

**В. А. Марков, В. И. Кретинин, В. А. Соколова
А. В. Теппоев, Ю. И. Беленький**

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ
КУРСОВАЯ РАБОТА

Учебно-методическое пособие

**Санкт-Петербург
2026**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

**В. А. Марков, В. И. Кретинин, В. А. Соколова,
А. В. Теппоев, Ю. И. Беленький**

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

КУРСОВАЯ РАБОТА

Учебно-методическое пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2026

УДК 005.642.2
ББК 65.291.823.2
К 65

Рецензенты:

кандидат технических наук, заместитель директора института технологии Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

И. В. Ключикин;

кандидат технических наук, доцент кафедры математики Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

С. В. Алексеева

К 65 Контроль качества продукции. Курсовая работа: учебно-методическое пособие / В. А. Марков, В. И. Кретинин, В. А. Соколова, А. В. Теппоев, Ю. И. Беленький. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2026. — 39 с.

Учебно-методическое пособие соответствует программам и учебным планам дисциплины «Контроль качества продукции» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

В учебно-методическом пособии представлены материалы, позволяющие студентам получить знания о теоретических и практических аспектах статистической обработки данных при управлении качеством продукции лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств.

Учебно-методическое пособие предназначено для бакалавров всех форм обучения.

Может быть рекомендовано для самостоятельной работы магистров направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», профиль «Технологические процессы и оборудование целлюлозно-бумажного производства», а также для студентов, обучающихся по направлениям подготовки: 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» и 27.03.01 «Стандартизация и метрология».

Научная специальность 4.3.4. «Технологии, машины и оборудование для лесного хозяйства и переработки древесины».

УДК 005.642.2
ББК 65.291.823.2

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2026
© Марков В. А., Кретинин В. И.,
Соколова В. А., Теппоев А. В.,
Беленький Ю. И., 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ КРИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	6
1.1. Теоретические основы.....	6
1.2. Методика построения кривых распределения.....	9
1.3. Контрольные вопросы.....	13
2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ.....	14
2.1. Теоретические основы.....	14
2.2. Методика построения контрольной карты.....	14
2.3. Контрольные вопросы.....	19
3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ДАННЫХ.....	20
3.1. Теоретические основы	20
3.2. Методика построения альтернативных контрольных карт.....	20
4. ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО.....	25
4.1. Теоретические основы	25
4.2. Методика построения диаграммы Парето.....	25
4.3. Контрольные вопросы.....	28
5. ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ.....	29
5.1. Теоретические основы	29
5.2. Методика построения диаграммы Исикавы	29
5.3. Контрольные вопросы.....	31
6. ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ РАЗБРОСА (РАССЕЯНИЯ).....	32
6.1. Теоретические основы	32
6.2. Методика построения диаграммы разброса	33
6.3. Контрольные вопросы.....	34
7. ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.....	35
7.1. Теоретические основы.....	35
7.2. Методика построения ранговой корреляции	35
7.3. Контрольные вопросы.....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	39

ВВЕДЕНИЕ

Важным этапом подготовки студента является выполнение курсовых работ, в которых закрепляются и углубляются полученные знания по общетехническим и специальным дисциплинам, прорабатываются специальные разделы наиболее ответственных дисциплин. Выполнение курсовой работы должно быть связано с решением конкретных задач в управлении качеством, что облегчает внедрение полученных результатов в практику. Материалы и наработки, полученные в ходе выполнения курсовой работы, могут быть использованы в дальнейшем при выполнении выпускной работы бакалавра.

Курсовая работа оформляется в виде текстового документа, излагающего постановку и решение задачи, содержание исследования и его основные результаты. Содержание работы должно демонстрировать знакомство автора с основной литературой по теме работы, умение выявить проблему, поставить задачу и определить методы ее решения, умение последовательно изложить существо рассматриваемых вопросов, а также показать умение анализировать полученные результаты. Текстовая часть курсовой работы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.32–2017 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Выбор темы курсовой работы производится самим студентом в соответствии с его интересами и подготовленностью, но обязательным последующим согласованием с научным руководителем и утверждением на кафедре.

При выполнении курсовой работы по определенной теме необходимо: изучить и дать критический анализ сведений, содержащихся в различных источниках; объяснить сущность технологических процессов при производстве продукции, проанализировать показатели качества лесозаготовительной продукции, проанализировать дефекты продукции и причины их возникновения, на основе чего построить инструменты контроля и управления качеством продукции.

Тематика курсовых работ, разрабатываемая выпускающей кафедрой, тесно связана с конкретными задачами курса «Контроль качества продукции».

В ходе выполнения задания студенту необходимо решить 7 практико-ориентированных задач в соответствии с вариантом, определяемым исходя из номера зачетной книжки.

Пояснительная записка курсовой работы состоит из титульного листа, введения, основной части, заключения и списка литературы. Каждый выполненный раздел должен иметь вывод или логическое заключение.

В основной части следует выделить следующие разделы:

1. Технология производства продукции.
2. Контролируемые параметры.
3. Дефекты продукции.

4. Использование статистических методов контроля и управления качеством при производстве продукции.

В разделе «Технология производства продукции» необходимо охарактеризовать этапы технологического процесса изготовления продукции и представить их в виде схемы.

В разделе «Контролируемые параметры» необходимо указать требования к качеству и безопасности продукции и их значения в виде таблиц. Представьте контролируемые параметры в виде иерархического дерева.

В разделе «Дефекты продукции» необходимо охарактеризовать основные пороки и дефекты, оказывающие наибольшее влияние на качество продукции выбранного производства.

В разделе «Использование статистических методов контроля и управления качеством при производстве продукции» необходимо вкратце раскрыть сущность статистических методов контроля и управления качеством продукции и решить 7 задач из данных методических указаний по своему варианту, выбираемому исходя из последней цифры шифра зачетной книжки.

Графическая часть представляет собой чертеж формата А1, на котором представлены: гистограмма распределения (А3), контрольные карты (А3), диаграмма Парето (А3) и диаграмма Исикавы.

1. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ КРИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

1.1. Теоретические основы

Размер обрабатываемой поверхности, в результате действия причин различной природы, является величиной **случайной** и может принимать любое значение в границах определённого интервала. В качестве случайной величины может быть представлен непосредственно размер поверхности, допуск размера или предельное отклонение размера. Числовой ряд контролируемого размера должен быть представлен в виде ограниченного перечня параметров, удобных для анализа и управления точностью обработки.

Распределение случайной величины (X) часто оценивают следующими показателями.

Поле рассеивания

$$W = X_{\max} - X_{\min}, \quad (1.1)$$

где $X_{\max}$, $X_{\min}$ – максимальный и минимальный действительный размер детали в выборке.

Величина (W) характеризует интервал изменения случайной величины.

Среднее арифметическое значение

$$X_{cp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1.2)$$

где X_i – размер i -й детали;

n – число деталей в выборке.

Показатель (X_{cp}) характеризует центр группирования случайной величины (X_i).

Среднее квадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - X_{cp})^2}. \quad (1.3)$$

Величина (σ) даёт представление о характере рассеивания случайной величины (X_i) в пределах поля рассеивания (W).

Комплексная оценка характера изменения (X) может быть получена с помощью кривых распределения. Сущность метода заключается в следующем. В процессе обработки заготовок на настроенном станке проводится измерение контролируемого параметра (X) для выборки (n), в объёме не менее 50 изделий. Определяют поле рассеивания (W) и разделяют его на число интервалов, которое определяется по формуле:

$$r = 1 + 3,2 \lg n, \quad (1.4)$$

Полученное значение округляют до целого числа.

Значение интервального диапазона вычисляют по формуле:

$$K = W / r, \quad (1.5)$$

Началом диапазона первого интервала является минимальное значение контролируемого параметра, а концом – величина с учетом значения интервального диапазона. Конец диапазона первого интервала является началом второго и т. д.

Рассчитывают частоту (m_i) – количество деталей, попавших в (i -й) интервал и частоту (P_i).

$$P_i = m_i / n, \quad (1.6)$$

По полученным данным строят столбчатую диаграмму распределения (гистограмму). Соединяют отрезками прямой середины верхних ступенек столбцов. Получают ломаную линию – полигон распределения или эмпирическую кривую распределения. Пример построения показан на рисунке 1.1. При бесконечно большом количестве деталей в выборке и бесконечно малом размере интервалов полигон распределения превращается в плавную кривую линию – теоретическую кривую распределения, характеризуемую функцией (1.5).

$$Y = f(X), \quad (1.7)$$

где Y – плотность вероятности появления размера X .

Практическое применение в машиностроении нашли следующие виды функций распределения:

- функция нормального распределения (закон Гаусса);
- функция Симпсона (закон равнобедренного треугольника);
- функция Релея (закон эксцентриситета);
- композиции вышеперечисленных функций.

