

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов магистратуры направления 15.04.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра машиностроения

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов магистратуры направления 15.04.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК УДК 621.9 (073)

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.Д. Халимоненко, В.П. Захарова*. СПб, 2021. 43 с.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологичность деталей машин и ее обеспечение в производстве» предназначены для студентов магистратуры направления 15.04.01 «Машиностроение», направленность «Технология автоматизированного машиностроения».

Научный редактор: проф. *В.В. Максаров*

Рецензент: канд. техн. наук *Е.В. Богданова* (АО «Концерн «Океанприбор»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов магистратуры направления 15.04.01*

Сост. *А.Д. Халимоненко, В.П. Захарова*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
машиностроения

Ответственный за выпуск *А.Д. Халимоненко*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 10.06.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,5. Усл.кр.-отг. 2,5. Уч.-изд.л. 2,2. Тираж 50 экз. Заказ 566.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ВВЕДЕНИЕ

Целью практических занятий по дисциплине «Технологичность деталей машин и ее обеспечение в производстве» является приобретение студентами практических навыков оценки технологичности производства деталей машин для решения профессиональных задач, связанных с применением современных технологий при разработке технологических процессов механической обработки и повышением качества и производительности технологических систем обработки.

Задачи практических занятий:

- изучение влияния эффективных технологий изготовления деталей машин;
- умение использовать прикладные программные средства при решении практических вопросов технологии машиностроения;
- формирование навыков проектирования технологических процессов изготовления деталей машин;
- формирование навыков расчета технологических размерных цепей;
- формирование навыков обоснованного выбора технологического оборудования, инструментов и технологической оснастки;
- формирование навыков практического применения теоретических знаний при проектировании и управлении процессами изготовления деталей машин;
- формирование способностей для обеспечения должного научного уровня принимаемых решений при проектировании и управлении процессами изготовления деталей машин;
- развитие мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в профессиональной области.

Выполнение практических работ в рамках практических занятий является подготовкой к завершаемому этапу обучения студента в университете, т.е. к выполнению выпускной квалификационной работы (ВКР).

Задания для выполнения практических работ выдаются студентам индивидуально на занятиях. Практические работы оформляются в виде пояснительной записки. Рукописный текст записки представляется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4.

Размеры полей: левого – 35 мм; правого – 10 мм; верхнего и нижнего – 20 мм.

Пояснительная записка должна иметь сквозную нумерацию страниц. Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин.

Все материалы следует сброшюровать в папку и снабдить ее титульным листом. Расчетно-пояснительная записка оформляется с учетом требований ГОСТ 2.105-15 и ГОСТ 7-32-15.

При использовании тех или иных методик расчета, теоретических положений или различных справочных материалов в тексте должны делаться ссылки на соответствующие литературные источники, которые представляют собой порядковый номер источника в перечне используемой литературы, заключенный в квадратные скобки.

В перечне используемой литературы указываются порядковый номер источника, фамилия автора и инициалы, наименование источника, издательство и год издания. Все рисунки в пояснительной записке должны иметь номера и названия. Буквенные, обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин в международной системе СИ.

В рамках освоения дисциплины «Технологичность деталей машин и ее обеспечение в производстве» студентам предлагается выполнить три практические работы, которые будут являться допуском к получению зачета:

- Практическая работа №1 «Регулирование технологического процесса путем применения контрольных карт на основе количественных данных»;

- Практическая работа №2 «Регулирование технологического процесса путем применения контрольных карт на основе альтернативных данных»;

- Практическая работа №3 «Использование гистограмм управления качеством продукции».

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В любой системе управления качеством продукции статистические методы имеют особое значение и относятся к числу наиболее прогрессивных методов обеспечения качества выпускаемой продукции. Их можно разделить на две основные группы:

- статистические методы контроля качества продукции;
- статистические методы регулирования технологических процессов (ТП).

В настоящее время существует несколько методов статистического регулирования технологических процессов. Наиболее распространенный и эффективный из них - метод регулирования с использованием контрольных карт (карт Шухарта), на которых отмечают контрольные пределы, ограничивающие область допустимых значений контролируемого параметра, вычисленных на основе обработки статистических данных.

Выход точек контролируемого параметра за контрольные пределы или их особое расположение внутри контрольных границ свидетельствует о нахождении технологического процесса в неконтролируемом состоянии.

Контрольная карта не только позволяет обнаружить какие-то отклонения от нормального хода технологического процесса, но и в значительной степени объяснить причины этих отклонений.

Если при построении контрольных карт установлено, что ТП находится в неконтролируемом состоянии, необходимо разработать план проведения экспериментов, позволяющих выявить причины отклонений, разработать мероприятия, направленные на их исключение, и тем самым ввести технологический процесс в контролируемое состояние.

После уточнения контрольных границ на контрольной карте и анализа состояния технологического процесса с учетом новых контрольных границ, новые принятые контрольные границы вводятся для регулирования процесса.

При обработке партии заготовок на настроенных станках в результате возникновения случайных погрешностей действительный размер каждой детали является случайной величиной и может принимать любые значения в границах определенного интервала.

Совокупность значений действительных значений размеров деталей, обработанных при неизменных условиях и расположенных в возрастающем порядке с указанием частоты повторения этих размеров, называется распределением размеров деталей в партии.

Распределение действительных размеров деталей в партии можно представить графически в виде гистограммы распределения, которая представляет собой столбчатую диаграмму.

Гистограммы распределения часто используют на первых этапах статистического регулирования технологического процесса для предварительного исследования его состояния [1-5].

1 Практическая работа №1

Регулирование технологического процесса путем применения контрольных карт на основе количественных данных

1.1 Общие положения

Цель работы - получение практических навыков проведения статистического управления качеством продукции путем применения контрольных карт на основе количественных данных.

Контрольная карта - графический способ представления и сопоставления информации, основанной на последовательности выборок, отражающих текущее состояние процесса, с границами, установленными на основе внутренне присущей процессу изменчивости (рис. 1). Она имеет центральную линию CL , соответствующую эталонному значению характеристики, в качестве которого обычно служит среднее арифметическое рассматриваемых данных. Кроме того, контрольная карта имеет две статистически определяемые контрольные границы относительно центральной линии CL , которые называются верхней UCL и нижней LCL контрольными границами.

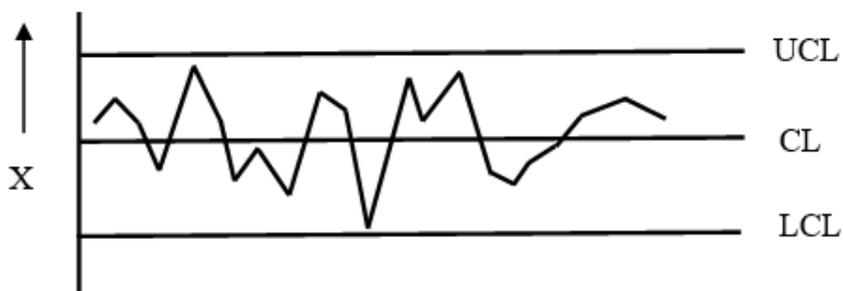
Верхняя и нижняя границы на контрольной карте находятся на расстоянии 3σ от центральной линии, где σ - генеральное стандартное отклонение используемой статистики. Изменчивость внутри подгрупп является мерой случайных вариаций. Для получения оценки σ вычисляют выборочное стандартное отклонение или умножают выборочный размах на соответствующий коэффициент.

