

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ «СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В
УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ»

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2018

УДК 311:658.62.018

Составитель: ст. преподаватель Харахашян Н.М.

Методические указания к практическим работам по дисциплине «Статистические методы в управлении качеством»; Донской гос. техн. ун-т – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2018.– 39 с.

Методические указания к практическим работам по дисциплине «Статистические методы в управлении качеством» предназначены для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 27.03.02 «Управление качеством» и других технических направлений подготовки.

УДК 311:658.62.018

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Научный редактор: д.т.н., профессор В.П. Димитров

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Управление качеством» д-р техн. наук, профессор В.П. Димитров

© Донской государственный технический университет, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| 1 Практическая работа № 1. Точечные статистические оценки параметров эмпирического распределения | 4 |
| 2 Практическая работа №2. Проверка гипотезы о виде распределения показателя качества при большом объеме выборки | 6 |
| 3 Практическая работа №3. Диаграмма разброса | 9 |
| 4 Практическая работа №4. Построение диаграммы Парето | 13 |
| 5 Практическая работа №5. Построение диаграммы Исикава | 15 |
| 6 Практическая работа №6. Построение контрольной карты Шухарта | 16 |
| 7 Практическая работа №7. Контрольные карты числа несоответствий | 18 |
| 8 Практическая работа №8. Контрольные карты числа и долей несоответствующих единиц продукции | 22 |
| 9 Практическая работа №9. Оценка технического уровня продукции | 26 |
| 10 Практическая работа №10. Развертывание функции качества | 27 |
| 11 Практическая работа №11. Оценка характеристик качества процесса | 34 |
| 12 Рекомендации к написанию курсового проекта | |

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

ТОЧЕЧНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ЭМПИРИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Точечные оценки – наиболее распространенный способ представления результатов многократных измерений. Знания точечных статистических оценок эмпирического распределения бывает достаточно для решения многих практических задач.

ТОЧЕЧНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОЖИДАНИЯ И ДИСПЕРСИИ

Статистической оценкой Θ^* (далее просто – оценкой Θ^*) параметра Θ теоретического распределения называют его приближенное значение, определяемое по данным выборки.

Очевидно, что оценка Θ^* есть *функция результатов наблюдений* над случайной величиной

$$\Theta^* = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

а, значит, тоже случайная величина.

Статистическая оценка должна обладать свойствами *несмещенности*, *состоятельности* и *эффективности*.

Различают точечные (характеризующиеся одним числом) и интервальные оценки параметров.

Точечные оценки математического ожидания и дисперсии:

- **выборочное среднее** \bar{x}_g – несмещенная и состоятельная оценка математического ожидания MX – среднее арифметическое всех значений выборки:

$$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_i \cdot n_i = \sum_{i=1}^k x_i \cdot p_i^* \quad (2)$$

где x_i – варианты (значения) случайной величины X , n_i – частоты вариантов, n – объем выборки, p_i^* – частоты или относительные частоты вариантов; в случае интервального статистического ряда в равенстве в качестве x_i берут середины его интервалов, а n_i соответствующие им частоты.

- **исправленная выборочная дисперсия** S^2 – несмещенная состоятельная оценка дисперсии DX :

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}_g)^2 \cdot n_i \quad (3)$$

Исправленное выборочное среднее квадратическое отклонение $s = \sqrt{S^2}$ не является несмещенной оценкой среднего квадратического отклонения σ , но несмотря на это активно используется на практике.

МОДЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР

По результатам измерений диаметра вала после обработки на токарном станке получен статистический ряд (таблица 1).