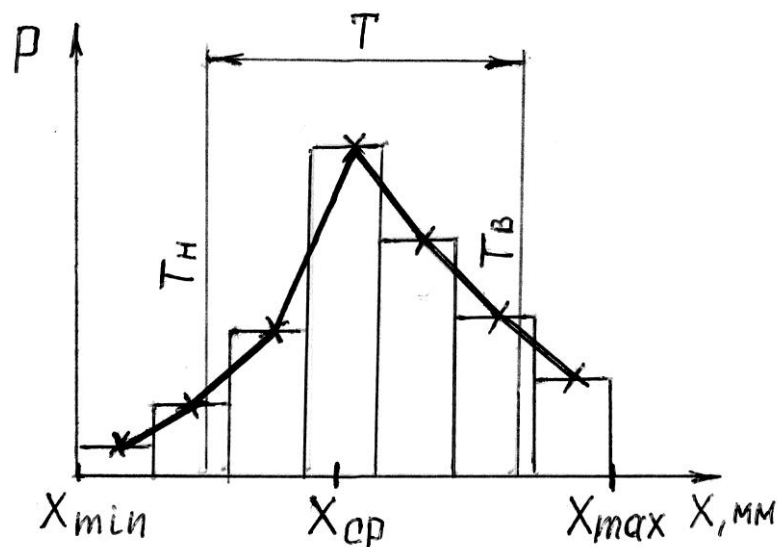


Рисунок 1.1. Пример построения гистограммы распределения

Кривая распределения является основной характеристикой технологического процесса (ТП) в отношении точности (по аналогии с индикаторной диаграммой ДВС). Кривые распределения будут совпадать, если обработать две партии деталей при неизменных условиях. При наличии между ТП существенных расхождений, влияющих на точность обработки, соответствующие кривые распределения будут отличаться либо формой, либо положением, либо тем и другим.

Сопоставив кривые распределения, можно в производственных условиях наглядно представить, как отражается изменение того или иного фактора на точность обработки. Изменение параметров кривой распределения может служить объективным критерием для оценки влияния того или иного фактора на точности обработки.

Кривые распределения могут получиться самых различных форм, в т. ч. многовершинные (рис.1.2 а). Смещение вершин (А) может быть вызвано:

- повторной настройкой;
- применением разного режущего или измерительного инструмента (штампа) и др.

Некоторые варианты формы кривой распределения показаны на рис. 1.2.

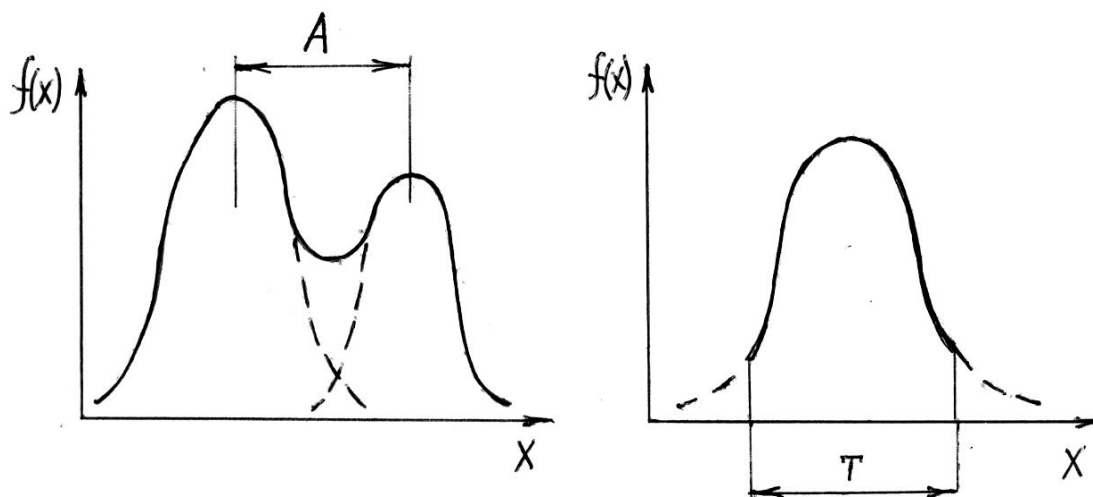


Рисунок 1.2. Варианты кривой распределения параметров точности

На рисунке 1.2 показана кривая распределения, характерная для параметров точности партии изделий предварительно проконтролированных, причём часть изделий, выходящая за пределы допуска, отбракована.

Недостатком метода является **отсутствие аналитического описания протекающих процессов.**

Применение перечисленных частных и комплексных характеристик даёт возможность решать ряд практических задач. Например:

- определение вероятного процента бракованных изделий в партии;
- получение данных для расчёта размерных цепей вероятностным методом;
- получение данных для настройки станков на размер;
- контроль за точностью параметров обработки и др.

1.2. Методика построения кривых распределения

Цель работы – получение навыков применения статистических методов при оценке параметров и анализе точности процесса механической обработки заготовок.

Задание:

- повторить основы методов статистической обработки данных;
- выполнить расчёты по указанному преподавателем варианту;
- составить заключение по результатам расчётов.

1. Ознакомиться с основными параметрами статистической оценки точности процессов механической обработки (пункт 1).

2. В таблице 1.1 представлены результаты измерений наружного диаметра шейки ступенчатого вала. Выборка в количестве 60 штук. Для обработки студенту необходимо выбрать один из числовых рядов в соответствии с последней цифрой зачетной книжки. Составить контрольный листок, пример его заполнения представлен в приложении 1.

3. Произвести расчет параметров (поле рассеивание, среднее арифметическое значение и среднее квадратичное значение) и построить гистограмму и кривую распределения величин. Расчетные параметры занести в таблицу 1.2. При построении гистограммы распределения контролируемого размера разделить диапазон рассеивания размера (D) на интервалы по формуле (1.4). Далее необходимо определить количество деталей, попавших по размерам в каждый интервал (m) и частоту их попадания (формула 1.6), а результаты занести в таблицу 1.3.

4. Оценить характер кривой и по возможности отнести ее к какому-либо существующему теоретическому закону распределения случайных величин.

5. Наложить на кривую поле допуска в соответствии с заданием и сделать вывод о наличии или отсутствии брака в партии деталей. Оценить возможность исправления брака (при необходимости). Очевидно, что брак имеет место, когда размер детали либо больше верхнего предела допуска (T_v), либо меньше нижнего (T_n).

6. Ответить на контрольные вопросы.

Данная работа может быть выполнена с использованием программы Microsoft Excel.

Таблица 1.1. Задания по статистической оценке точности обработки

Номер измеренных деталей	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Номинальные значения и поле допуска размера, мм									
	50k8	25h11	65n8	52js8	162h11	28h11	42h12	48d11	65h8	120js10
	Действительные размеры деталей, мм									
1	50,019	24,72	65,008	52,020	162,05	28,05	42,05	48,09	65,065	120,120
2	50,012	24,79	65,012	52,013	162,00	28,07	42,14	48,05	65,010	120,116
3	50,014	24,77	65,005	52,020	161,95	28,11	42,14	48,07	65,010	120,114
4	50,019	24,81	65,005	52,016	161,98	28,11	42,12	48,07	65,010	120,110
5	50,010	24,81	65,005	52,020	161,93	28,12	42,20	48,07	65,005	120,108
6	50,004	24,77	65,008	52,022	161,90	28,06	42,16	48,09	65,013	120,110
7	50,014	24,83	65,008	52,016	161,98	28,13	42,05	48,11	65,007	120,112
8	50,012	24,79	65,010	52,020	161,95	28,13	42,26	48,05	65,013	120,106
9	50,008	24,85	65,014	52,016	161,98	28,07	42,23	48,05	65,007	120,094
10	50,010	24,72	65,008	52,022	161,90	28,11	42,20	48,07	65,014	120,110
11	50,012	24,83	65,005	52,020	161,86	28,12	42,08	48,07	65,006	120,112
12	50,012	24,77	65,003	52,016	161,95	28,13	42,25	48,03	65,017	120,108
13	50,014	24,75	65,005	52,020	161,93	28,07	42,23	48,03	65,016	120,108
14	50,012	24,85	65,001	52,025	161,93	28,08	42,00	48,03	65,011	120,112
15	50,016	24,81	65,005	52,020	161,90	28,11	42,21	48,05	65,011	120,118
16	50,018	24,75	65,008	52,032	161,90	28,12	42,16	48,05	65,016	120,098
17	50,008	24,77	65,008	52,020	161,91	28,13	42,08	48,03	65,017	120,112
18	50,010	24,81	65,010	52,028	161,86	28,15	42,20	48,01	65,019	120,104
19	50,012	24,79	65,010	52,020	161,87	28,11	42,22	48,05	65,020	120,120
20	50,012	24,79	65,002	52,025	161,85	28,07	42,17	48,03	65,013	120,117