Границы $\pm 3\sigma$ указывают, что около 99,7 % значений характеристики подгрупп попадут в эти пределы при условии, что процесс

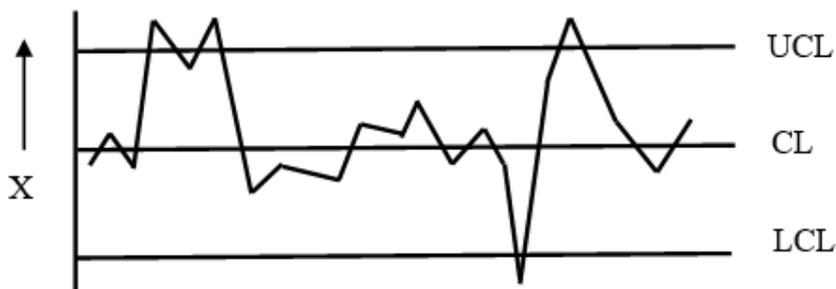
находится в статистически управляемом состоянии. Другими словами, есть риск, равный 0,3 % (или в среднем три случая на тысячу), что нанесенная точка окажется вне контрольных границ, когда процесс стабилен. Употребляется слово «приблизительно», поскольку отклонения от исходных предположений, таких как вид распределения данных, будут влиять на значения вероятности [2].

Контрольные карты бывают двух основных типов:

- для количественных данных;
- для альтернативных данных.



а



б

Рис. 1. Примеры контрольных карт:

а - управляемое состояние процесса; б - неуправляемое состояние процесса

Контрольные карты для количественных данных [2]:

- карты среднего (\bar{X}) и размахов (R) или выборочных стандартных отклонений (s);
- карта индивидуальных значений (\bar{X}) и скользящих размахов (R);
- карта медиан (Me) и размахов (R).

Контрольные карты для альтернативных данных [2]:

- карта долей несоответствующих единиц продукции (p) или карта числа несоответствующих единиц (np);
- карта числа несоответствий (c) или карта числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции (u).

Количественные данные представляют собой наблюдения, полученные с помощью измерения и записи значений некоторой характеристики для каждой единицы, рассматриваемой в подгруппе, например, размер в миллиметрах.

Карты для количественных данных — это классические контрольные карты, применяемые для управления процессами.

Контрольные карты для количественных данных имеют следующие преимущества [2]:

- большинство процессов и их продукция на выходе имеют характеристики, которые могут быть измерены, так что применимость таких карт потенциально широка;
- измеренное значение содержит больше информации, чем простое утверждение «да - нет»;
- характеристики процесса могут быть проанализированы безотносительно установленных требований. Карты запускаются вместе с процессом и дают независимую картину того, на что процесс способен. После этого характеристики процесса можно сравнивать с установленными требованиями;
- хотя получение количественных данных дороже, чем альтернативных, объемы подгрупп для количественных данных почти всегда гораздо меньше и при этом намного эффективнее. Это позволяет в некоторых случаях снизить общую стоимость контроля и уменьшить временной разрыв между производством продукции и корректирующим воздействием.

Для контрольных карт, использующих количественные данные, предполагается нормальное (гауссово) распределение для вариаций внутри выборок.

Карты для количественных данных отражают состояние процесса через разброс (изменчивость от единицы к единице) и через расположение центра (среднее процесса). Поэтому контрольные карты для количественных данных почти всегда применяют и анализируют парами - одна карта для расположения и одна – для разброса [1-2].

Наиболее часто в серийном и массовом производствах при регулировании технологических процессов изготовления продукции при распределении показателей качества по закону Гаусса или Максвелла используют пару \bar{X} - и R -карту [2].

В табл. 1 и 2 приведены формулы для расчета контрольных границ и коэффициенты соответственно для \bar{X} - и R -карт.

Таблица 1

Формулы для расчета границ контрольных карт с использованием количественных данных

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы*	
	Центральная линия CL	LCL и UCL	Центральная линия CL	LCL и UCL
\bar{X}	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}$ или $\bar{\bar{X}} \pm A_3 \bar{s}$	X_0 или μ	$X_0 \pm A_1 \sigma_0$
R	\bar{R}	$D_3 \bar{R}$ $D_4 \bar{R}$	R_0 или $d_2 \sigma_0$	$D_1 \sigma_0$, $D_2 \sigma_0$
s	\bar{s}	$B_3 \bar{s}$, $B_4 \bar{s}$	s_0 или $C_4 \sigma_0$	$B_1 \sigma_0$, $B_2 \sigma_0$
Примечание: * - заданы стандартные значения X_0 или μ , R_0 , S_0 или σ_0				

Перед началом проведения анализа технологических процессов с использованием контрольных карт на основе количественных данных готовят бланк таблицы (по форме табл. 3), куда заносят результаты измерений контролируемого параметра.

Затем рассчитывают контрольные границы, строят контрольные карты и проводят их анализ с целью дать оценку состояния, регулируемого ТП [2].

Алгоритм работы с X- и R-картами приведен на рис. 2.

Таблица 2

Коэффициенты для расчета границ контрольных карт

Объем выбор- ки n	Коэффициенты для вычисления контрольных границ							
	A_1	A_2	A_3	B_1	B_4	B_5	B_6	
2	2,12	1,88	2,65	0,00	3,27	0,00	2,61	
3	1,73	1,02	1,95	0,00	2,57	0,00	2,27	
4	1,50	0,73	1,63	0,00	2,27	0,00	2,09	
5	1,34	0,58	1,43	0,00	2,09	0,00	1,96	
6	1,22	0,48	1,29	0,03	1,97	0,03	1,87	
7	1,13	0,42	1,18	0,12	1,88	0,11	1,81	
8	1,06	0,37	1,10	0,18	1,81	0,18	1,75	
9	1,00	0,34	1,03	0,24	1,76	0,23	1,71	
10	0,95	0,31	0,97	0,28	1,72	0,28	1,67	
11	0,90	0,28	0,93	0,32	1,68	0,31	1,64	
12	0,87	0,27	0,89	0,35	1,65	0,35	1,61	
	Коэффициенты для вычисления центральной линии CL							
	D_1	D_2	D_3	D_4	C_4	$\sqrt{C_4}$	d_2	$\sqrt{d_2}$
2	0,00	3,69	0,00	3,27	0,797	1,253	1,13	0,89
3	0,00	4,36	0,00	2,57	0,889	1,128	1,69	0,59
4	0,00	4,70	0,00	2,28	0,921	1,085	2,06	0,49
5	0,00	4,92	0,00	2,11	0,940	1,064	2,33	0,43
6	0,00	5,08	0,00	2,00	0,951	1,051	2,53	0,39
7	0,20	5,20	0,08	1,92	0,959	1,042	2,70	0,37
8	0,39	5,31	0,14	1,86	0,965	1,036	2,85	0,35
9	0,55	5,39	0,18	1,82	0,969	1,032	2,97	0,34
10	0,69	5,47	0,22	1,78	0,973	1,028	3,08	0,33
11	0,81	5,53	0,26	1,74	0,975	1,025	3,17	0,32
12	0,92	5,59	0,28	1,72	0,978	1,023	3,26	0,31

