F5)	=E5-3*КОРЕНЬ(E5/F5)
6	5	18	2	=C6/B6	=C16/B16	=B16/14	=E6+3*КОРЕНЬ(E6/F6)	=E6-3*КОРЕНЬ(E6/F6)
7	6	15	1	=C7/B7	=C16/B16	=B16/14	=E7+3*КОРЕНЬ(E7/F7)	=E7-3*КОРЕНЬ(E7/F7)
8	7	12	5	=C8/B8	=C16/B16	=B16/14	=E8+3*КОРЕНЬ(E8/F8)	=E8-3*КОРЕНЬ(E8/F8)
9	8	14	6	=C9/B9	=C16/B16	=B16/14	=E9+3*КОРЕНЬ(E9/F9)	=E9-3*КОРЕНЬ(E9/F9)
10	9	13	2	=C10/B10	=C16/B16	=B16/14	=E10+3*КОРЕНЬ(E10/F10)	=E10-3*КОРЕНЬ(E10/F10)
11	10	15	4	=C11/B11	=C16/B16	=B16/14	=E11+3*КОРЕНЬ(E11/F11)	=E11-3*КОРЕНЬ(E11/F11)
12	11	16	7	=C12/B12	=C16/B16	=B16/14	=E12+3*КОРЕНЬ(E12/F12)	=E12-3*КОРЕНЬ(E12/F12)
13	12	17	5	=C13/B13	=C16/B16	=B16/14	=E13+3*КОРЕНЬ(E13/F13)	=E13-3*КОРЕНЬ(E13/F13)
14	13	18	2	=C14/B14	=C16/B16	=B16/14	=E14+3*КОРЕНЬ(E14/F14)	=E14-3*КОРЕНЬ(E14/F14)
15	14	16	3	=C15/B15	=C16/B16	=B16/14	=E15+3*КОРЕНЬ(E15/F15)	=E15-3*КОРЕНЬ(E15/F15)
16	Итого	=СУММ(B2:B15)	=СУММ(C2:C15)					

Рис. 31

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Номер подгруппы	Число проверенных изделий	Число несоответствий <i>c</i>	Число несоответствий на единицу <i>u</i>	CL _u	ncp	UCL _u	LCL _u
2	1	15	4	0,266666667	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
3	2	18	5	0,277777778	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
4	3	16	3	0,1875	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
5	4	14	6	0,428571429	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
6	5	18	2	0,111111111	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
7	6	15	1	0,066666667	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
8	7	12	5	0,416666667	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
9	8	14	6	0,428571429	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
10	9	13	2	0,153846154	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
11	10	15	4	0,266666667	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
12	11	16	7	0,4375	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
13	12	17	5	0,294117647	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
14	13	18	2	0,111111111	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
15	14	16	3	0,1875	0,25346	15,5	0,63708	-0,1302
16	Итого	217	55					

Рис. 32

Поскольку значение LCL получилось отрицательное, то принимаем $LCL = 0$. На следующем этапе строим контрольную карту (рисунок 33).

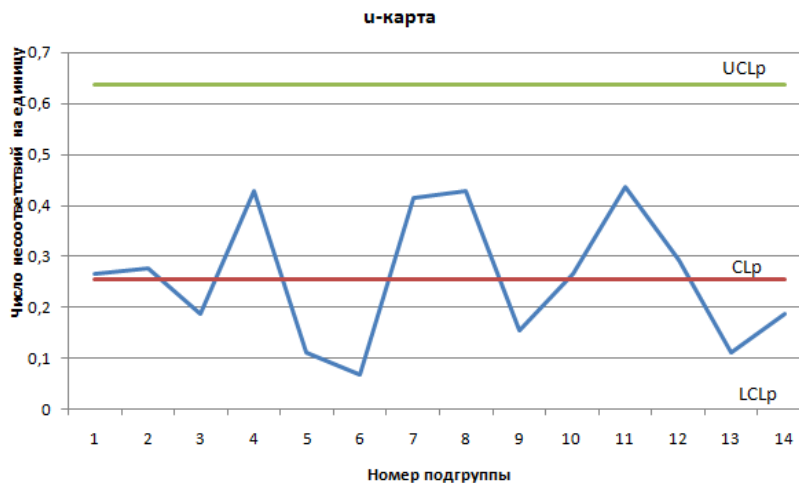


Рис. 33

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Цель работы: изучение методики определения степени соответствия технологического процесса изготовления швейных изделий предварительному проекту.

Задание:

1. Создать статистическую выборку значений исследуемого показателя.
2. Определить согласно ТУ задаваемое поле допуска, номинальное, верхнее и нижнее допустимые значения исследуемого показателя.
3. Рассчитать суммарные статистики исследуемого показателя (среднее, максимальное, минимальное значение, размах наблюдаемых значений, среднее квадратическое отклонение).
4. Определить коэффициенты точности и точности настройки технологического процесса.
5. Провести анализ степени соответствия исследуемого технологического процесса проектным требованиям. Сделать выводы.

Отчет должен содержать:

1. Показатели технологического процесса, приведенные в п. 3 задания, рассчитанные в программе Excel.
2. Графические результаты работы, полученные с использованием системы Excel.
3. Выводы о качестве технологического процесса, необходимости наладки оборудования и улучшения условий выполнения технологической операции.

Теоретические сведения

Потребитель при приобретении товара первым делом ориентируется на его качество. Поэтому проблема контроля качества является основной для любого предприятия. Введение в

структуру производства системы контроля качества приводит не только к улучшению продукта, но также и к уменьшению различных издержек. Наиболее часто методы контроля качества применяют в процессе изготовления продукции с целью выявления степени соответствия технологического процесса предварительному проекту, а также после установки нового оборудования с целью его наладки.