Продолжение табл. 1.1

№ дет.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	50,014	24,83	65,002	52,013	161,83	28,11	42,16	48,01	65,022	120,107
22	50,012	24,85	65,005	52,024	161,94	28,09	42,16	48,05	65,013	120,108
23	50,010	24,79	65,005	52,021	161,93	28,08	42,15	48,11	65,014	120,096
24	50,012	24,79	65,008	52,029	161,95	28,09	42,12	48,01	65,010	120,113
25	50,006	24,70	65,002	52,023	161,96	28,09	42,16	48,05	65,024	120,108
26	50,016	24,79	65,002	52,026	161,92	28,10	42,17	48,09	65,012	120,088
27	50,010	24,83	65,004	52,010	161,93	28,13	42,11	48,09	65,014	120,114
28	50,008	24,75	65,000	52,015	161,93	2138,	42,16	48,01	65,016	120,112
29	50,016	24,81	65,005	52,022	161,91	28,15	42,28	48,07	65,018	120,108
30	50,016	24,79	65,008	52,012	161,90	28,13	42,12	48,07	65,019	120,104
31	50,010	24,77	65,008	52,024	161,86	28,09	42,16	48,01	65,000	120,117
32	50,018	24,90	65,014	52,016	161,87	28,09	42,20	48,09	65,028	120,108
33	50,010	24,79	65,011	52,027	161,83	28,11	42,25	47,98	65,002	120,092
34	50,018	24,90	65,010	52,011	161,90	28,17	42,21	48,09	65,016	120,112
35	50,010	24,79	65,001	52,017	161,93	28,11	42,19	48,07	65,018	120,103
36	50,010	24,75	65,010	52,023	161,92	28,15	42,24	48,07	65,012	120,107
37	50,008	24,83	65,002	52,030	161,92	28,14	42,12	48,07	65,050	120,112
38	50,019	24,77	65,008	52,011	161,93	28,15	42,14	47,97	65,008	120,124
39	50,010	24,81	65,008	52,009	161,86	28,17	42,22	48,03	65,007	120,110
40	50,016	24,81	65,002	52,021	161,85	28,18	42,24	48,05	65,016	120,124
41	50,012	24,77	65,008	52,015	161,83	28,11	42,28	48,01	65,024	120,108
42	50,018	24,83	65,005	52,022	161,84	28,17	42,14	48,03	65,020	120,116
43	50,004	24,79	65,002	52,020	161,80	28,09	42,05	48,05	65,005	120,12
44	50,012	24,81	65,007	52,007	161,95	28,20	42,12	48,01	65,028	120,096

№ дет.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
45	50,006	24,79	65,002	52,016	161,94	28,18	42,20	48,03	65,016	120,108
46	50,010	24,81	65,010	52,010	161,96	28,13	42,14	48,05	65,019	120,112
47	50,008	24,75	65,003	52,022	161,90	28,12	42,15	48,03	65,013	120,102
48	50,014	24,81	65,002	52,024	161,90	28,11	42,21	48,03	65,017	120,119
49	50,010	24,77	65,005	52,015	161,93	28,10	42,17	48,05	65,048	120,109
50	50,006	24,79	65,005	52,019	161,92	28,09	42,22	48,00	65,034	120,115
51	50,010	24,79	65,007	52,005	161,79	28,09	42,12	47,96	65,044	120,111
52	50,002	24,92	65,006	52,030	161,75	28,19	41,98	48,03	65,031	120,090
53	50,014	24,77	65,007	52,020	161,93	28,07	42,16	48,02	65,016	120,109
54	50,012	24,81	65,009	52,018	161,00	28,13	42,18	48,00	65,020	120,100
55	50,020	24,79	65,009	52,016	161,95	28,15	42,19	48,06	65,028	120,110
56	50,010	24,83	65,006	52,014	161,94	28,13	42,23	47,98	65,003	120,118
57	50,012	24,79	65,007	52,020	161,91	28,14	42,25	48,07	65,010	120,114
58	50,016	24,79	65,004	52,017	161,90	28,16	42,18	48,05	65,037	120,098
59	50,010	24,75	65,004	52,012	161,86	28,11	42,19	48,05	65,000	120,109
60	50,012	24,87	65,006	52,018	161,02	28,11	42,13	48,03	64,97	120,085

Таблица 1.2. Форма для расчёта статистических показателей

W, мм	$\sum_{i=1}^n X_i$, мм	X_{cp} , мм	$\sum_{i=1}^n (X_i - X_{cp})$	σ , мм

Таблица 1.3. Расчёт параметров опытного распределения

Номер интервала	Диапазон размеров интервала, мм	Частота, m	Частость, p
1			
2			
3			
4			
5			
6			
...			
n			

1.3. Контрольные вопросы

1. Назовите основные статистические параметры поля рассеивания случайной величины.
2. Назовите основные условия применимости закона распределения Гаусса.
3. Как перейти от эмпирической кривой распределения к теоретической?
4. Определите закон распределения величины, полученный в Вашем случае и характеризуйте его.

2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ДАННЫХ

2.1. Теоретические основы

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.).

2.2. Методика построения контрольной карты

Цель работы – получение навыков построения контрольных карт и оценки стабильности и статистической управляемости процесса.

Задание:

- ознакомиться с теоретическими основами построения контрольных карт различных видов;
- выполнить построение контрольных карт по установленному варианту;

- оценить статистическую управляемость процесса с помощью специальных тестов.

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.

2. Вычисляются текущие размахи R как разница между текущим и предыдущим значениями наблюдаемой величины (без учета знака):

$$R = |X_{i+1} - X_i|$$

Всего получается $(n - 1)$ значения скользящего размаха.

3. Вычисляется среднее значение скользящего размаха за период наблюдений по формуле

$$\overline{R}_s = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^n R_i$$

4. Вычисляется среднее значение анализируемой величины за период наблюдений по формуле

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

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 $\overline{X}$ и $\overline{R}$ в виде средних линий.

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

для X -карты:

$$\begin{aligned} CL_x &= \overline{X} \\ UCL_x &= CL_x + 2.660 \overline{R}_s \\ LCL_x &= CL_x - 2.660 \overline{R}_s \end{aligned}$$

для R -карты:

$$\begin{aligned} CL_R &= \overline{R}_s \\ UCL_R &= CL_R + 2.660 \overline{R}_s \\ LCL_R &= CL_R - 2.660 \overline{R}_s \end{aligned}$$

На этом этапе построение 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 разбираться с причинами.

Для интерпретации хода процесса по картам Шухарта существует набор из восьми дополнительных критериев, для пояснения которых необходима схема расположения шести зон на контрольной карте, показанная на рис. 2.1.

UCL	A	
	B	
$\bar{X}$	C	
	C	
	B	
	A	
LCL		

Рисунок 2.1. Расположение шести зон контрольных карт

Определяем зоны А, В и С на контрольных картах.

Для х-карты определяем ширину зоны:

$$\Delta_x = (UCL - LCL)/6$$

Рассчитываем границы зон А, В и С:

$$UCL_{2/3} = UCL - \Delta_x$$

$$UCL_{1/3} = CL + \Delta_x$$

$$LCL_{1/3} = CL - \Delta_x$$

$$LCL_{2/3} = LCL + \Delta_x$$

Разбиваем на зоны R-карту:

$$\Delta_R = (UCL - CL)/3$$

$$UCL_{2/3} = UCL - \Delta_R$$

$$UCL_{1/3} = CL + \Delta_R$$

$$LCL_{1/3} = CL - \Delta_R$$

Примечание: $LCL_{2/3}$ для карты текущих размахов отсутствует, т. к. она меньше нуля. Как следствие, отсутствует для карты текущих размахов и нижняя зона А.

Соблюдение хотя бы одного из перечисленных ниже условий свидетельствует о тенденции выхода процесса из статистически управляемого состояния:

1. Одна точка вне зоны A .
2. Девять точек подряд в зоне C или по одну сторону от центральной линии.
3. Шесть возрастающих или убывающих точек подряд.
4. 14 попеременно возрастающих и убывающих точек.
5. Две из трех последовательных точек в зоне A или вне ее.
6. Четыре из пяти последовательных точек в зоне B или вне ее.
7. 15 последовательных точек в зоне C выше или ниже центральной линии.
8. Восемь последовательных точек по обеим сторонам от центральной линии и ни одной в зоне C .

Этот набор критериев – основа или пример ситуаций, когда действуют неслучайные причины. Каждая из этих ситуаций должна быть проанализирована и скорректирована, чтобы ввести процесс в статистически управляемое состояние.

Данные критерии применимы к картам индивидуальных значений. Предполагается их нормальное распределение.

В качестве индивидуального задания для студентов предлагается рассмотрение лесозаготовительного предприятия и объемов заготовки древесины. Исследуемым параметром является суточная норма заготовки леса. Необходимо построить карту Шухарта индивидуальных значений и текущего размаха для наблюдаемого процесса. Мы имеем 30 значений исследуемого параметра, на каждый рабочий день бригады в месяце. С учетом выходных некоторых рабочих и ремонта техники, суточная выработка будет разной. Проведя необходимые тесты, необходимо определить, управляем ли статистический процесс лесозаготовки.