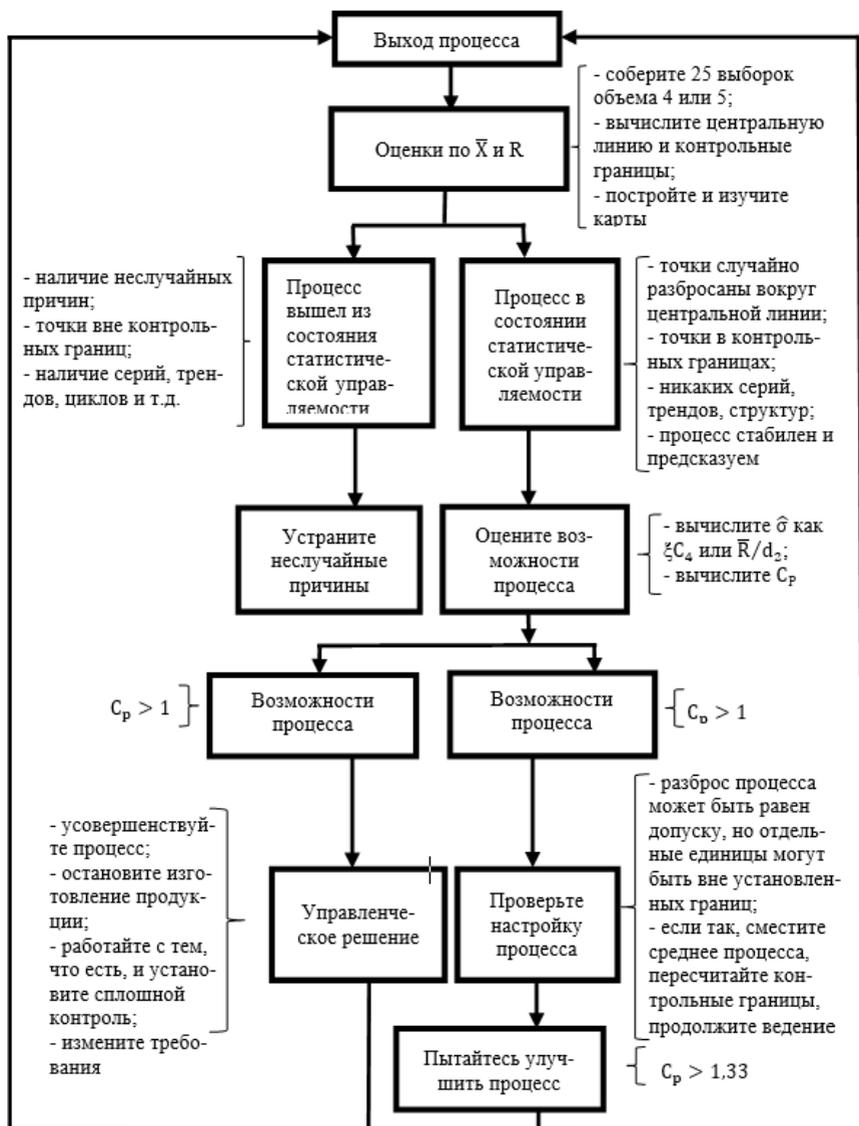


Рис. 2. Стратегия совершенствования процесса при применении X- и R-карты

Таблица 3

Результаты измерения

Действительное значение контролируемого параметра	Номер выборки														
	1	2	3	23	24	25
x_1															
x_2															
x_3															
x_4															
x_5															
Сумма $\sum x_i$															
Средние \bar{x}															
Размахи R															

Для интерпретации хода процесса по контрольным картам существует набор из восьми дополнительных критериев, которые схематически показан на рис. 3-10.

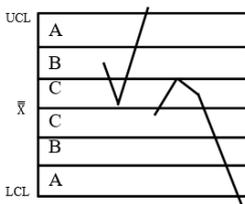


Рис. 3. Критерий 1 – одна точка вне зоны А

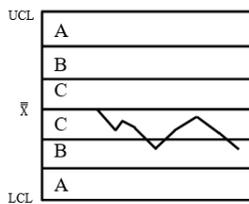


Рис. 4. Критерий 2 – девять точек подряд в зоне С или по одну сторону от центральной линии

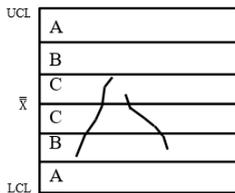


Рис. 5. Критерий 3 – шесть возрастающих или убывающих точек подряд

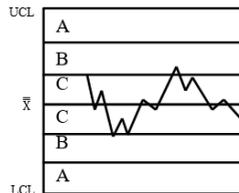


Рис. 6. Критерий 4 – четырнадцать попеременно возрастающих и убывающих точек

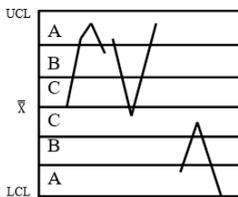


Рис. 7. Критерий 5 – две из трех последовательных точек в зоне А или вне ее

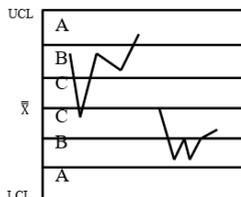


Рис. 8. Критерий 6 – четыре из пяти последовательных точек в зоне В или вне ее

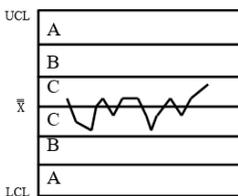


Рис. 9. Критерий 7 – пятнадцать последовательных точек в зоне С выше и ниже центральной линии

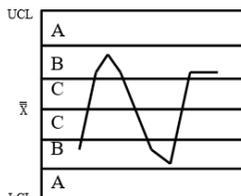


Рис. 10. Критерий 8 - восемь последовательных точек по обеим сторонам центральной линии и ни одной в зоне С

Этот набор критериев можно принять за основу, но пользователи контрольных карт должны обращать внимание на любую необычную структуру точек, которая может указывать на проявление особых (неслучайных) причин. Поэтому эти критерии следует рассматривать только как примеры ситуаций, когда может быть установлено проявление неслучайных причин. Появление любого из случаев, описанных в этих критериях - указание на присутствие особых причин, которые должны быть проанализированы и скорректированы [2].

Верхняя и нижняя контрольные границы контрольной карты устанавливаются на расстоянии 3σ над и под центральной линией. Для применения этих критериев контрольная карта делится на шесть равных зон шириной σ . Эти зоны обозначаются А, В, С, С, В, А, причем зоны С расположены симметрично центральной линии. Данные критерии применимы к \bar{X} -картам и R -картам индивидуальных значений. Предполагается нормальное распределение соответственно \bar{X} и индивидуальных значений [1-3].

1.2 Содержание работы

При выполнении практической работы студент экспериментально оценивает состояние технологического процесса путем построения \bar{X} - и R -контрольной карты при неизвестном и известном стандартном значении σ .

В ходе выполнения работы студент отбирает выборки установленного преподавателем объема из партии деталей, измеряет действительные значения контролируемого показателя качества, затем строит контрольные карты, проводит их анализ и составляет заключение о состоянии технологического процесса. Дополнительно к контрольной карте студент проводит анализ стабильности технологического процесса путем расчета индексов его воспроизводимости и пригодности.

1.3 Средства технологического оснащения

- Микрометр;
- Штангенциркуль;
- Партия заготовок (деталей).

1.4 Проведение эксперимента

1.4.1 Построение \bar{X} - и R -карты при неизвестном стандартном значении σ

1. Ознакомиться с описанием проведения эксперимента.
2. Получить от преподавателя 100 заготовок (деталей), пример эскиза которых приведен на рис. 11.
3. Ознакомиться с техническими требованиями, приведенными на эскизе детали.
4. Подготовить таблицу результатов измерений заготовок (деталей) по форме табл. 3.
5. Разбить все детали на 20 выборок объемом пять деталей в каждой.
6. Измерить действительное значение контролируемого показателя качества каждой заготовки (детали) в выборке.

Контролируемый показатель качества выбирается по указанию преподавателя.

Результаты измерений занести в табл. 3.

7. По результатам измерения для каждой выборки вычислить среднее арифметическое значение \bar{X} контролируемого показателя качества по формуле [2]:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i,$$

где n – объем выборки деталей, шт.; X_i – действительный размер i -й детали в выборке, мм.

Результаты расчетов занести в табл. 3.

8. Для каждой выборки вычислить значение размаха R контролируемого показателя качества по формуле [2]:

$$R = X_{\max} - X_{\min},$$

где X_{\max} и X_{\min} – соответственно, максимальное и минимальное действительное значение контролируемого показателя детали в выборке, мм.

Результаты расчетов занести в табл. 3.

9. Вычислить среднее арифметическое значение контролируемого показателя для всей совокупности данных по формуле [2]:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{K} \sum_{j=1}^K \bar{X}_j,$$

где K – число выборок; \bar{X}_j – среднее арифметическое значение контролируемого показателя качества для j -й выборки.