Качество технологического проекта возможно определить путем сравнения характеристик (размерных, показателей свойств, формы), которые задавались на этапе проектирования процесса и характеристик реальных произведенных изделий. Как правило, качество технологического процесса оценивают по соответствию действительных значений какого-либо показателя x_i номинальному значению x_0 , задаваемому техническими условиями (ТУ) на его изготовление. Кроме номинального значения согласно ТУ задают поле допуска контролируемого показателя:

$$d_{\Pi} = x_{\text{в}} - x_{\text{н}}, \quad (4)$$

где $x_{\text{в}}$ и $x_{\text{н}}$ - соответственно верхнее и нижнее допустимые значения величины x .

Кроме того, качество технологического проекта оценивается путем сравнения задаваемого поля допуска d_{Π} и допуска технологического d_{T} , который может обеспечить реальный технологический процесс по исследуемому показателю.

Для анализа качества технологического проекта необходимо определить коэффициенты точности и точности настройки ТП.

Коэффициент точности ТП K_{T} , определяется отношением размаха графика распределения R_p (или поля рассеяния $6S$) к полю допуска d_{Π} (рис. 1). Под **точностью** технологического процесса (ТП) понимают степень соответствия размеров, формы или свойств изготовленного изделия заданным величинам.

При $K_{\text{T}} < 1$ технологический процесс имеет более высокую точность, чем требуется по ТУ. При $K_{\text{T}} > 1$ ТП не обеспечивает задаваемой допуском точности, что говорит о наличии бракованных изделий при производстве изделий. При $K_{\text{T}} = 1$ имеется опасение, что в партии могут появиться дефектные изделия с нарушением верхней и нижней задаваемых границ.

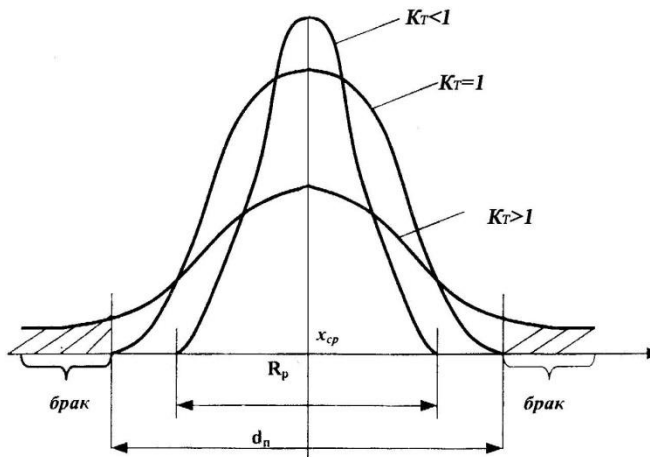


Рис. 34. Определение коэффициента точности.

Коэффициент точности настройки ТП:

$$K = E/d_{\text{П}}, \quad (5)$$

где E – смещение вершины кривой распределения от номинального значения:

$$E = x_{\text{ср}} - x_0, \quad (6)$$

где $x_{\text{ср}}$ – среднее значение показателя;

x_0 – номинальное значение показателя.

Фактический коэффициент точности настройки, который рассчитывается в системе, должен быть меньше допустимого:

$$K_{\text{доп}} = (d_{\text{П}} - 6S)/d_{\text{П}}, \quad (7)$$

где S – среднее квадратическое отклонение показателя.

При $K_T < 1$ и $K < K_{\text{доп}}$ смещение поля рассеяния находится в пределах поля допуска, при $K_T < 1$ и $K > K_{\text{доп}}$ появится брак.

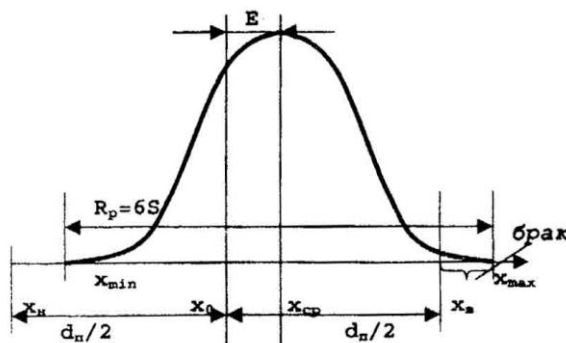


Рис. 35. Определения коэффициента точности настройки.

На рис. 36. показаны возможности сочетания плотности распределения с допуском:

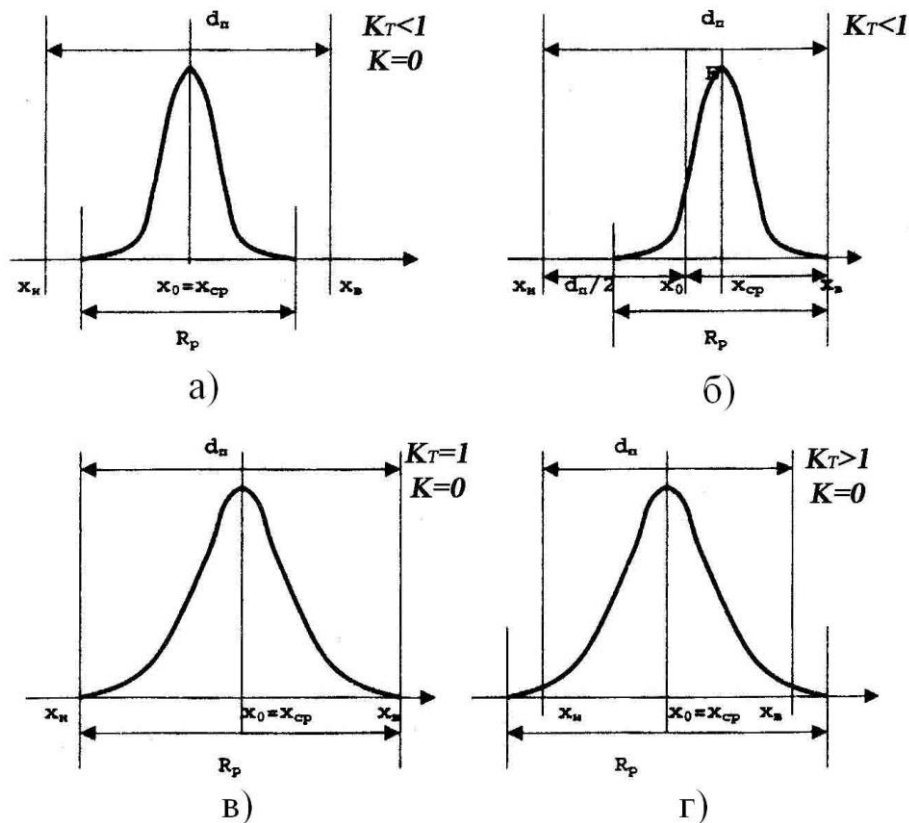


Рис. 36. Возможные сочетания плотности распределения с допуском.