Таблица 1 – Статистический ряд по результатам измерения диаметра вала

| | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $x_i, \text{мм}$ | 7,94 | 7,95 | 7,96 | 7,97 | 7,98 | 7,99 | 8,00 |
| n_i | 2 | 7 | 18 | 32 | 57 | 36 | 9 |

Выборочное среднее по формуле (2) равно:

$$\bar{x}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_i \cdot n_i = \frac{1}{161} (7,94 \cdot 2 + 7,95 \cdot 7 + 7,96 \cdot 18 + 7,97 \cdot 32 + 7,98 \cdot 57 + 7,99 \cdot 36 + 8,00 \cdot 9) \quad \bar{x}_e = 7,977 \text{ (мм)}$$

Выборочная дисперсия:

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}_e)^2 \cdot n_i = \frac{1}{161-1} ((7,94-7,977)^2 \cdot 2 + (7,95-7,977)^2 \cdot 7 + (7,96-7,977)^2 \cdot 18 + (7,97-7,977)^2 \cdot 32 + (7,98-7,977)^2 \cdot 57 + (7,99-7,977)^2 \cdot 36 + (8,00-7,977)^2 \cdot 9) \quad S^2 = 0,000162 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Выборочное среднее квадратическое отклонение:

$$s = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,000162} = 0,0127 \text{ (мм)}$$

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Определить точечные статистические оценки математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения по данным таблицы 2 в соответствии с заданным вариантом.

Таблица 3 – Данные для индивидуальных заданий

| Вариант | Статистические ряды | | | | | | | |
|---------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | $x_i, \text{мм}$ | 7,94 | 7,95 | 7,96 | 7,97 | 7,98 | 7,99 | 8,00 |
| | n_i | 2 | 7 | 18 | 32 | 57 | 36 | 9 |
| 2 | $x_i, \text{кг}$ | 5,90 | 5,95 | 6,00 | 6,05 | 6,10 | 6,15 | 6,20 |
| | n_i | 1 | 3 | 9 | 17 | 11 | 5 | 2 |
| 3 | $x_i, \text{В}$ | 10,5 | 11,0 | 11,5 | 12,0 | 12,5 | 13,0 | 13,5 |
| | n_i | 2 | 8 | 19 | 43 | 21 | 7 | 3 |
| 4 | $x_i, \text{м}$ | 1,94 | 1,95 | 1,96 | 1,97 | 1,98 | 1,99 | 2,00 |
| | n_i | 3 | 5 | 11 | 23 | 23 | 31 | 33 |
| 5 | $x_i, \text{МПа}$ | 0,90 | 0,95 | 1,00 | 1,05 | 1,10 | 1,15 | 1,20 |

| | | | | | | | | |
|----|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | n_i | 3 | 7 | 15 | 23 | 21 | 19 | 5 |
| 6 | x_i, B | 23,7 | 23,8 | 23,9 | 24,0 | 24,1 | 24,2 | 24,3 |
| | n_i | 5 | 15 | 26 | 35 | 27 | 13 | 3 |
| 7 | $x_i, \text{шт.}$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | n_i | 2 | 8 | 19 | 43 | 21 | 7 | 3 |
| 8 | $x_i, \text{баллы}$ | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | n_i | 1 | 3 | 12 | 11 | 15 | 6 | 3 |
| 9 | $x_i, ^\circ\text{C}$ | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | n_i | 3 | 7 | 15 | 23 | 21 | 19 | 5 |
| 10 | x_i, A | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 |
| | n_i | 2 | 9 | 43 | 15 | 32 | 13 | 5 |

Литература

1. М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян Статистические методы в управлении качеством: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ВИДЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ БОЛЬШОМ ОБЪЕМЕ ВЫБОРКИ

Экспериментальные значения распределены по интервалам (табл. 1). Количество экспериментальных данных, попадающих в i -й интервал, приведено в табл. 2.

Из таблицы 1 выбрать номер варианта равный последней цифре номера зачетной книжки.