Таблица 2.1. Данные для построения контрольных карт

День	Суточная норма заготовки леса, м ³ (по вариантам)									
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
2	20,3	30,1	10,2	44,2	10,2	77,4	7,8	55,5	62,3	32,1
3	21,0	33,1	12,1	44,1	10,3	71,2	8,9	55,6	65,4	34,3
4	21,0	33,4	10,2	44,9	13,2	70,1	7,0	57,8	64,5	34,8
5	22,1	29,9	10,4	40,5	14,1	72,3	8,3	58,2	61,2	35,1
6	19,3	29,3	10,3	43,2	12,3	77,5	7,8	58,2	67,3	33,4

Окончание табл. 2.1

День	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
7	19,2	28,1	10,3	45,0	10,3	77,9	10,0	53,6	66,7	33,8
8	18,9	30,0	10,8	42,3	12,1	75,2	7,9	54,5	65,4	34,0
9	20,1	31,2	9,1	44,5	13,1	74,5	7,9	55,5	62,3	36,1
10	19,9	33,0	9,5	44,5	12,4	74,3	9,1	56,7	64,5	34,2
11	19,7	32,9	11,1	44,7	12,6	74,3	7,5	57,1	68,3	32,1
12	19,5	31,6	11,8	44,8	13,2	75,4	7,8	56,3	62,2	34,5
13	22,1	29,7	9,5	44,9	11,2	72,5	8,3	57,1	65,4	34,1
14	21,1	32,3	12,2	45,3	10,2	73,2	8,7	56,2	63,2	33,3
15	22,0	32,5	11,0	43,1	11,2	74,4	8,8	55,3	63,2	32,1
16	22,0	32,4	12,4	43,2	12,3	75,3	9,9	56,2	64,2	36,1
17	19,4	32,1	9,4	39,2	12,1	72,6	10,0	45,6	62,1	32,4
18	18,2	29,4	11,0	39,5	11,2	77,0	7,2	54,3	66,4	32,5
19	19,2	28,7	12,7	44,1	12,0	76,0	8,3	53,6	65,4	32,9
20	20,1	28,9	12,6	43,2	11,2	72,4	8,9	56,7	63,2	34,0
21	22,1	26,1	12,6	43,4	13,1	74,5	9,0	55,6	61,1	36,0
22	21,1	33,1	10,7	40,6	13,0	76,1	8,2	54,3	62,1	32,4
23	23,2	32,1	10,5	43,2	19,4	74,3	9,3	56,9	62,1	33,7
24	22,8	31,7	11,8	42,1	10,2	75,3	7,8	60,0	63,2	34,2
25	19,6	31,9	11,9	40,2	13,2	77,8	9,6	61,2	63,2	35,1
26	17,4	33,1	9,3	40,3	13,2	71,9	7,9	54,2	60,9	33,6
27	19,0	33,7	10,4	42,3	12,9	74,9	9,9	56,8	64,2	33,9
28	18,9	29,3	10,6	43,2	12,5	76,6	8,3	59,0	63,4	36,0
29	19,8	28,1	10,5	43,1	11,0	76,9	8,8	57,8	65,5	35,2
30	21,0	33,0	11,9	44,0	10,2	77,8	9,2	58,1	65,4	32,9

Данная работа может быть выполнена с использованием программы Microsoft Excel.

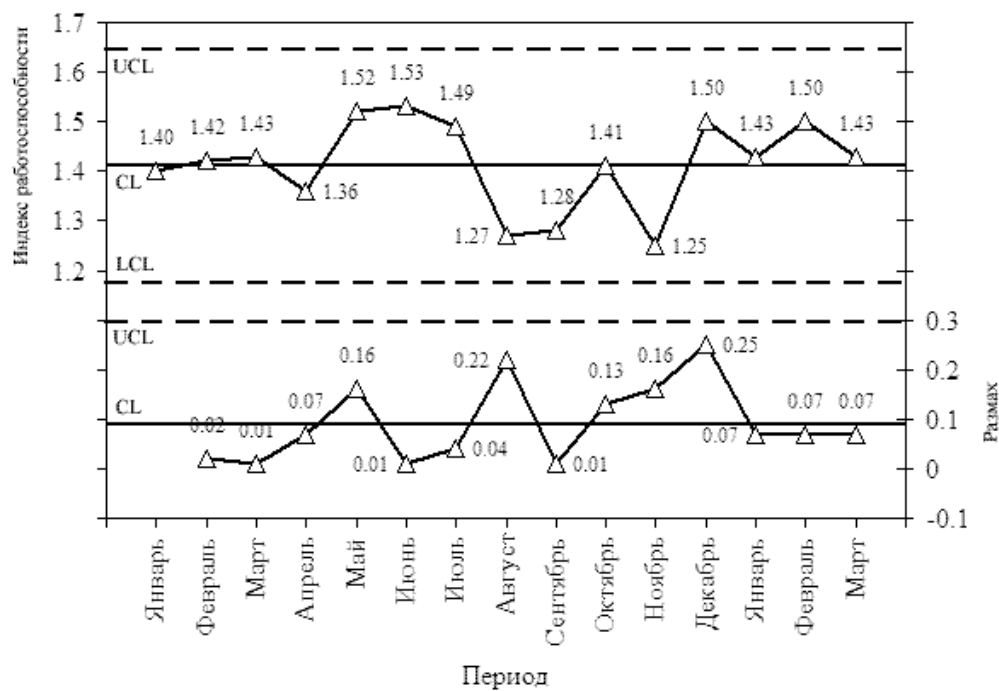


Рисунок 2.2. Пример построения контрольной карты

2.3. Контрольные вопросы

1. Назовите достоинства и недостатки статистического исследования с применением контрольных карт.
2. Назовите основные виды контрольных карт.
3. Почему при построении R-карт отсутствует контрольная линия LCL?

3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ДАННЫХ

3.1. Теоретические основы

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 быстро и дешево, для сбора их не требуется специального обучения.

Контрольные карты на основе альтернативных данных применяют, когда:

- 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:

- p – карта долей несоответствующих единиц продукции;
- Pn – 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 одной карты, так как предполагаемое распределение имеет только один независимый параметр – средний уровень, p - и $pн$ - 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 $pн$ -карты могут быть применены при постоянном объеме выборки, а c - и u -карты – в любой ситуации.

3.2. Методика построения альтернативных контрольных карт

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

Задание:

- ознакомиться с теоретическими основами построения контрольных карт по альтернативным признакам;
- выполнить построение контрольных карт (Р и Рn) по установленному варианту;

3.2.1. Построить контрольную карту числа доли дефектных изделий Р-карта

При построении Р-карты вначале собирают предварительные данные так, чтобы их число можно было представить 20-25 группами, и для каждой группы рассчитывают долю (%) дефектной продукции Р по формуле:

$$P = P_n / n, \quad (3.1)$$

где P_n – число дефектных изделий; n – число изделий в группе.

Этапы построения контрольной карты:

При определении доли дефектной продукции Р подсчитывают число дефектных изделий из партии произведенной продукции только в отношении установленного показателя качества.

Собранные данные заносятся в таблицу 3.1.

По данным таблицы строят контрольную Р-карту:

1. Определяют долю дефектных изделий для каждой группы по формуле (3.1).
2. На бланке контрольной карты по горизонтальной оси откладывают номера групп, а по вертикальной оси – найденные для этих групп значения доли дефектной продукции Р в процентах.
3. Рассчитывают ординаты центральной линии и контрольных границ по формулам:

центральная линия: $\bar{P} = \Sigma P_n / \Sigma n$,

верхняя и нижняя контрольная граница: $K_v(K_n) = \bar{P} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$

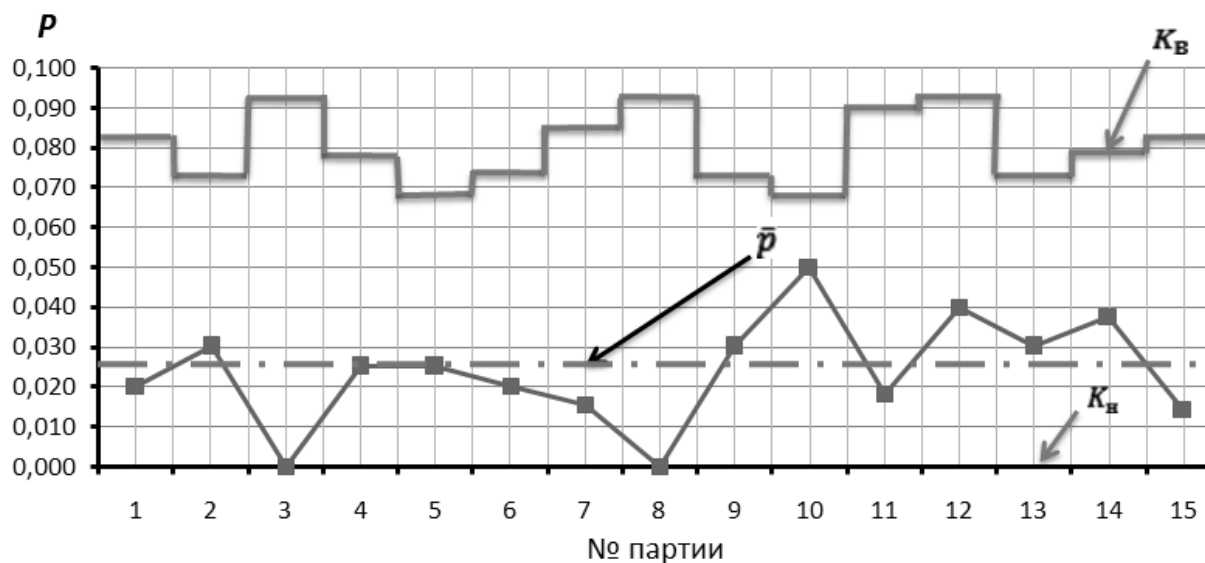


Рисунок 3.1. Пример построения Р-карты

Контрольные границы наносят на график.