а) форма плотности распределения удовлетворительна $K_T < 1$. В допуске имеется свободный излишек; $K = 0$ – центр распределения и центр поля допуска совпадают ($x_0 = x_{ср}$). Качество партии изделий удовлетворительно;

б) форма распределения удовлетворительная $K_T < 1$, однако центр распределения $x_{ср}$ смещен вправо. В партии могут находиться дефектные изделия, выходящие за верхний редел допуска $x_в$, что вызывает необходимость отрегулировать технологическую операцию и оборудование так, чтобы центр распределения сместился влево;

в) центр распределения совпадает с центром допуска $K = 0$, однако размах распределения совпадает с шириной допуска $K_T = 1$. Имеется опасение, что в партии могут появиться дефектные изделия с нарушением верхнего $x_в$ и нижнего $x_н$ пределов допуска. Необходимо принять меры по наладке оборудования и улучшению выполнения технологической операции;

г) центр распределения совпадает с центром поля допуска, однако размах распределения больше поля допуска ($K_T > 1$). В этом случае имеются дефектные изделия, ТП разрегулирован.

Технологический допуск, который можно обеспечить исследуемым технологическим процессом, определяется по формуле:

$$d_T = 6S + E. \quad (8)$$

Методика выполнения работы

Анализ качества изделий состоит из следующих этапов:

1. Намечают к обследованию показатель качества x , например размеры деталей кроя, размерный признак в готовом изделии, прочность ниточных швов, угол разутюживания швов и т.п. Согласно ТУ задают поле допуска (формула 4). Средину поля допуска:

$$x_0 = \frac{x_B - x_H}{2}. \quad (9)$$

2. Из общего количества произведенных изделий, изготовленных по проектируемой технологии, отбирают выборочную партию из N шт. (N от 50 до 100 единиц). Измеряют выбранные показатели качества.

3. Вычисляют для исследуемого показателя максимальное x_{\max} , минимальное x_{\min} и среднее значение $x_{\text{ср}}$, размах наблюдаемых значений R_p и среднее квадратичное отклонение S .

4. Определяют коэффициент точности:

$$K_T = \frac{6 \cdot S}{d_{\text{п}}}. \quad (10)$$

5. Определяют коэффициент точности настройки и его допустимое значение (формулы 2, 4).

6. Определяют вероятную величину брака:

$$q = \left[0,5 - \Phi \left(\frac{0,5 \cdot d_{\text{п}} - E}{\sigma} \right) \right] \cdot 100, \quad (11)$$

где Φ – нормированная функция Лапласа.

7. Проводят анализ соответствия технологического процесса проектным требованиям. Делают соответствующие выводы.

Пример. В качестве примера рассмотрим технологический процесс выкраивания деталей одежды. Качество выполнения этой операции оценивается точностью совпадения размеров выкроенных деталей с размерами лекала деталей. На качество выкраивания деталей одежды влияют такие факторы, как качество настила, вид применяемого оборудования, угол заточки ножа раскройной машины, квалификация рабочего и др.

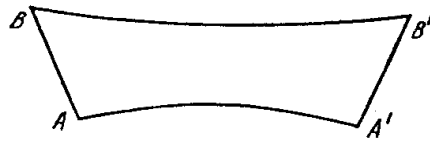


Рис. 36. Верхний воротник мужской сорочки

Рассмотрим партию выкроенных деталей верхнего воротника мужской сорочки (рис. 36) из $N = 40$ шт. В качестве исследуемого показателя выбрана ширина воротника на концах АВ. Согласно техническим условиям $x=AB=A'B'=(86\pm 3)$ мм, то есть $x_H=83$ мм, $x_B=89$ мм, $x_0=86$ мм, $d_{\Pi}=6$ мм.

В результате измерения партии деталей получены данные:

86	84	85	86	87	88	86	83	85	86	87	84	86	89	85	88	86	84	87	86
87	86	85	83	86	88	84	86	88	85	85	83	86	84	87	86	89	85	86	87

Рассмотрим этапы проведения статистического анализа точности использованием программы Excel.

1. Введем исходные данные и вычислим основные статистические характеристики, а также показатели точности процесса в соответствии с формулами 4-11. На рисунке 37 представлены вычисления в виде формул, на рис. 38 - результаты вычислений.

Результаты расчетов сведены в таблицу 12.

Таблица 12

Сравнительный анализ характеристик ширины воротника.

Стадия проекта		Реальный производственный процесс			
x_0	86	x_{cp}	85,85	K_T	1,545
x_H	83	x_{max}	89	K	0,025
x_B	89	x_{min}	83	$K_{доп}$	0,545
d_{Π}	6	d_T	9,12	q	2,07