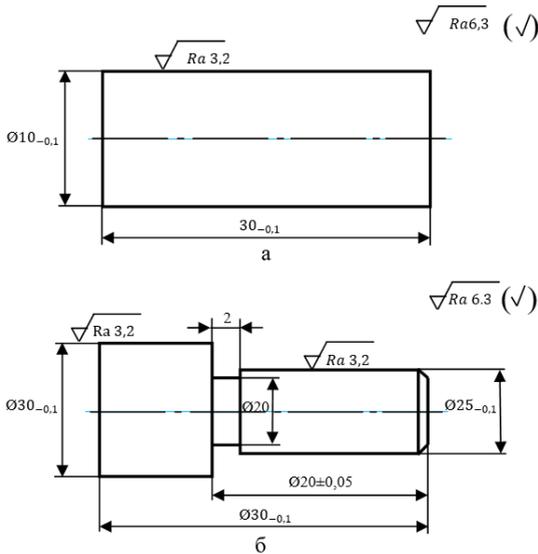


Рис. 11. Эскизы контролируемых деталей

10. Подсчитать среднее значение размаха для всей совокупности данных по формуле [2]:

$$\bar{R} = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K R_t.$$

11. Вычислить значения контрольных границ CL, UCL и LCL для \bar{X} -карты и R -карты по формулам, приведенным в табл. 1.

12. Подготовить бланк контрольных карт, на котором \bar{X} - карту разместить над R -картой (рис. 12). Значения \bar{X} и R отложить на вертикальных осях, по горизонтальной оси - номера выборок. При выборе шкалы рекомендуется, чтобы разность между верхним и ниж-

ним краями шкалы \bar{X} -карты была, по крайней мере, вдвое больше разницы между наибольшим и наименьшим значениями средних выборок \bar{X} . Для R -карты шкала должна иметь значения от нуля до двукратного наибольшего размаха R в выборках.

13. Нанести на контрольные карты сплошные горизонтальные прямые, соответствующие положению центральных линий CL .

14. Нанести штриховыми горизонтальными линиями на соответствующие контрольные карты верхние UCL и нижние LCL контрольные границы. Нижнюю контрольную границу LCL на R -карту не наносят, если объем выборки меньше семи деталей.

15. На R -карту нанести значения размахов для всех выборок и затем соединить точки размахав отрезками прямых, чтобы наглядно были видны код изменения точности технологического процесса и тренды.

16. Проанализировать расположение точек на R -карте. Если в ходе анализа будет зафиксирован выход точек значений размахов для некоторых выборок за контрольные границы, то необходимо эти выборки исключить из рассмотрения и пересчитать контрольные границы для обеих карт.

17. На \bar{X} -карту нанести точки средних арифметических значений контролируемого параметра и соединить их отрезками прямых. Проанализировать \bar{X} -карту на наличие выхода точек за контрольные границы и их особое расположение на контрольной карте. Если в ходе анализа будет зафиксирован выход точек средних арифметических значений \bar{X} для некоторых выборок за контрольные границы, то необходимо эти выборки исключить из рассмотрения и пересчитать контрольные границы для обеих карт.

18. Дать количественную оценку возможностей стабильного процесса с использованием индексов воспроизводимости процесса C_p без учета его настроенности на центр поля допуска и C_{pk} с учетом настроенности процесса на центр поля допуска, которые рассчитывают по нижеприведенным формулам [2]:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma},$$

где USL и LSL – соответственно, наибольшее и наименьшее предельные значения контролируемого показателя качества, мм; $\hat{\sigma}$ – среднее квадратическое отклонение контролируемого показателя качества, мм.

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2},$$

где d_2 – коэффициент, выбираемый по табл. 2 в зависимости от объема выборки.

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}}; \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}} \right\}.$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2},$$

где d_2 – коэффициент, выбираемый по табл. 2 в зависимости от объема выборки.

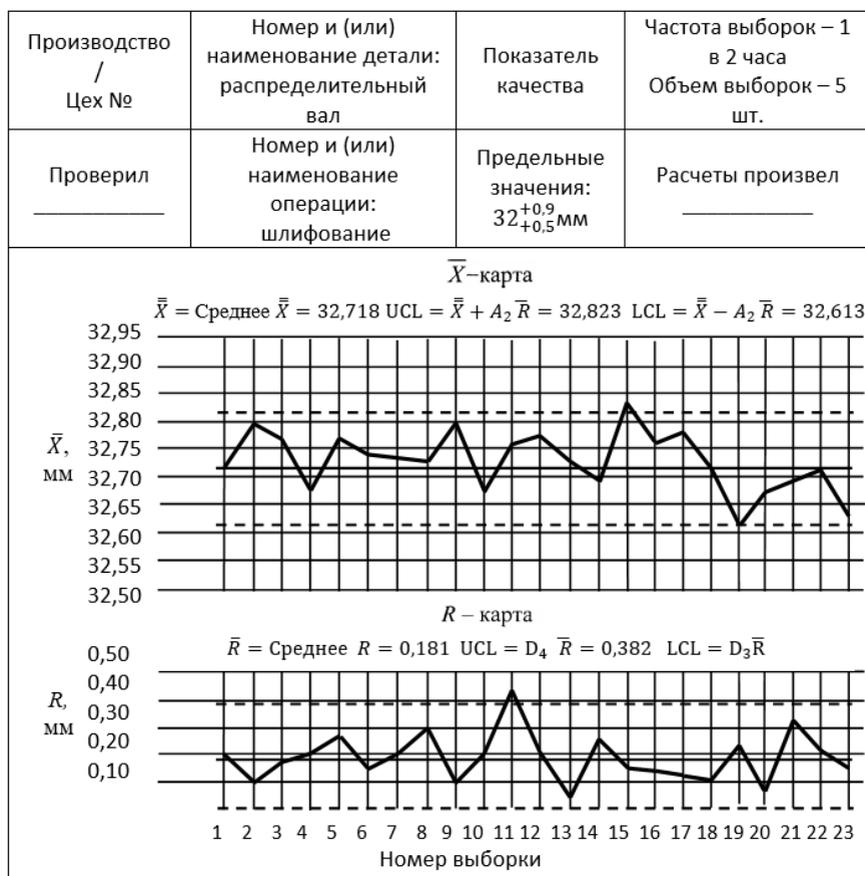


Рис. 12. Пример оформления X-, R-контрольной карты [2]

19. Привести количественную оценку возможностей стабильного процесса с использованием индексов пригодности процесса P_p без учета его настроенности на центр поля допуска и P_{pk} с учетом настроенности процесса на центр поля допуска, которые рассчитывают по нижеприведенным формулам [2]:

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

где σ_T – выборочное среднее квадратическое отклонение, мм.

$$P_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_T}; \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_T} \right\}.$$

Количественную оценку возможностей стабильного ТП с использованием индексов воспроизводимости C_p и C_{pk} и пригодности P_p и P_{pk} следует проводить при выполнении следующих необходимых условий [2]:

- процесс находится в статистически управляемом состоянии (стабилен);
- изменение контролируемого показателя качества соответствует нормальному распределению;
- задан центр и границы поля допуска;
- изменчивость результатов измерений относительно мала;
- следует четко понимать относительность полученных оценок в связи с изменчивостью процесса.

1.4.2 Построение \bar{X} - и R -карты при известном стандартном значении σ_0

1. Ознакомиться с настоящим описанием.
2. Для построения контрольной карты при известном стандартном значении σ_0 использовать данные измерений, полученные при построении X - и R -карты при неизвестном значении σ , приведенные в табл. 3.
3. Получить у преподавателя оценку среднего арифметического значения контролируемого размера детали \bar{X}^0 и значение предполагаемого стандартного отклонения σ^0 .
4. Вычислить значения контрольных границ CL, UCL и LCL для X -карты и R -карты по формулам, приведенным в табл. 1.
5. Построить R -карту и проанализировать расположение точек размахов.
6. Построить X -карту. Проанализировать X -карту на наличие выхода точек за контрольные границы и их особое расположение на контрольной карте.
7. Составить заключение о состоянии анализируемого технологического процесса.
8. Оформить отчет.

1.5 Содержание отчета

Отчет о выполненной работе должен включать в себя следующие обязательные элементы:

1. Титульный лист.
2. Цель работы, перечень средств измерения и эскиз объекта контроля.
3. Таблицы с результатами измерений действительных размеров деталей в выборках.
4. Контрольные карты.
5. Результаты расчетов индексов воспроизводимости и пригодности процесса без и с учетом его настроенности на центр поля допуска.
6. Анализ контрольных карт с заключением о состоянии регулируемого ТП.