В качестве примера построения p -карты рассмотрим процесс контроля дефектных изделий в партиях, имеющих разный объем. Данные проведенного контроля приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Данные для построения контрольных карт

Номер партии j	Объем партии n_j	Число дефектных изделий P_n (№ варианта задания)										Доля дефектных изделий p_j (на примере варианта 1)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
1	90	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	0,022
2	85	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	0,035
3	105	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	0,019
4	104	2	11	4	6	7	12	0	13	1	3	0,01
5	108	3	2	12	13	14	15	16	17	18	19	0,028
6	95	0	2	1	4	8	9	11	18	21	3	0
7	96	1	0	2	3	4	5	6	7	8	9	0,01
8	88	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	0,023
9	94	3	2	1	0	0	0	0	0	1	2	0,032
10	88	2	3	4	3	2	1	0	2	3	1	0,023
11	103	0	11	12	6	7	8	3	4	5	0	0
12	102	1	5	5	5	2	3	4	0	11	0	0,01
13	96	1	1	1	6	5	3	3	3	1	5	0,01
14	88	2	2	3	4	5	6	2	6	8	0	0,023
15	94	3	2	1	3	3	1	4	6	11	0	0,032
16	102	1	1	1	2	2	2	3	3	3	0	0,01
17	103	0	21	1	1	2	3	4	3	0	4	0
18	88	2	1	2	3	11	3	4	5	7	5	0,023
19	104	2	12	1	3	4	0	0	0	1	2	0,019
20	108	3	2	1	0	0	0	12	2	4	0	0,028
21	95	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
22	105	2	3	12	11	12	11	6	7	8	0	0,019
всего	Σn	ΣP_n										

Построить контрольную карту доли дефектной продукции и сделать выводы относительно управляемости контролируемого процесса.

3.2.2. Построить контрольную карту числа дефектных изделий *pn*-карта

Карта типа ***pn*** используется, когда контроль качества продукции производится по альтернативному признаку и применяется для отслеживания числа дефектных изделий в одинаковых партиях продукции. Число дефектных изделий (***pn***) статистически описывается биномиальным законом распределения.

Этапы построения контрольной карты:

1.1. Все изделия в порядке их изготовления объединяют в одинаковые по количеству партии, каждой из которых присваивают порядковый номер j от 1 до k , где $k = 25 - 30$.

1.2. При контроле определяют число дефектных изделий $m_j = pn_j$ в каждой j -й партии. Значение pn_j заносят в контрольную карту.

1.3. Когда набирается 25-30 точек, вычисляют среднее значение по формуле:

$$CL_{pn} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (pn)_j$$

1.4. Верхняя контрольная линия:

$$UCL_{pn} = CL_{pn} + 3\sqrt{CL_{pn}(1 - \bar{P})}$$

1.5. Нижняя контрольная линия:

$$LCL_{pn} = CL_{pn} - 3\sqrt{CL_{pn}(1 - \bar{P})}$$

Данные о контроле необходимы для следующих целей:

- констатации реального уровня дефектности в наблюдаемый (исследуемый) период;
- анализа процесса и определения реальных возможностей на ближайший плановый период.

Существует также контрольная карта для текущего контроля при малых значениях n . С ее помощью можно глубже проникнуть в процесс производства и лучше исследовать причины различных отклонений от нормы. Через определенные промежутки времени берут для контроля выборки небольшого объема. При этом детали с отклонениями от нормы исключаются из дальнейшей обработки. Карту заполняют обычно контролеры на конвейере. Промежутки времени между отдельными выборками зависят от чувствительности производственного процесса к помехам, от производительности машин и объема выборок. Хотя выборки большого объема содержат больше информации, однако это ведет к увеличению издержек. Объем выборок составляет от 5 до 10 % продукции смены.

В качестве примера построения ***pn***-карты рассмотрим процесс контроля дефектных изделий в партиях, имеющих одинаковый объем. В течение недели результаты поточной проверки одинаковых партий продукции (объемом по

100 штук каждая) вносились в специально подготовленную таблицу. Результаты представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Данные для построения контрольных карт

№ партии j	Число изделий в партии, n_j	Число дефектных изделий, pn (№ варианта задания)										Доля дефектных изделий, P (на примере варианта 1)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
1	100	4	2	11	1	0	1	9	1	1	0	0,04
2	100	2	3	8	3	0	2	8	2	2	0	0,02
3	100	0	4	12	4	2	3	7	3	2	0	0
4	100	8	11	13	4	2	3	6	11	2	1	0,08
5	100	7	2	12	4	3	3	5	12	2	1	0,07
6	100	4	3	9	3	2	4	3	12	2	3	0,04
7	100	9	4	9	3	3	5	2	12	3	4	0,09
8	100	5	6	10	3	0	3	1	12	4	4	0,05
9	100	7	8	11	2	0	3	3	13	3	4	0,07
10	100	3	9	12	3	1	2	4	10	3	4	0,03
11	100	6	2	8	4	2	2	5	9	3	4	0,06
12	100	5	5	10	5	3	3	6	7	2	6	0,05
13	100	9	2	14	3	3	4	7	6	2	7	0,09
14	100	4	9	12	2	3	5	8	3	2	5	0,04
15	100	3	0	9	3	2	6	0	6	1	3	0,03
Всего	Σn	$\Sigma(pn)$										$\bar{P}$

Построить контрольную карту числа дефектных изделий и сделать выводы относительно управляемости контролируемого процесса.

4. ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО

4.1. Теоретические основы

Диаграмма Парето строится в виде столбчатого графика и показывает в убывающем порядке относительное влияние каждой причины на общую проблему. Кроме того, на диаграмме обычно приводят кумулятивную кривую накопленного процента причин.

Диаграмма Парето позволяет анализировать проблемы из любой сферы деятельности предприятия, в том числе в сфере управления качеством. Причины изменений качества делятся на две группы: немногочисленные существенно важные и многочисленные несущественные. Устраняя причины первой группы, можно устранить почти все потери, вызванные снижением качества.

Диаграмму Парето целесообразно применять вместе с причинно-следственной диаграммой.

При использовании диаграммы Парето обычно сначала строят диаграмму по результатам деятельности для выявления главной из существующих проблем. Затем строят диаграмму по причинам для выявления главных причин этой проблемы и её решения и т. д. После проведения корректирующих мероприятий диаграмму Парето можно вновь построить и проверить эффективность проведённых улучшений.

При использовании диаграммы Парето для контроля важнейших факторов распространён ABC-анализ. Например, если на складе находится большое число деталей, проводить контроль всех деталей без всякого различия неэффективно. Но если разделить детали на группы по их стоимости, то на долю группы наиболее дорогих деталей (группа А), составляющих 20-30 % от общего числа деталей, придётся 70-80 % от общей стоимости всех деталей. На долю группы самых дешёвых деталей (группа С), составляющей 40-50 % от всего количества деталей, придётся всего 5-10 % от общей стоимости. Стоимость промежуточной группы (группа В) составляет 20-30 % от общей стоимости. Контроль деталей на складе будет эффективным, если контроль деталей группы А будет самым жёстким, а контроль деталей группы С – упрощённым.

Рекомендуется составлять несколько вспомогательных диаграмм, входящих в состав группы А, с тем чтобы, последовательно анализируя их, в конечном итоге составить отдельную диаграмму Парето для конкретных явлений недоброкачества.

4.2. Методика построения диаграммы Парето

Цель работы – изучение теоретических принципов и практического построения диаграммы Парето.

Задание:

- ознакомиться с теоретическими основами построения диаграммы Парето;

- выполнить построение диаграммы по предлагаемому индивидуальному заданию;
- проанализировать полученную диаграмму, выявить факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс.

1. Проранжировать виды дефектов в зависимости от их количества, «прочие» дефекты при построении диаграммы Парето всегда будут по рангу последними.

2. Создать таблицу для расчета данных, необходимых для построения диаграммы Парето (пример приведен в таблице 4.1). Накопленное число дефектов определяется сложением данного значения с предыдущим. Для дефектов наибольшего влияния (в нашем случае «деформация») накопленное количество дефектов равно общему количеству дефектов. **Пример:** Накопленное количество дефектов для показателя «Вмятина» определяется: $68+46=114$. Накопленный процент дефектов определяется исходя из общего их количества, в нашем случае – 141.