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Данные измерений							
2	86			Число измерений			40	
3	84							
4	85			Верхнее допустимое значение X_v			89	
5	86							
6	87			Нижнее допустимое значение X_n			83	
7	88							
8	86			Номинальное значение X_0			86	
9	83							
10	85			Среднее значение			=СРЗНАЧ(A2:A41)	
11	86							
12	87			Среднее квадратическое отклонение			=СТАНДОТКЛОН(A2:A41)	
13	84							
14	86			Максимальное значение			=МАКС(A2:A41)	
15	89							
16	85			Минимальное значение			=МИН(A2:A41)	
17	88							
18	86			Определение поля допуска			=H4-H6	
19	84							
20	87			Определение поля рассеивания			=6*H12	
21	86							
22	87			Определение границ		Xvr	=H10+3*H12	
23	86					Xnr	=H10-3*H12	
24	85							
25	83			Определение коэф-та точности K_t			=(6*H12)/H18	
26	86							
27	88			Определение коэф-та точности настройки		K	=(ABS(H10-H8))/H18	
28	84					Kdop	=(ABS(H18-6*H12))/H18	
29	86							
30	88			Определение вероятного процента брака		u	=(0,5*H18-(H10-H8))/H12	
31	85					Ф	=НОРМСТРАСП(H30)-0,5	
32	85					q	=(0,5-H31)*100	
33	83							
34	86			Определение допуска технологического		dt	=H20+(H10-H8)	
35	84							

Рис.37

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Данные									
1	измерений								
2	86			Число измерений				40	
3	84								
4	85			Верхнее допустимое значение Xv				89	
5	86								
6	87			Нижнее допустимое значение Xп				83	
7	88								
8	86			Номинальное значение X0				86	
9	83								
10	85			Среднее значение				85,85	
11	86								
12	87			Среднее квадратическое отклонение				1,545049995	
13	84								
14	86			Максимальное значение				89	
15	89								
16	85			Минимальное значение				83	
17	88								
18	86			Определение поля допуска				6	
19	84								
20	87			Определение поля рассеивания				9,27029997	
21	86								
22	87			Определение границ		Xvr	90,48514999		
23	86					Xnr	81,21485001		
24	85								
25	83			Определение коэф-та точности Kт				1,545049995	
26	86								
27	88			Определение коэф-та		K	0,025		
28	84			точности настройки		Kdop	0,545049995		
29	86								
30	88			Определение вероятного		u	2,038768978		
31	85			процента брака		Ф	0,479263455		
32	85					q	2,073654487		
33	83								
34	86			Определение допуска		dt	9,12029997		
35	84			технологического					

Рис. 38

2. На следующем этапе был осуществлен расчет для построения гистограммы. На рис. 39 представлены вычисления в формульном виде, на рис. 40 - готовый результат.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Данные												
1	измерений											
2	86			Число измерений			40			Размах выборки	R	=H14-H16
3	84									Число классов	k	=1+3,32*LOG10(H2)
4	85			Верхнее допустимое значение Xv			89			Ширина интервала		=L2/L4
5	86									Границы классов		=H16+L6
6	87			Нижнее допустимое значение Xп			83					=L8+L6
7	88											=L9+L6
8	86			Номинальное значение X0			86					=L10+L6
9	83											=L11+L6
10	85			Среднее значение			=СРЗНАЧ(A2:A41)					=L12+L6
11	86											=L13+L6
12	87			Среднее квадратическое отклонение			=СТАНДОТКЛОН(A2:A41)					
13	84											
14	86			Максимальное значение			=МАКС(A2:A41)					
15	∞											

Рис. 39

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Данные											
1	измерений											
2	86			Число измерений				40		Размах выборки	R	6
3	84											
4	85			Верхнее допустимое значение X_v				89		Число классов	k	6,3188392
5	86											
6	87			Нижнее допустимое значение X_n				83		Ширина интервала		0,9495415
7	88											
8	86			Номинальное значение X_0				86		Границы классов		83,949541
9	83											84,899083
10	85			Среднее значение				85,85				85,848624
11	86											86,798166
12	87			Среднее квадратическое отклонение				1,545049995				87,747707
13	84											88,697249
14	86			Максимальное значение				89				89,64679
15	89											

Рис. 40

Далее для подсчета частоты попаданий значений в каждый класс, необходимо:

- выделить ячейки M8:M14, в разделе Формулы - выбрать функцию ЧАСТОТА, в появившемся диалоговом окне ввести данные (рис. 41) и одновременно нажать **Shift+Ctrl+Enter**. На рис. 42 представлен результат.

Аргументы функции

ЧАСТОТА

Массив_данных A2:A41 = {86;84;85;86;87;88;86;83;85;86;87...}

Массив_интервалов L8:L14 = {83,9495414960612;84,8990829921...}

= {3;5;7;13;6;4;2;0}

Вычисляет распределение значений по интервалам и возвращает вертикальный массив, содержащий на один элемент больше, чем массив интервалов.

Массив_интервалов массив интервалов или ссылка на интервалы, в которых группируются значения из массива данных.

Значение: 3

[Справка по этой функции](#)

OK Отмена

Рис. 41

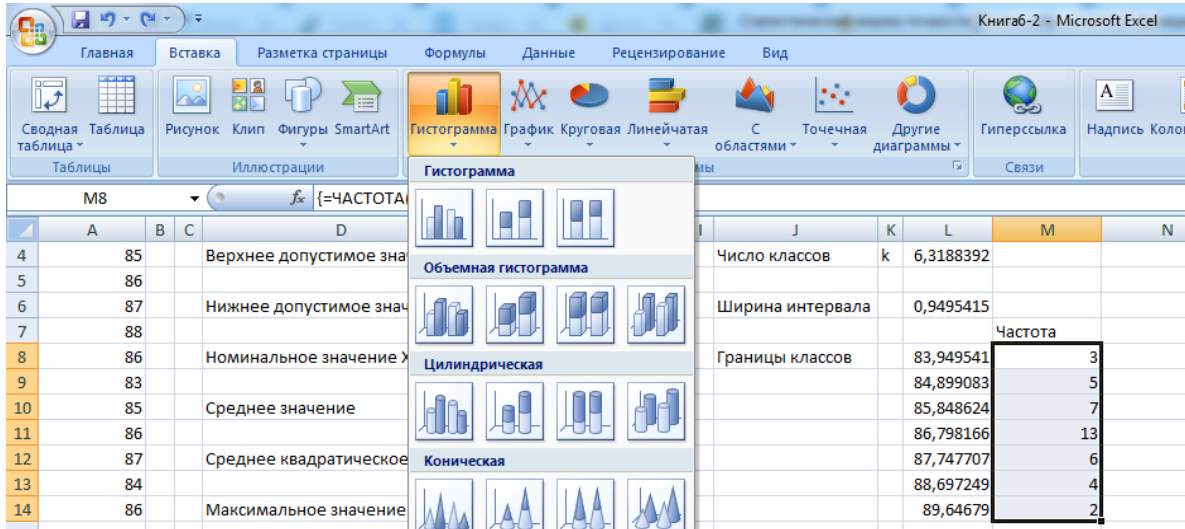


Рис. 42

3. Построим гистограмму. Для этого выделим ячейки М8:М14, вберем пункт Вставка- Гистограмма (рис. 42). Результат построения гистограммы представлен на рис. 43.