1.6 Контрольные вопросы к защите практической работы

1. Перечислите основные виды контрольных карт на основе количественных данных.
2. Определите порядок построения контрольных карт на основе количественных данных.
3. С какой целью рассчитывают индекс воспроизводимости процесса?
4. Как рассчитать индекс пригодности процесса с учетом и без учета его настроенности на середину поля допуска?
5. Каковы будут действия в случае выхода контролируемого параметра за контрольные границы карты?
6. Что собой представляет контрольная карта?
7. Что отражает ломаная линия на X-карте?
8. Что отражает ломаная линия на R-карте?
9. Почему при регулировании ТП с применением контрольных карт на основе количественных данных одновременно ведут две карты?
10. Перечислите возможные варианты расположения точек контролируемого параметра на контрольной карте, при которых состояние ТП следует рассматривать как неконтролируемое.

11. Чему равен риск нахождения точки контролируемого параметра вне контрольных границ контрольной карты, если ТП стабилен?

12. Приведите зависимости для расчета контрольных границ \bar{X} -карты.

13. Приведите зависимости для расчета контрольных границ R -карты.

14. Перечислите основные преимущества применения контрольных карт на основе количественных данных по сравнению с контрольными картами на основе альтернативных данных.

2 Практическая работа №2

Регулирование технологического процесса путем применения контрольных карт на основе альтернативных данных

2.1. Общие положения

Цель работы - получение практических навыков проведения статистического управления качеством продукции на основе применения контрольных карт на основе альтернативных данных.

Альтернативные данные представляют собой наблюдения, фиксирующие наличие или отсутствие некоторых характеристик (или признаков) у каждой единицы рассматриваемой выборки. На основе этих данных производится подсчет числа единиц, обладающих или не обладающих данным признаком, или число таких событий в единице продукции, группе или области. Альтернативные данные в общем случае могут быть получены достаточно быстро и просто, для их сбора не требуется специального обучения. В табл. 4 приведены формулы для расчета контрольных границ контрольных карт, использующих альтернативные данные [2].

Контрольные карты на основе альтернативных данных применяются в следующих случаях [2]:

- получение альтернативных данных (при контроле, сортировке, ремонте и т.п.) не требует дополнительных затрат. Необходимо только нанести эти данные на контрольную карту;

- необходима оперативность, простота и небольшие затраты при сборе данных, например, при проведении контроля с использованием калибров.

На практике рекомендуется применять следующие контрольные карты для альтернативных данных [2]:

- p -карта долей несоответствующих единиц продукции;
- np -карта числа несоответствующих единиц продукции;
- c -карта числа несоответствий;
- u -карта числа несоответствий на единицу продукции.

В отличие от контрольных карт для количественных данных при использовании контрольных карт для альтернативных данных достаточно ведения только одной карты, так как предполагаемое распределение имеет только один независимый параметр - средний уровень, при этом p - и np -карты основаны на биномиальном распределении, а c - и u -карты - на распределении Пуассона.

Расчеты для этих карт одинаковы, за исключением случаев непостоянства объема выборок. Когда объем выборки постоянен, для каждой выборки могут быть выбраны одни и те же контрольные границы.

Если число контролируемых единиц в каждой выборке различно, должны быть рассчитаны контрольные границы отдельно для каждого объема выборки. Таким образом, p - и np -карты могут быть применены при постоянном объеме выборки, а c - и u -карты - в любой ситуации.

Таблица 4

Формулы для расчета контрольных границ карт Шухарта для альтернативных данных

Контрольная карта	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	Центральная линия	3σ контрольные границы	Центральная линия	3σ контрольные границы
p	\bar{p}	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	p_0	$p_0 \pm 3\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}$
np	$n\bar{p}$	$n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$	np_0	$np_0 \pm 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$
c	\bar{c}	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$	c_0	$c_0 \pm 3\sqrt{c_0}$
u	\bar{u}	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	u_0	$u_0 \pm 3\sqrt{\frac{u_0}{n}}$
Примечание: p_0, np_0, c_0, u_0 - заданы стандартные значения.				

Когда объем выборки изменяется от выборки к выборке, для каждой из выборок рассчитывают свои контрольные границы, при этом чем меньше объем выборки, тем шире полоса между этими границами, и наоборот. Если объем выборок меняется незначительно, то можно ограничиться одним набором контрольных границ, основанным на среднем объеме выборки. Для практических целей достаточно, если объемы выборок находятся в пределах $\pm 25\%$ целевого объема выборок.

Обычно p -карту используют для определения среднего процента несоответствующих единиц, обнаруженных за определенный период времени. Она привлекает внимание персонала процесса и управляющих к любым изменениям этого среднего. Процесс признается находящимся в состоянии статистической управляемости так же, как и при использовании X - и R -карт. Если все выборочные точки ложатся внутри пробных контрольных границ без выбросов, указывающих на наличие особых причин, то о процессе можно сделать заключение, что он управляем. В этом случае средняя доля несоответствующих p единиц берется как стандартное значение для доли несоответствующих единиц.

Контрольные карты для альтернативных данных требуют больших объемов выборок (50 и больше), чтобы была возможность обнаружения умеренных сдвигов процесса и наличия нескольких несоответствующих единиц продукции в выборке ($np > 5$). Большой объем выборки может быть недостатком, если выборка берется за длительный период работы процесса. При выборе объема выборки в каждом конкретном случае необходимо исходить из того, чтобы запланированные действия по совершенствованию процесса были заметны.

Частота отбора выборок при контроле по альтернативному признаку должна быть сопоставимой с периодами производства, чтобы помогать анализу производства и устранению причин. Высокая частота отбора единиц продукции в выборку позволит ускорить обратную связь, но при этом может возникнуть необходимость в отборе выборок большого объема.

Общее число выборок, которые необходимо отобрать для построения контрольной карты должно быть достаточно большим,

чтобы уловить их вероятные источники изменчивости, воздействующие на процесс. Обычно отбирают 25 и более выборок, чтобы провести анализ стабильности процесса, и, если процесс стабилен, дать надежную оценку возможности процесса [2, 3].

2.2 Содержание работы

При выполнении практической работы студент экспериментально оценивает состояние технологического процесса путем построения и применения контрольной карты числа несоответствующих единиц продукции при неизвестном и известном стандартном значении p .

Эту карту применяют, когда действительное число несоответствующих единиц продукции более важно или его проще получить, чем долю несоответствующих единиц продукции p .

В ходе выполнения работы студент отбирает выборки установленного преподавателем объема из партии деталей, определяет число несоответствующих единиц продукции в каждой выборке, затем строит контрольные карты, проводит их анализ и составляет заключение о состоянии технологического процесса.

2.3 Средства технологического оснащения

- Микрометр;
- Штангенциркуль;
- Партия заготовок (деталей).

2.4. Проведение эксперимента

2.4.1 Построение np -карты при неизвестном стандартном значении p

1. Ознакомиться с описанием проведения эксперимента.
2. Получить от преподавателя 100 заготовок (деталей), эскиз которых приведен на рис. 11.
3. Ознакомиться с техническими требованиями, приведенными на эскизе заготовки (детали).
4. Подготовить таблицу по форме табл. 5.
5. Отобрать из партии деталей выборку объемом 25 деталей.
6. Измерить действительные значения показателей качества, приведенных на рис. 11, каждой заготовки (детали) в выборке. Определить число несоответствующих единиц продукции в выборке

пр. Значение np занести в табл. 5. Перемешать детали из отобранной выборки с оставшимися деталями. Затем отобрать следующую выборку. Процедуру отбора и контроля np продолжать до тех пор, пока не будут отобраны и проконтролированы детали 25 выборок.