Из таблицы 2 выбрать номер варианта равный предпоследней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 1 - Экспериментальные значения распределенные по интервалам

| № интервала | № варианта | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------------------|-----|-------|-------|-----|-------|-------|---------|------|------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | Нижняя и верхняя границы интервалов | | | | | | | | | |
| 1 | 1;2 | 0;2 | 0;5 | 0;10 | 0;3 | 0;5 | 0;20 | 0;100 | 0;4 | 4;6 |
| 2 | 2;3 | 2;4 | 5;10 | 10;20 | 3;6 | 5;10 | 20;40 | 100;200 | 4;8 | 6;8 |
| 3 | 3;4 | 4;6 | 10;15 | 20;30 | 6;9 | 10;15 | 40;60 | 200;300 | 8;12 | 8;10 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|----------|-------|-------|
| 4 | 4;5 | 6;8 | 15;20 | 30;40 | 9;12 | 15;20 | 60;80 | 300;400 | 12;16 | 10;12 |
| 5 | 5;6 | 8;10 | 20;25 | 40;50 | 12;15 | 20;25 | 80;100 | 400;500 | 16;20 | 12;14 |
| 6 | 6;7 | 10;12 | 25;30 | 50;60 | 15;18 | 25;30 | 100;120 | 500;600 | 20;24 | 14;16 |
| 7 | 7;8 | 12;14 | 30;35 | 60;70 | 18;21 | 30;35 | 120;140 | 600;700 | 24;28 | 16;18 |
| 8 | 8;9 | 14;16 | 35;40 | 70;80 | 21;24 | 35;40 | 140;160 | 700;800 | 28;32 | 18;20 |
| 9 | 9;10 | 16;18 | 40;45 | 80;90 | 24;25 | 40;45 | 160;180 | 800;900 | 32;36 | 20;22 |
| 10 | 10;12 | 18;20 | 45;50 | 90;100 | 27;30 | 45;50 | 180;200 | 900;1000 | 36;40 | 22;24 |
| P^* | 0,95 | 0,975 | 0,98 | 0,99 | 0,90 | 0,80 | 0,995 | 0,98 | 0,95 | 0,99 |

Таблица 2 - Количество экспериментальных данных, попадающих в i-й интервал

| № варианта | Число экспериментальных данных, попадающих в i-й интервал | | | | | | | | | |
|---------------|--|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| | № интервала | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0 | 2 | 6 | 25 | 72 | 133 | 120 | 88 | 46 | 10 | 4 |
| 1 | 0 | 1 | 5 | 20 | 60 | 32 | 18 | 8 | 4 | 0 |
| 2 | 1 | 10 | 35 | 120 | 210 | 95 | 42 | 20 | 6 | 2 |
| 3 | 2 | 6 | 12 | 20 | 25 | 19 | 10 | 8 | 4 | 1 |
| 4 | 5 | 32 | 50 | 92 | 110 | 89 | 47 | 25 | 12 | 3 |
| 5 | 3 | 10 | 21 | 35 | 48 | 60 | 39 | 23 | 14 | 6 |
| 6 | 0 | 4 | 9 | 14 | 17 | 15 | 10 | 7 | 3 | 1 |
| 7 | 2 | 15 | 32 | 50 | 82 | 90 | 75 | 41 | 18 | 5 |
| 8 | 1 | 10 | 18 | 25 | 36 | 28 | 20 | 16 | 11 | 2 |
| 9 | 2 | 14 | 30 | 43 | 55 | 40 | 26 | 14 | 4 | 0 |

Последовательность решения задачи состоит из этапов.

1. Рассчитать среднее арифметическое значение \bar{x} результатов измерений
2. Рассчитать среднее квадратичное отклонение (СКО):
3. Определить теоретическую вероятность попадания значений измеряемой

величины в i-й интервал: $P_{Ti} = \frac{h}{S} \varphi(U_i)$,

где $\varphi(U_i)$ – плотность нормированного нормального распределения,

$U_i = \frac{x_{0i} - \bar{x}}{S}$; нормированная нормальная величина (ордината кривой

нормированного нормального распределения), $\varphi(U) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}}$.

4. Провести аппроксимирующую прямую через точки P_{Ti} .