Таблица 4.1. Пример сбора данных для построения диаграммы Парето

Дефект	Количество дефектов	Накопленное количество дефектов	Накопленный процент дефектов
Деформация	68	68	48
Вмятина	46	114	81
Скол	9	123	87
Заусенец	8	131	93
Раковина	4	135	96
Царапина	3	138	98
Трещина	1	139	99
Прочие	2	141	100

3. По данным таблицы 4.1 построить диаграмму Парето (пример приведен на рисунке 4.1)

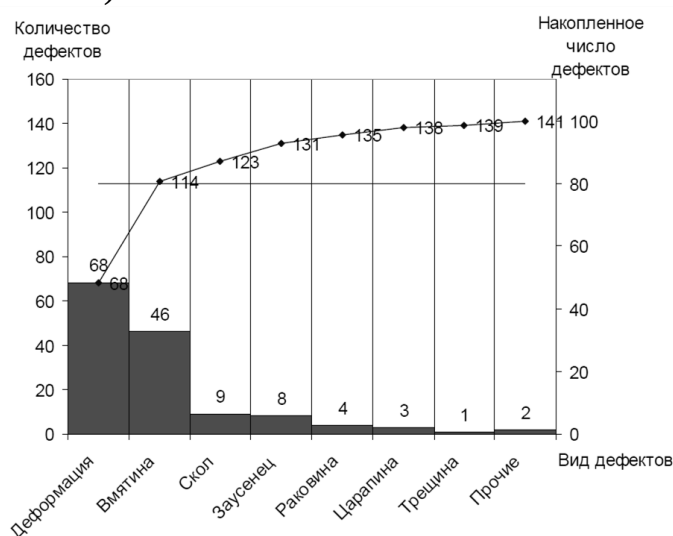


Рисунок 4.1. Пример построения диаграммы Парето

4. Кривая на рисунке 4.2, построенная по данным накопленного количества дефектов, называется кумулятивной кривой или кривой Парето; прямая, построенная на уровне 80 % накопленных дефектов, исходя из принципа Парето (принципа 20-80), показывает, какие виды дефектов являются наиболее многочисленными. Так, в нашем случае наиболее многочисленными дефектами являются деформация и вмятина; устранив причины возникновения этих дефектов, можно снизить общую дефектность продукции на 80 %.

5. Проведение «АВС» анализа. Все полученные дефекты необходимо разделить на 3 группы значимости: А – наиболее значимые, В – средней значимости, С – низкой значимости. Для анализа диаграмму необходимо разделить вертикальными линиями на 3 участка и обозначить из соответственно А, В и С. Процент накопленных дефектов для группы А равен 80 %, для группы В – 15 % и для группы С – 5 %. Примере деления по группам приведен на рисунке 4.2.

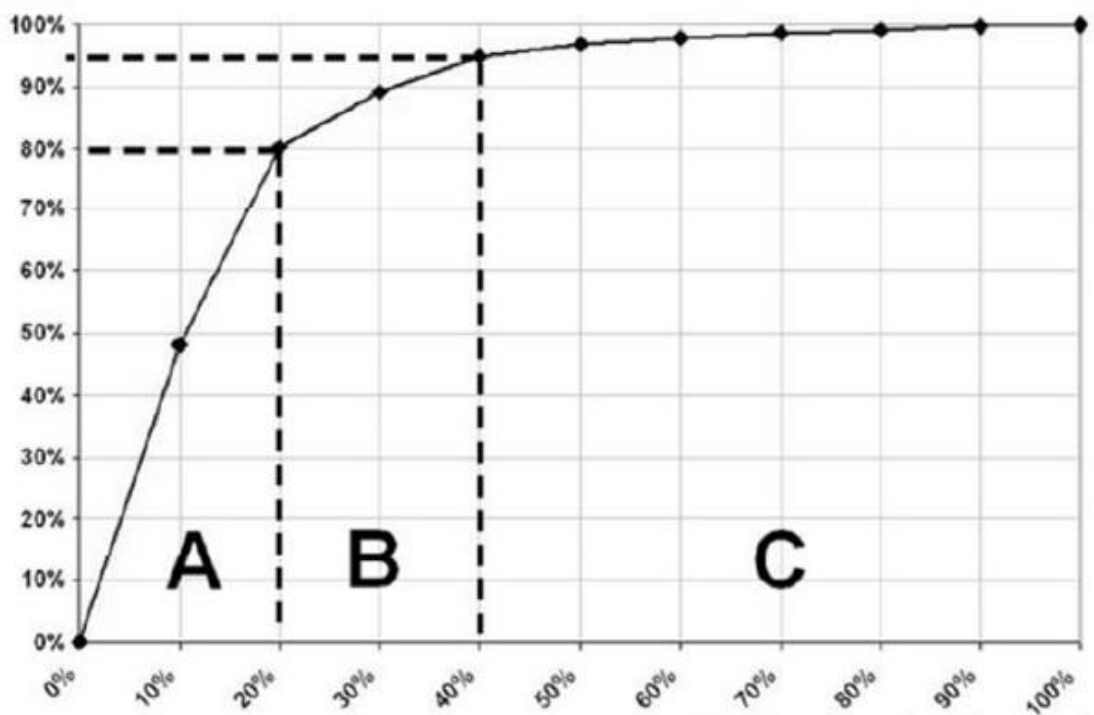


Рисунок 4.2. ABC-анализ

На лесозаготовительном предприятии работает несколько единиц техники. В ходе мониторинга поломок и отказов за год были выявлены основные агрегаты и узлы, подверженные ремонту и техническому обслуживанию. В таблице представлены данные мониторинга, исходя из которых необходимо построить диаграмму Парето.

Таблица 4.2. Индивидуальное задание

Узел	Количество поломок и отказов, приходящихся на данный узел (по вариантам)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Двигатель	87	54	104	43	8	25	4	3	100	18
КПП	12	32	56	77	13	29	22	0	43	4
Подвеска	34	112	40	47	66	45	51	12	32	87
Редуктор	4	10	32	15	12	112	2	33	12	56
Гидравлика	12	22	20	32	32	51	31	41	16	32
Сис. охл.	13	17	12	14	54	6	21	21	6	105
Колеса	32	25	8	38	3	23	43	99	19	12
Электрика	15	12	3	33	19	7	115	59	22	5

4.3. Контрольные вопросы

1. Назовите достоинства и недостатки статистического анализа использованием диаграммы Парето.
2. Назовите основную область применения диаграммы Парето.
3. Для какой цели проводится ABC-анализ?

с

5. ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ

5.1. Теоретические основы

Практически в любой сфере жизни человек время от времени сталкивается с тем, что на его пути возникают определённые препятствия и проблемы. Но вот истинную причину появления той или иной проблемы определить удаётся далеко не всегда, а сама она может быть лишь видимым следствием того, что скрыто от нашего внимания где-то внутри нас самих или той деятельности, которой мы занимаемся. И чтобы понять основные причины возникновения проблем и устранить их, очень удобно прибегнуть к использованию разработанного специально для этого приёма – диаграммы Каору Исикавы – профессора Токийского университета и крупнейшего специалиста по управлению качеством. Эта диаграмма также известна под названиями «Диаграмма анализа корневых причин», «Причинно-следственная диаграмма» и «Диаграмма рыбьей кости». Представленный урок посвящён описанию этого метода как полезного инструмента в любой работе и повседневной жизни.

Диаграмма Исикавы является одним из основных инструментов, которые используются для измерения, оценки, контроля и усовершенствования качества производственных процессов и вместе с диаграммой рассеяния, стратификацией, контрольным листом, гистограммой, диаграммой Парето и контрольной картой входит в список «семи инструментов контроля качества».

5.2. Методика построения диаграммы Исикавы

Цель работы – изучение теоретических принципов и практического построения диаграммы Исикавы.

Задание:

- ознакомление с теоретическими аспектами;
- выполнение индивидуального задания

Работу с диаграммой Исикавы можно подразделить на несколько основных этапов:

1. Определение всех причин и факторов, которые оказывают влияние на интересующий результат.
2. Систематизация этих факторов и причин по причинно-следственным и смысловым разделам.
3. Оценка и приоритизация факторов и причин внутри разделов.
4. Анализ полученной структуры.
5. Выявление и отсечение факторов и причин, повлиять на которые невозможно.
6. Опускание малозначимых причин и факторов.

Для того чтобы более точно определить факторы и причины, которые оказывают на исследуемый результат наибольшее воздействие, рекомендуется

пользоваться методом мозгового штурма, основывающимся на стимулировании творческой активности и предполагающим предложение как можно большего количества вариантов. Обычно диаграмма зарисовывается на доске или листе бумаги, а затем определяются основные причины и их особенности. График следует заполнять до тех пор, пока вся диаграмма не будет заполнена причинно-следственными связями. Как только этот этап окончен, следует переходить к выявлению основной или корневой причины.

Построение диаграммы Исикавы, как можно заметить, процесс довольно непростой и обладает рядом особенностей, о которых необходимо упомянуть отдельно. Пример построения диаграммы приведен на рисунке 5.1.

Следуя основным принципам построения диаграммы, можно рассмотреть проблему наиболее объективно и постепенно раскрыть всю цепь причинно-следственных связей и найти те факторы, которые нужно будет скорректировать, чтобы добиться решения проблемы и получить требуемый результат.