Таблица 5

Результаты определения числа несоответствующих единиц продукции

Номер выборки	Число несоответствующих единиц продукции в выборке np , шт.	Доля несоответствующих единиц продукции в выборке p	Примечание
1			
2			
3			
...			
23			
24			
25			

7. По результатам контроля для каждой выборки вычислить долю несоответствующих единиц продукции p по формуле:

$$p = \frac{np}{n},$$

где n – объем выборки деталей, шт.; np – число несоответствующих деталей в выборке, шт.

Результаты расчетов занести в табл. 5.

8. Подсчитать среднюю долю несоответствующих единиц продукции по формуле [2]:

$$\bar{p} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k p_j,$$

где k – число выборок.

9. Рассчитать среднее число несоответствующих единиц продукции по формуле [2]:

$$np = n\bar{p}$$

10. Вычислить значения контрольных границ CL, UCL и LCL по формулам, приведенным в табл. 1.

11. Подготовить бланк контрольной карты, по образцу, приведенному на рис. 13.

Число долей несоответствующих единиц продукции np отложить по вертикальной оси, а по горизонтальной оси - номера выборок. Вертикальная шкала должна содержать интервал от нуля до наибольшего значения числа несоответствующих единиц продукции np , отмеченного в исходных данных, умноженного на коэффициент 1,5.

12. Нанести на контрольную карту сплошную прямую горизонтальную линию, соответствующую положению центральной линии CL.

13. Нанести штриховыми горизонтальными линиями на контрольную карту верхнюю UCL и нижнюю LCL контрольные границы. Нижнюю контрольную границу LCL на карту не наносят, если по результатам расчета $LCL < 0$.

14. На контрольную карту нанести значения числа несоответствующих единиц продукции np для всех выборок и затем соединить эти точки сплошными линиями для обнаружения неслучайного поведения и тренда.

Если некоторые точки расположены существенно ниже или выше других точек, необходимо убедиться, что вычисления выполнены правильно.

15. Выполнить оценку статистической управляемости ТП с целью выявления фактов, указывающих на то, что ТП вышел из-под контроля и принятия надлежащих действий. Проанализировать расположение точек на контрольной карте.

Точки за контрольными границами, очевидные тренды и необычное расположение точек на контрольной карте указывают на наличие особых причин изменчивости.

16. Пересчитать предварительно определенные контрольные границы для исключения периодов нестабильности из-за действия особых причин, которые были устранены. При этом необходимо исключить точки, связанные с действием особых причин.

Полученные ранее данные необходимо проверить по новым контрольным границам для подтверждения, что новые точки не указывают на наличие особых причин.

После этого рекомендуется принять предварительно определенные границы в качестве рабочих контрольных границ, по которым будут оценивать будущие данные по мере их сбора и нанесения на контрольную карту.

17. Составить заключение о состоянии анализируемого технологического процесса.

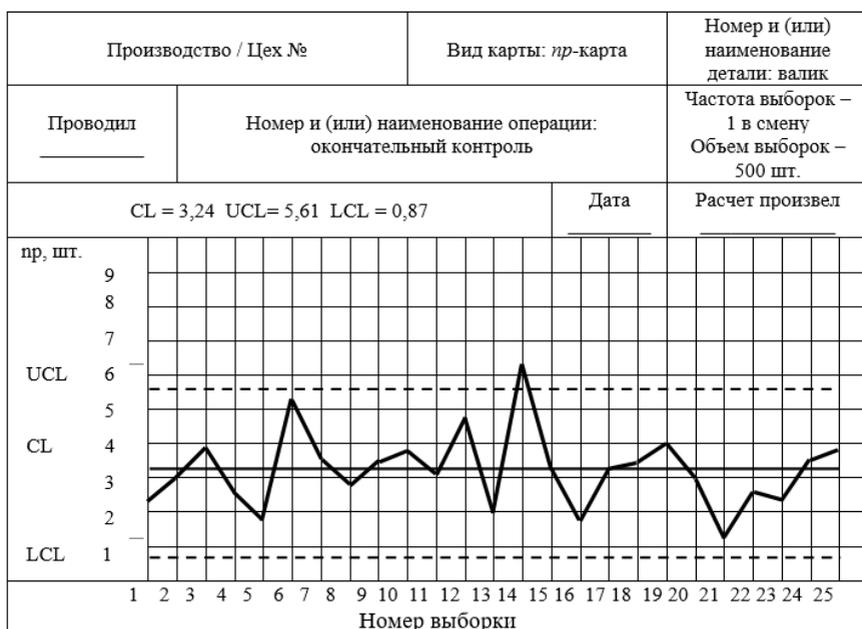


Рис. 13. Пример оформления контрольной карты на основе альтернативных данных (*np*-карты) [2]

2.5 Содержание отчета

Отчет о выполненной работе должен включать в себя следующие обязательные элементы:

1. Титульный лист.
2. Цель работы, перечень средств измерения и эскиз объекта контроля.

3. Таблицы с результатами измерений действительных размеров деталей в выборках.
4. Контрольные карты.
5. Анализ контрольных карт. Заключение о состоянии технологического процесса.

2.5 Контрольные вопросы к защите практической работы

1. Чему равен риск нахождения точки контролируемого параметра вне контрольных границ контрольной карты, если ТП стабилен?
2. Приведите зависимости для расчета контрольных границ *np*-карты при неизвестном среднем значении доли несоответствующих единиц продукции p ?
3. Приведите зависимости для расчета контрольных границ *np*-карты при известном стандартном значении p^0 .
4. Перечислите основные преимущества применения контрольных карт на основе альтернативных данных по сравнению с контрольными картами на основе количественных данных.
5. Что такое тренд и каковы причины его появления на контрольной карте?
6. В каких случаях целесообразно применение контрольных карт на основе альтернативных данных?

3 Практическая работа №3

Использование гистограмм управления качеством продукции

3.1 Общие положения

Цель работы - получение практических навыков построения и применения гистограмм для управления качеством деталей при их изготовлении на настроенных станках.

В результате возникновения случайных погрешностей при обработке партии заготовок на настроенных станках, работающих в условиях частичной, комплексной или полной автоматизации, действительный размер каждой заготовки является случайной величиной и может принимать любые значения в границах определенного интервала.

Совокупность значений действительных значений размеров заготовок, обработанных при неизменных условиях и расположенных в возрастающем порядке с указанием частоты повторения этих размеров или частостей, называется распределением размеров заготовок в партии.

Под частостью понимают отношение числа заготовок одного размера к общему числу заготовок в партии. Распределение действительных размеров заготовок можно представить графически в виде гистограммы распределения, которая представляет собой ступенчатую линию (рис. 14). Для построения гистограммы измеренные действительные значения заготовок разбивают на интервалы таким образом, чтобы цена интервала (разность между наибольшим и наименьшим размерами в пределах одного интервала) была несколько больше цены деления измерительного устройства. Этим компенсируется погрешность измерения.

Частость в этом случае представляет собой отношение числа m заготовок, действительные размеры которых попали в данный интервал, к общему числу заготовок в выборке n . При построении гистограммы по оси абсцисс откладывают интервалы размеров, а по оси ординат - соответствующие им частоты m или частости m/n .

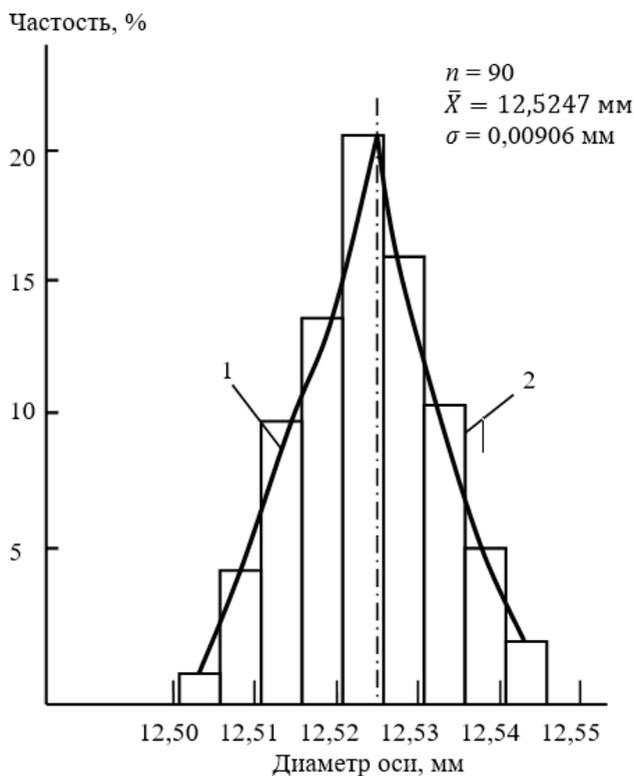


Рис. 14. Распределение измеренных диаметров осей:
 1 - полигон распределения; 2 – гистограмма

Затем в каждом интервале строят прямоугольники, высота которых соответствует частоте или частости попадания размеров заготовок в интервал.