На рисунок нанести соответствующие точки P_{Ti} и соединить плавной прямой.

Для наглядности промежуточные результаты необходимо занести в таблицу.

| № инт $i \quad \overline{1, n}$ | Границы интервала | $m_i(x_{0i} - \bar{x})^2$ | U_i | $\varphi(U_i)$ | P_{Ti} | $\frac{(m_i - NP_{Ti})^2}{NP_{Ti}}$ |
|------------------------------------|----------------------|---------------------------|-------|----------------|----------|-------------------------------------|
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| ... | | | | | | |

5. Проверка гипотезы о нормальности эмпирического распределения.

5.1. При $n > 40 \dots 50$ для проверки гипотезы можно пользоваться *критерием Пирсона*.

Определить расчетное значение критерия согласия Пирсона χ^2 :

$$\chi_P^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(m_i - NP_{Ti})^2}{NP_{Ti}}$$

5.2. Определить теоретическое значение критерия Пирсона $\chi_{теор}^2$ в зависимости от доверительной вероятности и числа степеней свободы по статистическим таблицам (приложение 1)

$P = 0,975$. Если используем уровень значимости α , то $\alpha = 1 - P = 1 - 0,975 = 0,025$.

5.3. Сделать вывод о соответствии эмпирического распределения нормальному.

Если $\chi_P^2 > \chi_{r;\alpha}^2$ – гипотезу отвергают, если $\chi_P^2 \leq \chi_{r;\alpha}^2$ – гипотезу принимают.

5.4. Результат представить в виде рисунка.

6. Построить доверительный интервал для среднего значения:
 $\bar{X} - t_p S_{\bar{x}} \leq X \leq \bar{X} + t_p S_{\bar{x}},$

где t_p – коэффициент распределения Стьюдента.

Теоретическое значение критерия Стьюдента определяется при заданной доверительной вероятности и числа степеней свободы (приложение 2); $S_{\bar{x}}$ – среднее квадратическое отклонение среднего значения: $S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}}$.

На рисунок нанесите гистограмму и кривую нормального распределения контролируемого показателя качества. Сформулируйте вывод.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Значения χ_{α}^2 , удовлетворяющие условию $P(\chi^2 > \chi_{\alpha}^2) = \alpha$

| Число степеней свободы k | Уровень значимости α | | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0,005 | 0,010 | 0,025 | 0,050 | 0,100 | 0,200 |
| 5 | 16,70 | 15,10 | 12,80 | 11,10 | 9,24 | 7,29 |
| 6 | 18,50 | 16,80 | 14,40 | 12,60 | 10,60 | 8,56 |
| 7 | 20,30 | 18,50 | 16,00 | 14,10 | 12,00 | 9,80 |
| 8 | 22,00 | 20,10 | 17,50 | 15,50 | 13,40 | 11,00 |
| 9 | 23,60 | 21,70 | 19,00 | 16,90 | 14,70 | 12,20 |
| 10 | 25,20 | 23,20 | 20,50 | 18,30 | 16,00 | 13,40 |
| 15 | 32,80 | 30,60 | 27,50 | 25,00 | 22,30 | 19,30 |
| 20 | 40,0 | 37,6 | 34,2 | 31,4 | 28,4 | 25,0 |

Литература

1. М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян Статистические методы в управлении качеством: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 ДИАГРАММА РАЗБРОСА

ВВЕДЕНИЕ

Диаграмма разброса (рассеивания) – инструмент, позволяющий определить вид и тесноту связи между парами соответствующих факторов.

Диаграмма рассеивания дает возможность выдвинуть гипотезу о наличии или отсутствии корреляционной связи между двумя случайными величинами, например: показателем качества и влияющим на нее фактором; двумя различными показателями качества; двумя факторам, влияющими на качество.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЭТАПОВ ПОСТРОЕНИЯ И АНАЛИЗА ДИАГРАММЫ РАЗБРОСА

Сбор парных данных (X, Y) , между которыми исследуется зависимость. Желательно наличие не менее 30 пар данных.