Студенту необходимо составить причинно-следственную диаграмму с пояснениями основных и вспомогательных факторов функции.

Вариант для решения проблемы выбирается исходя из последней цифры зачетной книжки:

- 1 – Брак при сборке корпусной мебели.
- 2 – Нарушение сроков поставки продукции.
- 3 – Снижение надежности трелевочного трактора.
- 4 – Разное количество деталей в упаковке.
- 5 – Срыв поставки леса за границу.
- 6 – Серый оттенок бумаги на ЦБП.
- 7 – Повышение случаев травм на лесозаготовке.
- 8 – Снижение производительности выпуска шпона.
- 9 – Нарушение зазоров при изготовлении окон из древесины.
- 10 – Повреждение леса при трелевке.



Рисунок 5.1. Пример построения диаграммы Исикавы

5.3. Контрольные вопросы

1. Какие достоинства и недостатки у причинно-следственной диаграммы?
2. Имеет ли диаграмма интегральный характер?
3. Какое оптимальное количество ветвей и подветвей лучше всего выбрать?

6. ИЗУЧЕНИЕ ДИАГРАММЫ РАЗБРОСА (РАССЕЯНИЯ)

6.1. Теоретические основы

Диаграмма рассеяния (разброса) показывает взаимосвязь между двумя видами связанных данных и подтверждает их зависимость. Такими двумя видами данных могут быть характеристика качества и влияющий на неё фактор, две различных характеристики качества, два фактора, влияющих на одну характеристику качества, и т. д.

Для построения диаграммы рассеяния нужны статистические данные зависимостей пар данных (x, y) . Оси x и y строят так, чтобы длины рабочих частей были примерно одинаковы. На диаграмму наносят точки (x, y) , название диаграммы, а также интервал времени, число пар данных, названия осей, ФИО, должность исполнителя, и т. д. Точки, далеко отстоящие от основной группы, являются выбросами, и их исключают.

Возможны различные варианты скоплений точек. Для установления силы связи полезно вычислить коэффициент корреляции по формуле:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Коэффициент корреляции используют только при линейной связи между величинами. Значение r находится в пределах от -1 до $+1$. Если r близко к 1 , имеется сильная положительная корреляция (сильная связь между рядами данных). Если r близко к -1 , имеется сильная отрицательная корреляция. При r , близком к 0 , корреляция слабая (отсутствует). Если r близко к $0,6$ (или $-0,6$), корреляционная зависимость считается существующей.

Характерные варианты скоплений точек показаны на рисунке 6.1.

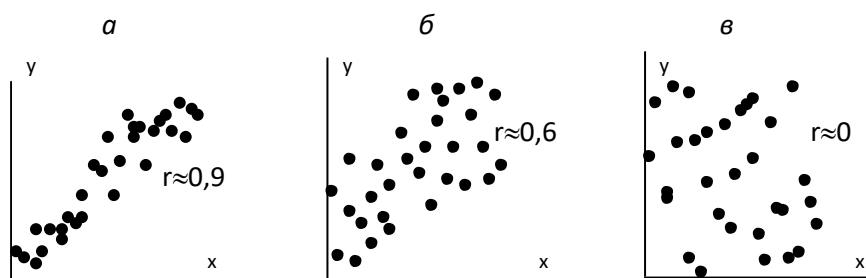


Рисунок 6.1. Характерные варианты скоплений точек на диаграммах рассеяния

Можно оценить достоверность коэффициента корреляции. Для этого вычисляют его среднюю ошибку по формуле:

$$m_r = \pm \frac{1-r^2}{\sqrt{n}},$$

где n – число измерений.

При $r/m_r \geq 3$ коэффициент корреляции считается достоверным, т. е. связь доказана. При $r/m_r < 3$ связь недостоверна.

6.2. Методика построения диаграммы разброса

Цель работы – получение навыков построения диаграммы разброса и установления коэффициента корреляции

Задание:

- ознакомиться с общими положениями;
- выполнить расчёты по указанному преподавателем варианту;
- выявить зависимость между рассматриваемыми параметрами и коэффициент корреляции;
- составить заключение по результатам расчётов.

1. Ознакомиться с условиями задачи.

2. Построить точечный график, выявляющий зависимость глубины резания от шероховатости поверхности, выбрав свой вариант из таблицы 6.1, исходя из последней цифры зачетной книжки (пример построения диаграммы разброса представлен на рисунке 6.1).

3. Выявить коэффициент корреляции и определить его достоверность.

4. Ответить на контрольные вопросы.

Данная работа может быть выполнена с использованием программы Microsoft Excel.

При проведении механической обработки партии деталей токарь изменял глубину резания, не корректируя при этом остальных параметров точения. Вследствие чего изменялась шероховатость получаемой поверхности. В некоторых случаях станок подстраивается под происходящие изменения, вследствие чего корректирует параметры резания. Студенту необходимо построить по данным таблицы диаграмму разброса и выявить зависимость (если она существует) влияния глубины резания на шероховатость получаемой поверхности. Определить коэффициент корреляции и характер разброса, а также вычислить математическую зависимость этих параметров друг от друга.

Таблица 6.1. Зависимость глубины резания от шероховатости поверхности

Глубина резания, мм	Значение шероховатости Rz (Ra), мкм (по варианту)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1,0	80	160	60	6,3	125	125	80	10	0,8	160
0,9	60	80	50	5	100	100	70	6,3	1,6	125
0,8	40	40	40	3,2	80	125	60	4,2	2,5	80
0,7	20	25	30	2,5	40	80	50	3,2	3,2	60
0,6	10	12	22	2	20	3,2	40	2,5	5	20
0,5	6	8	12	1,6	40	16	30	1,6	10	20
0,4	4	6	10	1,25	80	20	20	0,8	20	20
0,3	2	4	8	0,8	100	1,6	10	0,4	30	10

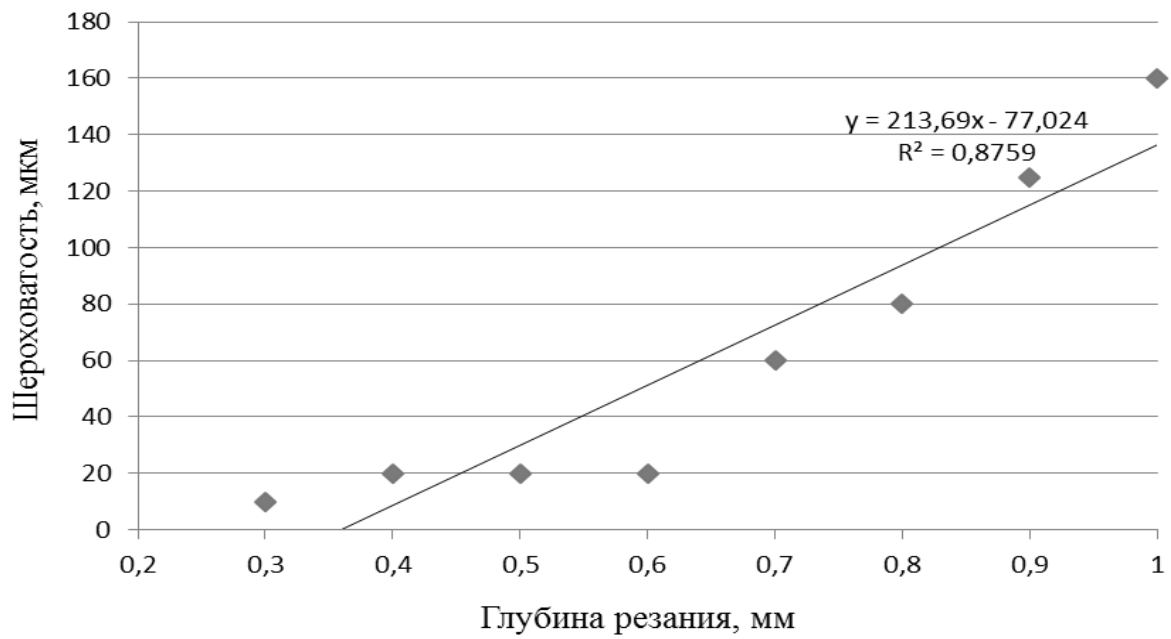


Рисунок 6.2. Пример построения диаграммы разброса

6.3. Контрольные вопросы

1. Укажите достоинства и недостатки рассматриваемого метода.
2. Для чего необходимо рассчитывать коэффициент корреляции?
3. Какие виды зависимостей параметров могут встречаться при статистическом анализе методом диаграмм разброса?

7. ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

7.1. Теоретические основы

Широкое распространение получило использование экспертного метода оценки качества лесопродукции. Требования к экспертам сводятся к наличию у них лесотехнического образования и навыков работы в лесопромышленном комплексе, знакомства с требованиями, предъявляемыми к оцениваемым объектам, высокий уровень доверия к компетентности каждого эксперта со стороны руководства лесопромышленного предприятия и других экспертов группы.