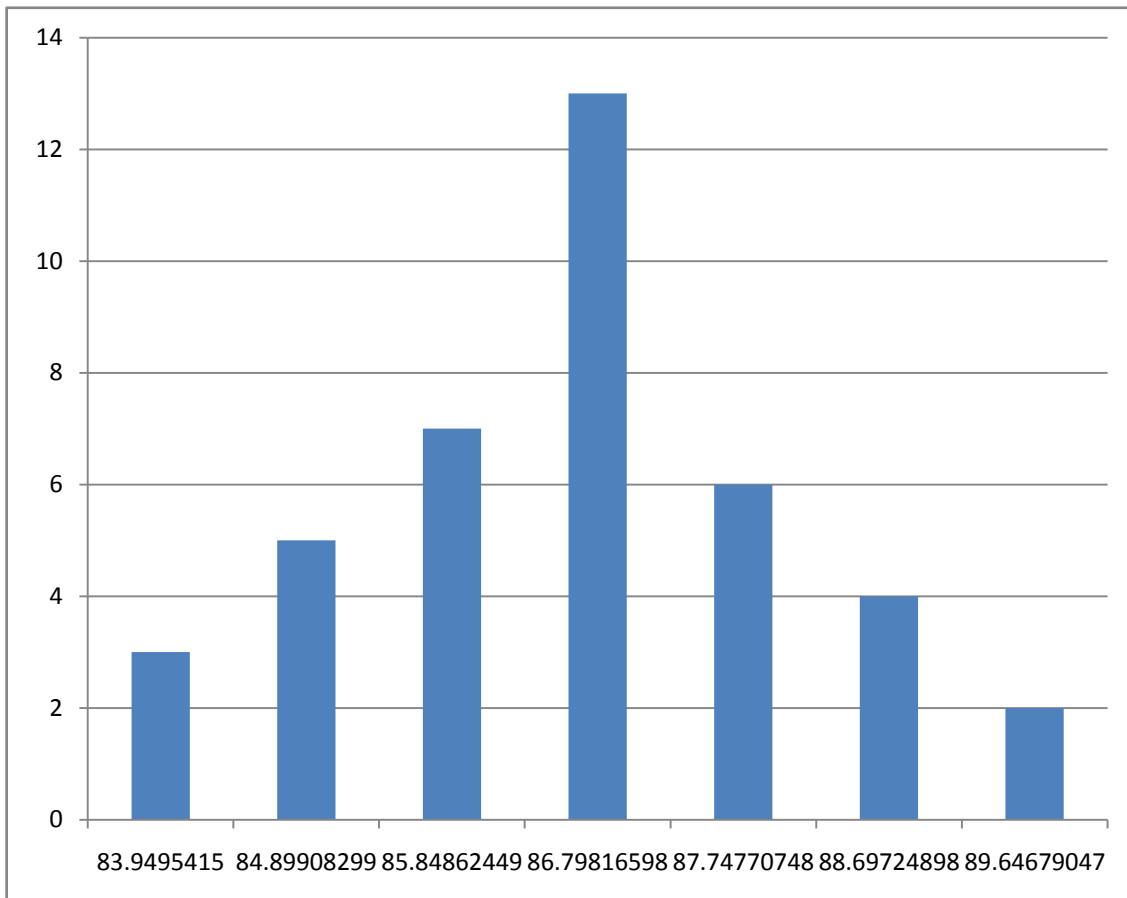


Рис. 43

4. Для проведения анализа построим кривую нормального распределения. Для этого сделаем вспомогательные расчеты, представленные в формульном виде на рис. 44.

	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
40			Размах выборки	R	=H14-H16							
89			Число классов	k	=1+3,32*LOG10(H2)							
83			Ширина интервала		=L2/L4							
86			Границы классов		=H16+L6	Частота						
					=L8+L6	=ЧАСТОТА(A2:A41;L8:L14)						
					=L9+L6	=ЧАСТОТА(A2:A41;L8:L14)						
					=L10+L6	=ЧАСТОТА(A2:A41;L8:L14)						
					=L11+L6	=ЧАСТОТА(A2:A41;L8:L14)						
					=L12+L6	=ЧАСТОТА(A2:A41;L8:L14)						
					=L13+L6	=ЧАСТОТА(A2:A41;L8:L14)						
						Плотность вероятности	Xvr	Xnr	Xv	Xn	X0	Xsr
			Сгруппированные		=H23	=НОРМРАСП(L16;H10;H12;0)	=H22	=H23	=H4	=H6	=H8	=H10
			данные для построения		=L16+H12	=НОРМРАСП(L17;H10;H12;0)	=H22	=H23	=H4	=H6	=H8	=H10
			кривой Гаусса		=L17+H12	=НОРМРАСП(L18;H10;H12;0)	=H22	=H23	=H4	=H6	=H8	=H10
					=L18+H12	=НОРМРАСП(L19;H10;H12;0)	=H22	=H23	=H4	=H6	=H8	=H10
					=L19+H12	=НОРМРАСП(L20;H10;H12;0)	=H22	=H23	=H4	=H6	=H8	=H10
					=L20+H12	=НОРМРАСП(L21;H10;H12;0)	=H22	=H23	=H4	=H6	=H8	=H10
					=L21+H12	=НОРМРАСП(L22;H10;H12;0)	=H22	=H23	=H4	=H6	=H8	=H10

Рис. 44

При этом для вычисления плотности вероятности нормального распределения необходимо:

- поставить курсор в ячейку M16. В разделе Формулы - выбрать функцию НОРМРАСП и ввести в диалоговом окне данные (рис. 13) и нажать ОК.