Нанесение каждой пары данных на координатную плоскость OXY точкой с координатами (X, Y) . Если в разных наблюдениях получаются одинаковые значения, покажите эти точки, например, рисуя концентрические кружки.

Нанесение всех необходимых обозначений: название диаграммы, интервал времени, число пар данных, названия и единицы измерения для каждой оси, данные о составителе диаграммы.

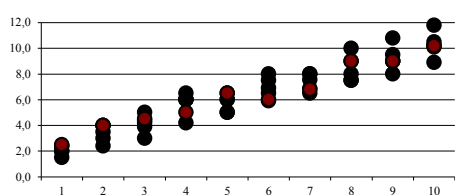
Анализ диаграммы. Чем сильнее связь между величинами, тем теснее будут группироваться точки вокруг определенной линии, выражающей форму связи.

На рис. 1 показан пример прямой (положительной) связи (при увеличении X значения Y увеличиваются), а на рис. 2 – обратной (отрицательной) связи (при увеличении X значения Y уменьшаются). В этих случаях управляя величиной X можно получать требуемое значение Y .

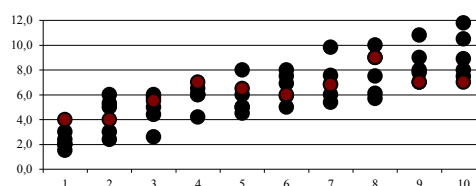
На рис. 1а и 2а точки расположены более тесно к гипотетической прямой линии, чем на рис. 1б и 2б, поэтому можно говорить о более сильной связи.

На рис. 3 показан пример, когда никакой выраженной зависимости между X и Y не наблюдается. В этом случае необходимо продолжить поиск факторов, влияющих на Y , исключив из этого поиска фактор X .

Между параметрами X и Y возможны также случаи нелинейной зависимости (рис. 4). В этом случае диаграмму разброса можно разделить на участки, имеющие прямолинейный характер, и исследовать каждый участок в отдельности.

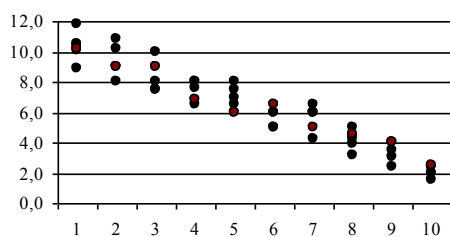


а)

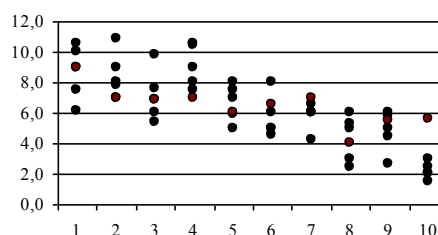


б)

Рисунок 1 – Прямо пропорциональная связь (положительная)



а)



б)

Рисунок 2 – Обратно пропорциональная связь (отрицательная)

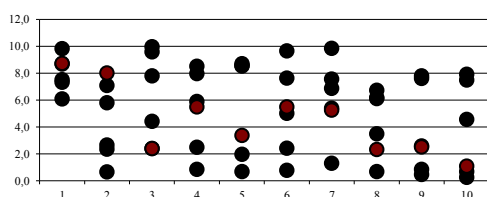


Рисунок 3 – Связь отсутствует

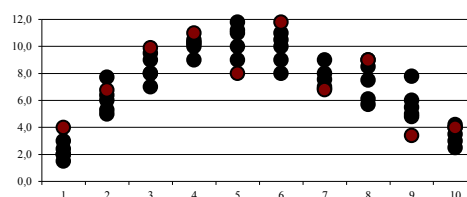


Рисунок 4 – Связь нелинейная

Количественная оценка силы связи между исследуемыми факторами определяется посредством коэффициента корреляции r по формуле:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{n \cdot \sigma_X \cdot \sigma_Y} = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}},$$

где n – число пар значений исследуемых факторов; \bar{X} , \bar{Y} , σ_X , σ_Y – средние значения и среднеквадратические отклонения.