Построенная таким образом столбчатая диаграмма и есть гистограмма. Последовательным соединением между собой точек, соответствующих серединам интервалов по верхним полкам прямоугольников, получают ломаную кривую, которая носит название эмпирической кривой распределения или полигона распределения.

При увеличении количества интервалов и уменьшении их размеров ломаная эмпирическая кривая распределения приближается по форме к плавной кривой, именуемой кривой распределения.

Для построения гистограммы рекомендуется измеренные действительные размеры заготовок разбивать не менее чем на шесть интервалов при общем числе измеренных заготовок не меньше пятидесяти [2].

Анализ построенной гистограммы позволяет сравнить поле рассеивания контролируемого параметра co с полем допуска T и оценить их взаимное положение. При этом возможны пять типичных вариантов взаимного расположения полей допуска T и рассеивания ω [2]:

- поле рассеивания значительно меньше поля допуска ($\omega < T$). ТП протекает нормально, требуется только поддерживать существующее состояние;

- поле рассеивания равно или немного меньше поля допуска ($\omega = T$). ТП протекает нормально, но нет запаса надежности. Можно провести мероприятия по уменьшению поля рассеивания, если затраты на эти мероприятия будут меньше, чем потери от возможного брака;

- поле рассеивания меньше поля допуска ($\omega < T$), но смещено влево (или вправо) от границы поля допуска. Процесс протекает ненормально, что связано с воздействием специальных причин вариаций, нужно добиться смещения середины поля рассеивания ω к центру поля допуска T ;

- поле рассеивания больше поля допуска ($\omega > T$) и размещено симметрично относительно центра поля допуска. Процесс протекает ненормально, что связано с воздействием общих причин вариаций, необходимо провести мероприятия по снижению поля рассеивания;

- поле рассеивания больше поля допуска ($\omega > T$) и смещено относительно середины поля допуска T . Процесс протекает ненормально, необходимо ликвидировать воздействие как общих, так и специальных причин вариаций.

По результатам такого сравнения можно сделать предварительное заключение об устойчивости ТП и, в случае необходимости, наметить мероприятия по ее повышению. Более точную оценку устойчивости ТП можно выполнить, используя индексы возможности

процесса с учетом C^{PK} и без учета C^P настроенности процесса на середину поля допуска [2]:

$$C^P = (USL - LSL) / 6s;$$
$$C^{PK} = \min \{[(USL - X) / 3sJ]; [(X - LSL) / 3s]\},$$

где USL, LSL – соответственно, наибольшее и наименьшее значения контролируемого параметра заготовки, мм; s - оценка среднего квадратического отклонения, мм; X - среднее арифметическое значение контролируемого параметра, мм.

3.2 Содержание работы

При выполнении практической работы студент экспериментально оценивает состояние технологического процесса путем построения гистограммы.

В ходе выполнения работы студент отбирает выборку установленного преподавателем объема из партии деталей, измеряет действительные значения контролируемого показателя качества каждой единицы продукции в выборке, затем строит гистограмму, проводит ее анализ и составляет заключение о состоянии технологического процесса.

3.3 Средства технологического оснащения

- Микрометр;
- Штангенциркуль;
- партия заготовок (деталей).

3.4 Проведение эксперимента

Методика построения гистограммы включает следующие этапы:

1. Ознакомиться с описанием проведения эксперимента.
2. Получить от преподавателя выборку из 100 заготовок (деталей), эскиз которых приведен на рис. 13.
3. Ознакомиться с техническими требованиями, приведенными на эскизе заготовки (детали).
4. Подготовить таблицу по форме табл. 6.

Таблица 6

Результаты измерений

Действительные значения контролируемого показателя качества, мм					
X ₁	X ₂₁	X ₄₁	X ₆₁	X ₈₁	X ₁₀₁
X ₂	X ₂₂	X ₄₂	X ₆₂	X ₈₂	X ₁₀₂
X ₃	X ₂₃	X ₄₃	X ₆₃	X ₈₃	X ₁₀₃
X ₄	X ₂₄	X ₄₄	X ₆₄	X ₈₄	X ₁₀₄
X ₅	X ₂₅	X ₄₅	X ₆₅	X ₈₅	X ₁₀₅
X ₆	X ₂₆	X ₄₆	X ₆₆	X ₈₆	X ₁₀₆
X ₇	X ₂₇	X ₄₇	X ₆₇	X ₈₇	X ₁₀₇
X ₈	X ₂₈	X ₄₈	X ₆₈	X ₈₈	X ₁₀₈
X ₉	X ₂₉	X ₄₉	X ₆₉	X ₈₉	X ₁₀₉
X ₁₀	X ₃₀	X ₅₀	X ₇₀	X ₉₀	X ₁₁₀
X ₁₁	X ₃₁	X ₅₁	X ₇₁	X ₉₁	X ₁₁₁
X ₁₂	X ₃₂	X ₅₂	X ₇₂	X ₉₂	X ₁₁₂
X ₁₃	X ₃₃	X ₅₃	X ₇₃	X ₉₃	X ₁₁₃
X ₁₄	X ₃₄	X ₅₄	X ₇₄	X ₉₄	X ₁₁₄
X ₁₅	X ₃₅	X ₅₅	X ₇₅	X ₉₅	X ₁₁₅
X ₁₆	X ₃₆	X ₅₆	X ₇₆	X ₉₆	X ₁₁₆
X ₁₇	X ₃₇	X ₅₇	X ₇₇	X ₉₇	X ₁₁₇
X ₁₈	X ₃₈	X ₅₈	X ₇₈	X ₉₈	X ₁₁₈
X ₁₉	X ₃₉	X ₅₉	X ₇₉	X ₉₉	X ₁₁₉
X ₂₀	X ₄₀	X ₆₀	X ₈₀	X ₁₀₀	X ₁₂₀

5. Измерить действительное значение контролируемого показателя качества заготовки (детали) в выборке (контролируемый показатель качества выбирается по указанию преподавателя). Результаты измерений занести в табл. 6. Цена деления измерительного прибора должна составлять (0,1...0,6) допуска контролируемого показателя качества.

6. Определить максимальное X^{\max} и минимальное X^{\min} значения контролируемого показателя качества.

7. Вычислить размах выборки R .

8. Определить число интервалов, на которое необходимо разбить ряд чисел, полученных при измерении. Для наглядности число интервалов следует выбирать из диапазона от 5 до 15 равной ширины в зависимости от объема выборки (табл. 7)

Таблица 7

Выбор числа интервалов

Объем выборки n , шт.	50	100	500	1000
Число интервалов	5	10	13	15

9. Рассчитать цену одного интервала C по формуле [2]:

$$c = R / f.$$

10. Подготовить бланк таблицы по форме табл. 8.

Таблица 8

Обработка результатов измерений

Номер интервала	Диапазон интервала, мм	Середина интервала $\chi_{срi}$, мм	Частота m попадания размеров в интервал, шт.	Частость m / n
1				
2				
3				
...
14				
15				
Итого				

11. Вычислить границы каждого интервала. Нижняя граница первого интервала равна минимальному значению контролируемого показателя качества в выборке, а верхняя граница равна сумме значений нижней границы и цены интервала c . Результаты расчетов занести в табл. 8.