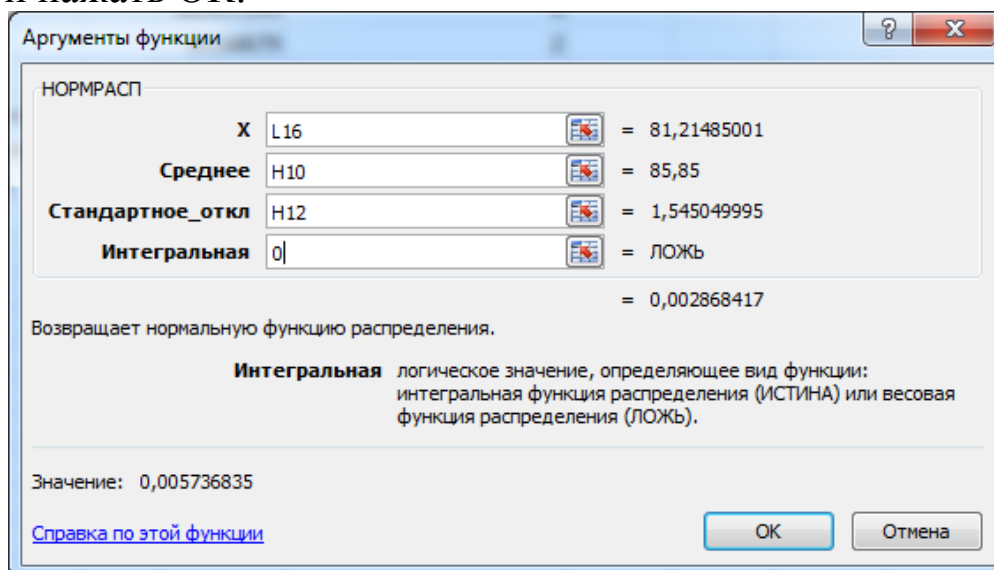


Рис. 45

Проделать данную операцию для остальных ячеек. Итоговый расчет представлен на рис. 46.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1	Данные																			
2	измерений	86	Число измерений					40	Размах выборки	R		6								
3		84																		
4		85	Верхнее допустимое значение Xv					89	Число классов	k		6,318839								
5		86																		
6		87	Нижнее допустимое значение Xп					83	Ширина интервала			0,949541								
7		88											Частота							
8		86	Номинальное значение X0					86	Границы классов			83,94954		3						
9		83										84,89908		5						
10		85	Среднее значение					85,85				85,84862		7						
11		86										86,79817		13						
12		87	Среднее квадратическое отклонение					1,545049995				87,74771		6						
13		84										88,69725		4						
14		86	Максимальное значение					89				89,64679		2						
15		89											Плотность вероятности	Xvr	Xnr	Xv	Xп	X0	Xsr	
16		85	Минимальное значение					83	Сгруппированные			81,21485		0,002868417	90,485	81,215	89	83	86	86
17		88							данные для построения			82,7599		0,034944479	90,485	81,215	89	83	86	86
18		86	Определение поля допуска					6	кривой Гаусса			84,30495		0,156610288	90,485	81,215	89	83	86	86
19		84										85,85		0,258206713	90,485	81,215	89	83	86	86
20		87	Определение поля рассеивания					9,27029997				87,39505		0,156610288	90,485	81,215	89	83	86	86
21		86										88,9401		0,034944479	90,485	81,215	89	83	86	86
22		87	Определение границ			Xvr		90,48514999				90,48515		0,002868417	90,485	81,215	89	83	86	86

Рис. 46

На следующем этапе переходим непосредственно к построению графика. В падающем меню Вставка → выбираем пункт Точечная с гладкими кривыми (рис. 47)

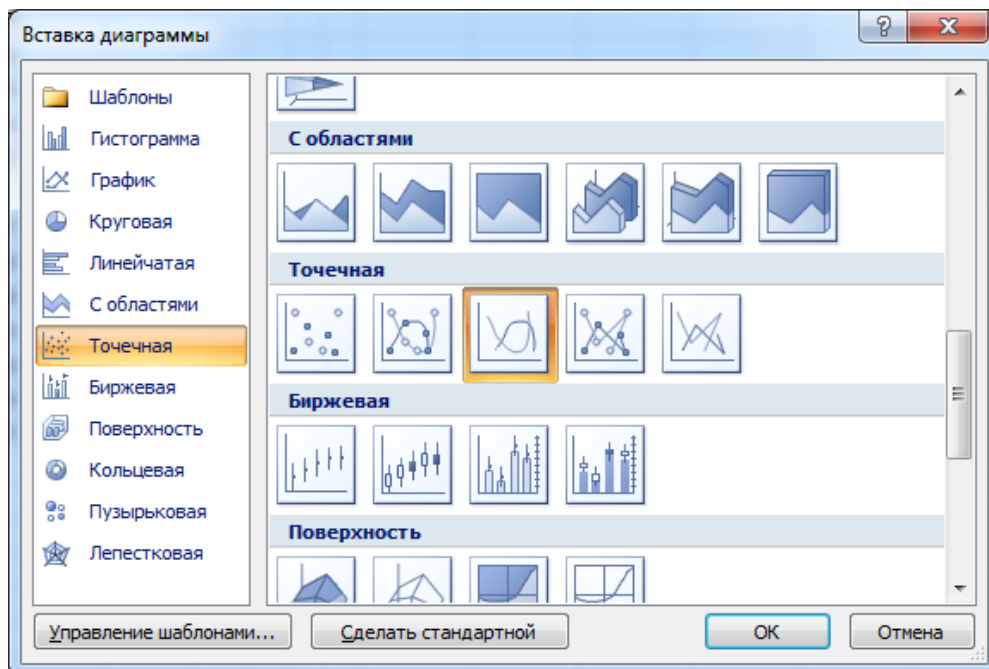


Рис. 47

Далее выбираем в падающем меню Конструктор → Выбрать данные. Откроется диалоговое окно Выбор источника данных (рис.