Если $r = \pm 1$, можно предположить наличие корреляционной зависимости близкой к функциональной.

Если $r = 0$, можно предположить, что линейная корреляционная связь отсутствует, либо связь существенно нелинейная.

Чем ближе коэффициент корреляции к единице, тем теснее зависимость между параметрами. Принято считать, что:

при $r \approx 0,3$ – слабая связь, при $r = 0,3 - 0,7$ – средняя связь,
при $r \approx 0,7$ – сильная связь, при $r \geq 0,9$ – весьма сильная связь.

Для оценки значимости r при малом объеме выборки ($n \leq 30$) используется z -преобразование Фишера. Статистика z определяется по формуле:

$$z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right), \quad (2)$$

Область принятия гипотезы о нулевой корреляции имеет вид:

$$-z_{\alpha/2} \leq \frac{\sqrt{n-3}}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) < z_{\alpha/2}, \quad (3)$$

где z – стандартная, нормально распределенная случайная величина (таблица 1). Если расчетное значение окажется вне этого интервала, то это будет признаком наличия статистической корреляции с уровнем значимости α .

Таблица 1 – Значения z

| α | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,1 |
|----------------|------|------|------|------|
| $z_{\alpha/2}$ | 1,96 | 2,32 | 2,58 | 1,64 |

МОДЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР

Рассмотрим статистические данные для двух факторов X и Y , приведенные в таблице 2.

Задание. Построить диаграмму разброса; рассчитать выборочный коэффициент корреляции и проверить его значимость при $\alpha = 0,05$.

Таблица 2 – Данные к примеру

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| X | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Y | 92 | 95 | 96 | 90 | 89 | 86 | 90 | 83 | 85 | 80 | 78 | 76 | 72 | 75 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

Решение. По данным таблицы 2 строится диаграмма разброса (рис. 5). На диаграмме видно, что связь между исследуемыми факторами обратно пропорциональная, т. е. с увеличением X значения Y уменьшаются.

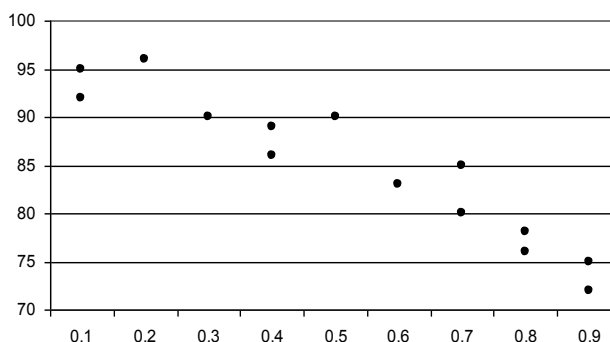


Рисунок 5 – Диаграмма разброса для примера

Рассчитанное значение коэффициента корреляции $r = -0,945$ говорит о наличии достаточно сильной обратной пропорциональной зависимости между данными факторами.

Проверка значимости коэффициента корреляции проведена с помощью z-преобразования Фишера. Расчеты показали, что $z_{\text{расч.}} = 5,87 > z_{\alpha/2} = 1,96$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Таким образом, нет оснований сомневаться в наличии связи между исследуемыми факторами.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

По данным таблицы 3 построить диаграмму разброса. Определить значение коэффициента корреляции. Оценить его значимость при различных уровнях значимости.