Сведения о показателях качества могут быть собраны в виде балльных оценок качества. При этом каждый эксперт оценивает качество в баллах в заданных пределах. Метод используется для оценки конкретного показателя качества лесопродукции.

7.2. Методика построения ранговой корреляции

Экспертный опрос на основе метода ранговой корреляции основан на том, что каждый из m экспертов, участвующих в опросе, присваивает каждому из оцениваемых n объектов (критериев) некоторое ранговое число (оценку).

При этом наиболее важный критерий получает ранг (оценку) 1, следующий – ранг 2 и т. д. в порядке убывания значимости.

Если число рангов k не совпадает с числом объектов n , то эксперт присваивает разным объектам один и тот же ранг.

Через X_{ij} обозначается ранговое число, которое i -тый эксперт присвоил j -му объекту, причем $i = 1, 2, \dots, m$ и $j = 1, 2, \dots, n$.

Чаще всего число рангов меньше числа оцениваемых объектов ($k < n$), поэтому для обеспечения возможности применения метода ранговой корреляции объектам присваивают так называемые нормированные ранги.

Рассмотрим пример, когда 5 экспертов проводят экспертный анализ нескольких партий сырья, имеющегося на складах поставщиков.

Для оценки качества эксперты провели ранжирование сырья по качеству лесоматериалов в различных партиях. Результаты анализа представлены в таблице 7.1

Необходимо определить степень согласованности мнения пяти экспертов, результаты ранжирования которыми пяти объектов приведены в таблице 7.1. Для определения степени согласованности используется специальная мера – коэффициента конкордации Кендела (W) от (лат. *concordare* – привести в соответствие, упорядочить).

$$W = 12S / (m^2(n^3 - n)), \quad (7.1)$$

где S – сумма квадратов отклонений от среднего;
 m – число экспертов;

n – число оцениваемых партий лесопродукции.
Оцениваем среднеарифметическое число рангов:

Таблица 7.1. Результаты опроса экспертов при анализе качества древесины различных поставщиков

№ эксперта	Анализируемая партия сырья					$\sum_{i=1}^n X_{ij}$
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
1 эксперт	1	2	3	5	4	15
2 эксперт	1	3	2	4	5	15
3 эксперт	2	1	3	5	4	15
4 эксперт	1	3	2	5	4	15
5 эксперт	2	3	4	5	1	15
$\sum_{i=1}^m X_{ij}$	7	12	14	24	18	75
Отклонение от сред.	-8	-3	-1	9	3	
Квадрат отклонения	64	9	1	81	9	

$$Q_{\text{ср.}} = (7+12+14+24+18)/5 = 15$$

Затем оцениваем сумму квадратов отклонений от среднего:

$$S = 64 + 9 + 1 + 81 + 9 = 164$$

Определяем величину коэффициента конкордации:

$$W = 12 \cdot 164 / (5^2(5^3 - 5)) = 1968 / (25 \cdot 120) = 0,65$$

Коэффициент Кендала может изменяться от 0 (при отсутствии согласованности экспертов) до 1 (при полном единодушии экспертов), причем, чем ближе его значение к единице, тем выше согласованность мнений экспертов относительно оцениваемых объектов.

При $W > 0,5$ мнение экспертов согласовано более чем на 50 %, следовательно, результаты опроса могут быть использованы в дальнейшем. При $W \leq 0,5$ мнение не согласовано. При $W \geq 0,9$ может оказаться, что экспертиза проведена формально, что бы это исключить, проводится проверка коэффициента конкордации Кендала по Z-критерию Фишера:

$$Z_p = 0,5 \ln \frac{(m-1)W}{1-W}; \quad (7.2)$$

Полученное значение Z_p сравнивается с табличным значением Z_{α, v_1, v_2} , где α – назначаемый уровень значимости ($\alpha = 0,05$), V_1, V_2 – степени свободы.

$$V_1 = (n-1), V_2 = (m-1)V_1, \quad (7.3)$$

При $Z_p \geq Z_{\alpha, v_1, v_2}$, то с вероятностью $P \geq (1 - \alpha)$ можно говорить о неслучайности согласия мнений экспертов.

Для нашего варианта:

$$Z_p = 0,5 \ln \frac{(5-1) \cdot 0,65}{1-0,65} = 1, \quad V_1 = 4, \quad V_2 = 16, \quad Z_{\alpha, v_1, v_2} = 3,01.$$

Так как $Z_p < Z_{\alpha, v_1, v_2}$ можно утверждать, что между экспертами нет согласованности во мнениях.

Таблица 7.2. Задания для индивидуального выполнения

Номер эксперта	Цифра зач.кн.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Эксперт1	Послед	5,4,3, 2,1	5,4,3 1,2	5,4,1 2,3	4,5,3 2, 1	4,5,3 1, 2	4,5,1 2,3	5,3,4 2, 1	5,2,4 3,1	5,4,3 2, 1	4,5,3 2, 1
Эксперт2	Пред- посл.	5,4,2, 3,1	5,4,1 3,2	5,4,3 2,1	4,5,2 3,1	4,5,1 3,2	4,5,3 2,1	5,3,4 1,2	5,2,4 3,1	5,4,3, 1, 2	4,5,3 2,1
Эксперт3	Пред- посл.	5 4,3, 1,2	4,5,1 2,3	5,4,1 2,3	4,5,3 2,1	4,5,3 1,2	5,3,4 2,1	5,2,4 3,1	5,4,3, 2,1	5,4,3 2,1	4,5,3 2,1
Эксперт4	Послед	5,4,1, 3,2	5,4,3 2,1	4,5,1 3,2	4,5,3 2,1	5,4,3 2,1	5,4,2 3,1	5,4,1 2,3	5,3,2 1,4	5,3,1 4,2	5,3,4 1,2
Эксперт5	Пред- посл.	4,5,3 1,2	4,3,5 2,1	4,2,5 3,1	4,3,2 5,1	5,4,1 3,2	4,5,2 3,1	5,3,1 2,4	4,5,1 3,2	4,5,3 2,1	5,4,3, 2,1

7.3. Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к экспертам по оценке качества лесопроодукции?
2. В каком виде могут быть собраны сведения о показателях качества продукции лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств?
3. С помощью чего может быть оценена непротиворечивость экспертных оценок?
4. От чего зависит качество экспертных оценок?
5. С помощью каких показателей можно оценить качество согласованности мнений нескольких экспертов?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения курсовой работы по дисциплине «Контроль качества продукции» студенты осваивают современные статистические методы анализа и управления качеством, что является неотъемлемой частью профессиональной подготовки инженерных кадров. Методические указания, позволяют не только закрепить теоретические знания, но и приобрести практические навыки работы с реальными производственными данными.

В ходе выполнения заданий студенты учатся:

- оценивать точность изготовления деталей с помощью кривых распределения;
- строить и анализировать контрольные карты для количественных и альтернативных данных;
- выявлять основные причины дефектов с помощью диаграммы Парето и Исикавы;
- устанавливать взаимосвязи между параметрами с использованием диаграмм разброса;
- проводить экспертную оценку качества продукции и анализировать согласованность мнений экспертов.

Полученные навыки позволяют не только выявлять и устранять причины брака, но и прогнозировать возможные отклонения, оптимизировать технологические процессы, а также принимать обоснованные управленческие решения. Работа с методическими указаниями способствует развитию аналитического мышления, внимательности к деталям и умения работать с большими массивами данных.

Материалы пособия могут быть использованы не только при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ, но и в дальнейшей профессиональной деятельности, связанной с обеспечением и контролем качества продукции на предприятиях производственной отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Управление качеством продукции лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств: учебное пособие / К. П. Рукомойников. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2015. – 140 с.
2. Управление качеством продукции лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств [Текст]: учеб. пособие / Е. В. Михайленко. – Ухта: УГТУ, 2017. – 131 с.
3. Основы управления качеством продукции лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся / А. П. Мальцева, Министерство сельского хозяйства российской Федерации, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова». – Пермь: Прокрость, 2020. – 67 с.
4. Управление качеством продукции лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств. Методические указания для выполнения курсовой работы и практических заданий для студентов бакалавриата направлений подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», 27.03.01 «Стандартизация и метрология» и 27.03.04 «Управление в технических системах» / сост. В. А. Марков, В. А. Соколова, В. И. Кретинин. – Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2020. – 32с.
5. Леонов, О. А. Статистические методы в управлении качеством: учебник / О. А. Леонов и др. – СПб: Лань. – 2022. – 144 с.

Учебное издание

**Марков Виктор Александрович
Кретинин Виктор Иванович
Соколова Виктория Александровна
Теппоев Алексей Викторович
Беленький Юрий Иванович**

Контроль качества продукции Курсовая работа

Учебно-методическое пособие

Редактор и корректор Е. О. Тарновская
Техн. редактор Д. А. Романова

Темплан 2026 г., поз. 5002

Подписано к печати 25.05.2026.

Формат 60х84/16.

Бумага тип № 1.

Печать офсетная.

Печ. л. 2,6.

Уч.-изд. л. 2,6.

Тираж 30 экз.

Изд. № 58.

Цена «С».

Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД,
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.