48), в котором нажимаем кнопку **Добавить** и в открывшемся диалоговом окне (рис. 49) в поле **Значения X** выбираем ячейки L16:L22, в поле **Значения Y** - ячейки M16:M22, нажимаем **ОК**.

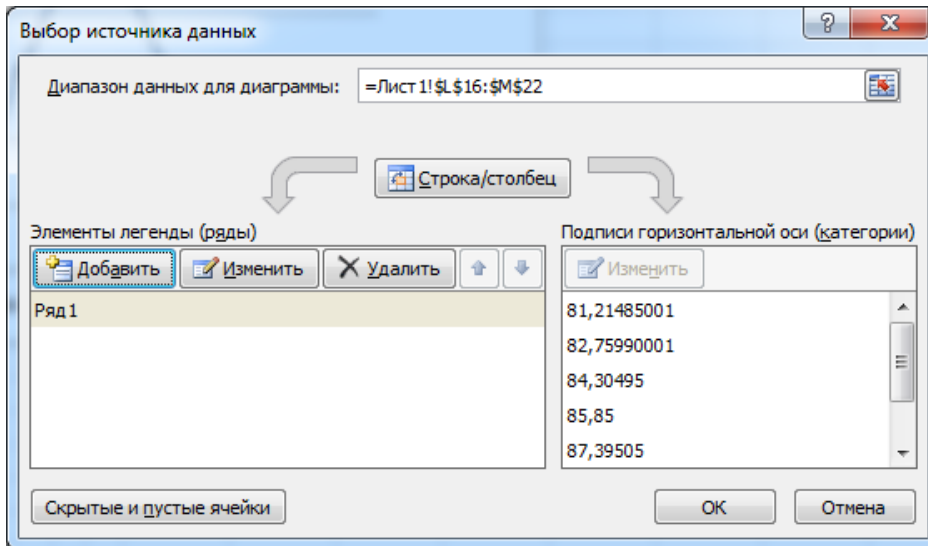


Рис. 48

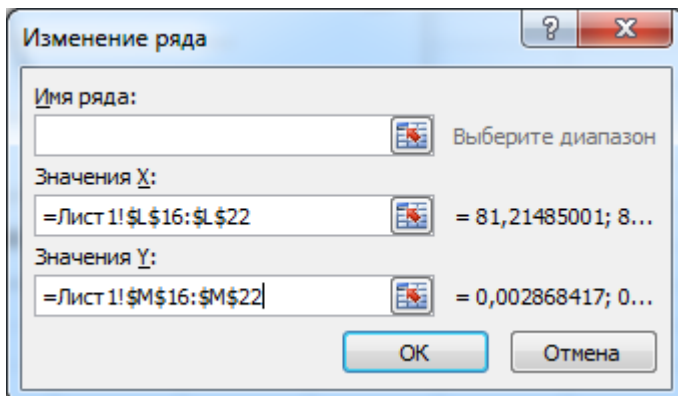


Рис. 49

Наносим на график граничные линии, для этого опять нажимаем **добавить** и для нанесения верхней границы (расчетной) $X_{вр}$ в диалоговом окне в поле **Значения X** выбираем ячейки N16:N22, в поле **Значения Y** - ячейки M16:M22, нажимаем **ОК**. Аналогично строятся остальные линии, то есть в поле **Значения X** для построения нижней границы (расчетной) $X_{нр}$ выбираем ячейки O16:O22; для построения верхнего допустимого значения X_v выбираем ячейки P16:P22; для построения нижнего допустимого значения X_n выбираем ячейки Q16:Q22; для построения номинального значения X_0 выбираем ячейки R16:R22; для

построения среднего значения X_{sr} выбираем ячейки S16:S22. При этом в поле Значения Y каждый раз выбираем ячейки M16:M22. После завершения построения всех линий в диалоговом окне Выбор источника данных нажимаем ОК.

Приступаем к редактированию графика. Если программа построила линии с маркерами (точками), то можно их убрать. Для этого щелкаем правой кнопкой мыши на каждую линию, выбираем пункт Изменить тип диаграммы для ряда и выбираем Точечная с гладкими кривыми.

Затем убираем легенду и наносим необходимые надписи. Для этого выделяем график и используем опции вкладки Макет. Окончательный график представлен на рис. 50