12. Вычислить значения середины каждого интервала. Результаты расчетов занести в табл. 8.

13. Подсчитать для каждого интервала число деталей (частоту), действительные размеры которых попадают в каждый интервал. Результаты расчетов занести в табл. 8.

14. Подсчитать для каждого интервала частоту попадания действительных размеров деталей в каждый интервал. Результаты расчетов занести в табл. 8.

15. Рассчитать среднее арифметическое значение контролируемого показателя качества по формуле [2]:

$$\bar{X} = \sum X_{icp} m_i / m_i$$

16. Нанести на лист бумаги координатные оси. На горизонтальной оси нанести разметку интервалов с разметкой каждого интервала. На вертикальной оси нанести разметку частоты (частости), масштаб которой следует выбирать из соотношения размеров графика и максимального количества измерений в одном интервале.

17. Построить в каждом интервале прямоугольники, высота которых соответствует частоте (частости) попадания действительных размеров деталей в данный интервал.

18. Нанести на гистограмму линию, состоящую из отрезков, соединяющих точки середин интервалов по верхним полкам прямоугольников - полигон распределения.

19. Рассчитать среднее квадратическое отклонение контролируемого показателя качества по формуле [2]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_{icp})^2 m_i}{\sum_{i=1}^n m_i}}$$

Для упрощения расчета необходимые данные и расчетные данные занести в таблицу по форме табл. 9.

Таблица 9

Данные для расчета среднего квадратического отклонения контролируемого показателя качества

Номер интервала	Частота m попадания размеров в интервал, шт.	Середина интервала X_{icp} , мм	$(\bar{X} - X_{icp})^2$, мм	$m_i(\bar{X} - X_{icp})^2$, мм
1				
2				
3				
...

14				
15				
Итого				

20. Построить теоретическую кривую нормального распределения, для чего необходимо рассчитать [2]:

- максимальную ординату распределения Y_{max} :

$$Y_{max} = 0,4 \frac{\sum_{i=1}^n m_i c}{\sigma};$$

- ординату для односигмовых границ ($\pm\sigma$) расстояний от середины поля рассеивания:

$$Y_{\sigma} = 0,24 \frac{\sum_{i=1}^n m_i c}{\sigma};$$

- величину поля рассеивания ω_{max} :

$$\omega_{max} = \pm 3\sigma.$$

21. Нанести на гистограмму в принятом масштабе поле допуска контролируемого показателя качества.

22. Определить величину смещения центра поля рассеивания относительно середины поля допуска по формуле [2]:

$$\Delta X = \bar{X} - 0,5(USL + LSL).$$

23. Оценить величину брака в представленной на контроль партии деталей, для чего необходимо рассчитать [2]:

- верхнее значение аргумента $z_{в}$ функции Лапласа $\Phi(z)$ [2]:

$$z_{в} = (USL - \bar{X})/\sigma;$$

- нижнее значение аргумента $z_{н}$ функции Лапласа $\Phi(z)$ [2]:

$$z_{н} = (\bar{X} - LSL)/\sigma.$$

24. Оценить вероятность появления брака $P_в$ по верхнему пределу допуска [2]:

$$P_в = 0,5 - \Phi(z_в).$$

25. Оценить вероятность появления брака $P_н$ по нижнему пределу допуска [2]:

$$P_н = 0,5 - \Phi(z_н).$$

26. Рассчитать индекс воспроизводимости процесса без учета его настроенности на середину поля допуска по формуле [2]:

$$C_p = T / \omega.$$

27. Составить заключение о состоянии анализируемого технологического процесса.

28. Оформить отчет.

3.5 Содержание отчета

Отчет о выполненной работе должен включать в себя следующие обязательные элементы:

1. Титульный лист.
2. Цель работы, перечень средств измерения и эскиз объекта контроля.
3. Таблицы с результатами измерения действительных размеров деталей в выборке.
4. Гистограмму.
5. Анализ гистограммы. Заключение о состоянии регулируемого ТП.

3.6 Контрольные вопросы к защите практической работы

1. Из каких соображений выбирается число интервалов при построении гистограммы?
2. Определите порядок построения гистограммы.
3. Как определяется индекс воспроизводимости процесса и что он отражает?
4. Что собой представляет гистограмма распределения?

5. Как называется ломаная линия на гистограмме?
6. Что характеризует среднее квадратическое отклонение показателя качества?
7. Перечислите возможные варианты относительного расположения поля допуска и поля рассеивания при построении гистограммы.
8. Как построить теоретическую кривую нормального распределения контролируемого параметра?
9. Приведите зависимости для расчета вероятности брака по результатам построения гистограммы.
10. В каких случаях целесообразно построение гистограмм?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кане М.М. Управление качеством продукции машиностроения: учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.М. Кане [и др.]. - Электрон. дан. - М.: Машиностроение, 2010. - 416 с. <https://e.lanbook.com/book/764>.
2. Веткасов Н.И. Статистические методы управления качеством продукции в машиностроении: Сборник лабораторных работ / Н.И. Веткасов. - Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 40 с.
3. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством продукции [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.В. Ефимов, Т.В. Барт. - Электрон. дан. - М.: КноРус, 2013. - 240 с. <https://e.lanbook.com/book/53547>.
4. Аристов О.В. Управление качеством: Учеб. пособие для вузов / О.В. Аристов. - М.: ИНФРА-М, 2007. - 240 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=125985>
5. Бочкарев П.Ю. Оценка производственной технологичности деталей [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П.Ю. Бочкарев, Л.Г. Бокова. - Электрон. дан. - СПб.: Лань, 2017. - 132 с. <https://e.lanbook.com/book/93584>.
6. Максаров В.В. Технологические основы обеспечения качества изделий в машиностроении: учеб. пособие / В.В. Максаров, В.А. Красный. - СПб.: Политехника-принт, 2017. - 173 с.
7. Ирзаев Г.Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий [Электронный ресурс]: монография - Электрон. дан. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2010. — 192 с. <https://e.lanbook.com/book/65138>.
8. ГОСТ Р50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. – М.: ИП К. Издательство стандартов, 1999. – 40с.
9. ГОСТ Р51814.3–2001. Системы качества в автомобилестроении. Методы статистического управления процессами. – М.: ИПК. Издательство стандартов, 2001. - 34 с.
10. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством продукции / В.В Ефимов, Т.В. Барт. – М.: КНО РУС, 2006. – 136 с.

11. Елагина О.Ю. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин: учеб. пособие / О.Ю. Елагина. - М.: Университетская книга; Логос, 2009. - 488 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=468686>
12. Жарский И.М. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин: учебник / И.М. Жарский [и др.]. - Минск: Выш. шк., 2010. - 336 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=506971>
13. Магомедов Ш.Ш. Управление качеством продукции: Учебник / Ш.Ш. Магомедов, Г.Е. Беспалова. - М.: Дашков и К°, 2013. - 335 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=415054>
14. Герасимов Б.Н. Управление качеством: Учебное пособие / Б.Н. Герасимов, Ю.В. Чуриков. - М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2011. - 304 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=232584>
15. Коган Б.И. Интегрированная система управления качеством продукции: учеб. пособие: / Б.И. Коган [и др.]. - Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2012. - 112 с. <https://e.lanbook.com/book/6660>.
16. Прогрессивные технологии машиностроительных производств: сб. науч. трудов / С.Н. Григорьев [и др.]. - М.: Горная книга, 2011. - 106 с. <https://e.lanbook.com/book/49691>.
17. Черников Б.В. Управление качеством программного обеспечения: Учебник. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. - 240 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=256901>
18. Ефимов В.В. Управление качеством: Учеб. пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 2000. - 141 с.

Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>.
2. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - www.consultant.ru/.
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>.
4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>.

5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.
6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>. <https://e.lanbook.com/books>.
7. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru.
9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань».
10. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ).
11. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>.
12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
13. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru>.
14. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru>.

Содержание

Введение	3
Теоретические положения	5
1 Практическая работа №1	6
2 Практическая работа №2	22
3 Практическая работа №3	29
Библиографический список.....	40