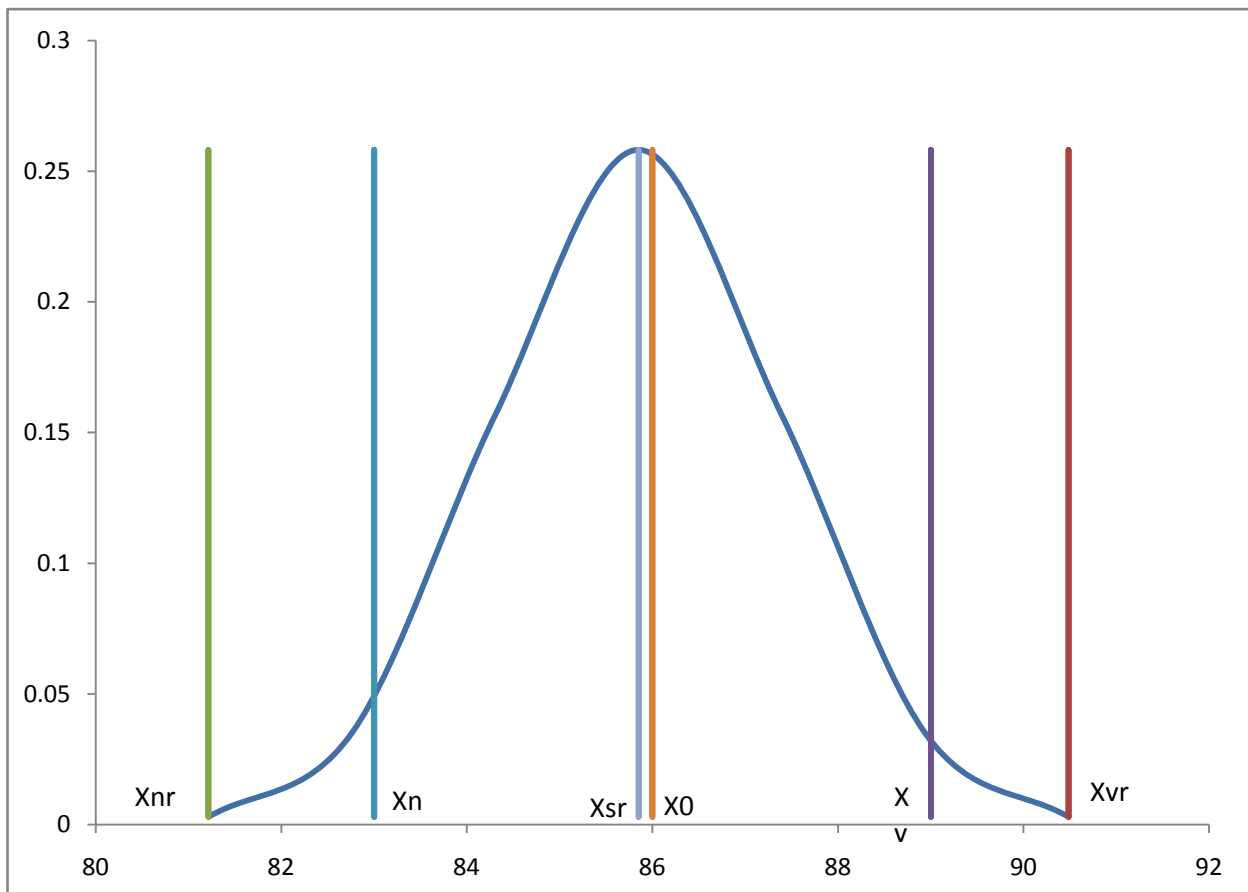


Рис. 50.

Анализ графических результатов показал, что они соответствуют случаю, представленному на рис. 36г. То есть, центр распределения практически совпадает с центром поля допуска, но размах распределения больше поля допуска ($K_T > 1$). Это

свидетельствует о том, что применяемый технологический процесс раскрытия допускает появление деталей с размерами, превышающими допустимые значения в сторону как верхней, так и нижней границы поля допуска в количестве около 2% (рис. 51). В данном случае технологический процесс разрегулирован.

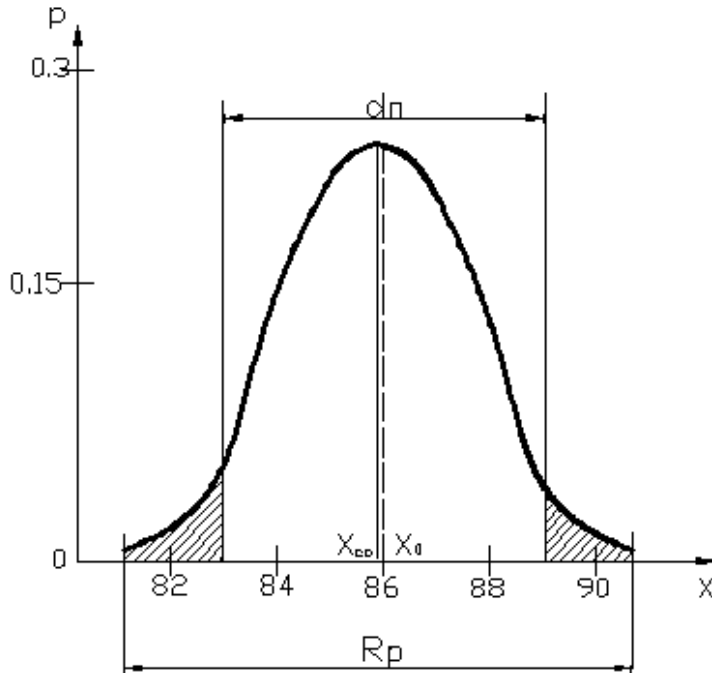


Рис. 51. График плотности распределения ширины воротника:
 x – ширина воротника, мм
 p – вероятность.

Библиографический список

1. Агарков, А. П. Управление качеством [Электронный ресурс]: учебник / А. П. Агарков. – 2-е изд., стер. – Москва : Дашков и К°, 2020. – 204 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>.
2. Магомедов, Ш. Ш. Управление качеством продукции [Электронный ресурс]: учебник / Ш. Ш. Магомедов, Г. Е. Беспалова. – Москва : Дашков и К°, 2018. – 335 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>.
3. Воейко, О. А. Статистические методы в управлении качеством и инновациями [Электронный ресурс]: учебное пособие : [16+] / О. А. Воейко, Е. А. Жидкова ; Технологический университет. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2021. – 177 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>.

4. Гинис, Л. А. Статистические методы контроля и управления качеством: прикладные программные средства [Электронный ресурс]/ Л. А. Гинис ; Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2017. – 82 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>.
5. Фаткуллина Р. Р. Анализ технологических данных с использованием Microsoft Excel [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р. Р. Фаткуллина. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2014. – 80 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>.
6. Добровольская Т.А. Методы и средства исследования технологических процессов и объектов легкой промышленности [Текст]: учебное пособие / Т.А. Добровольская, Т.И. Леонтьева; Курск.гос. техн. ун-т. Курск, 2006 г. 206 с.
7. Сизенов Л.К. Моделирование и оптимизация точности технологических процессов. [Текст] М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001. 330 с.
8. Фролова О.А. Анализ соответствия технологического процесса проектным требованиям: методические указания к выполнению лабораторной работы. [Текст] М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. 17 с.