Таблица 3 – Исходные данные

| № вариант а | Параметры | Значения | α |
|-------------|-----------|---|----------|
| 1 | Y | 4,1; 3,4; 3,3; 3,0; 4,7; 4,6; 3,0; 4,6; 4,6; 3,6; 3,5; 4,0; 3,6; 3,1; 3,3; 4,5; 2,8; 3,7; 3,8; 3,9 | 0,05 |
| | X | 3,4; 3,1; 3,0; 2,8; 3,7; 3,5; 2,9; 3,7; 3,5; 3,2; 3,0; 3,5; 3,3; 3,1; 3,3; 3,9; 2,9; 3,2; 3,4; 3,4 | 0,01 |
| 2 | Y | 66; 59; 86; 87; 80; 31; 64; 45; 24; 31; 31; 71; 52; 66; 66; 17; 24; 24; 31; 31; 43; 38; 51; 38; 38; 38; 24; 30; 38; 10; 16; 21; 17; 24; 31; 3; 8; 6; 14 | |

| | | | |
|--|---|--|--------------|
| | X | 3; 3; 5; 5; 7; 7; 9; 9; 9; 9; 11; 11; 11; 11; 11; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 13; 15; 15; 15; 17; 17; 17; 17; 17; 17; 19; 19; 19; 21 | 0,01 0,02 |
|--|---|--|--------------|

Литература

1. М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян Статистические методы в управлении качеством: учеб. пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ РАБОТЫ

По учебному плану студенты заочного отделения выполняют контрольную работу, которая оформляется в отдельной тетради с титульным листом типового образца. Контрольная работа содержит пять задач.

Цель работы: закрепление навыков практического использования статистических методов управления качеством.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Диаграмма Парето позволяет установить основные факторы, с которых нужно начинать действовать с целью решения возникающих проблем. Она дает наглядное графическое представление степени важности или интенсивности факторов и предназначена для определения немногочисленных важных причин.

Задания к задаче «Построение диаграммы Парето» (таблица 1). Проанализировать данные по дефектам технологического процесса, используя различные диаграммы Парето.

Последовательность решения задачи:

- Изучить контрольный листок для регистрации данных с перечнем видов собираемой информации.

- Записать таблицу исходных данных в соответствии с вариантом.

- Составить таблицу для построения диаграммы Парето, предусмотрев в ней графы для итогов по каждому признаку в отдельности, накопленной суммы числа дефектов, процентов к общему итогу и накопленных процентов. При этом расположите данные, полученные по каждому признаку, в порядке убывания их количественной характеристики и заполните таблицу, учитывая, что группу «прочие» всегда записывают в последнюю строку.

- Построить столбчатый график, где каждому виду брака соответствует прямоугольник (столбик), высота которого соответствует значению числу дефектов (основания всех прямоугольников равны).

- Начертить кумулятивную кривую (кривую Парето). На вертикалях, соответствующих правым концам каждого интервала на горизонтальной оси, нанести точки накопленных сумм (результатов или процентов) и соединить их между собой отрезками прямых.

- Нанести на диаграмму все обозначения и надписи: надписи, касающиеся диаграммы (название, разметка числовых значений на осях, наименование контролируемого изделия, имя составителя диаграммы) и данных (период сбора информации, объект исследования и место его проведения, общее число объектов контроля).

- Провести интерпретацию и анализ полученных данных.

Таблица 1 – Исходные данные

| Ра- бочий | № станка | Понедельник | Вторник | Среда | Четверг | Пятница |
|--------------|-------------|-------------|---------|-------|---------|---------|
| А | 1 | ○○○○ | ○○○○○ | ○○○○○ | ○○○○ | ○○○○ |
| | | ♣♣ | | ♣ | | |
| | | ⊗⊗ | ⊗⊗⊗ | ⊗⊗⊗⊗ | ⊗⊗⊗ | ⊗⊗⊗⊗ |
| | | △△ | △ | △△ | △△ | △△△ |
| | | & | && | | | |
| | 2 | ○○ | ○○○ | ○○○ | ○○ | ○○ |
| | | | & | && | | |
| | | ⊗ | ⊗⊗ | ⊗⊗ | ⊗ | ⊗ |
| | | | △ | △ | △ | △ |
| | | | ♣ | | | ♣♣ |
| В | 3 | ○○ | ○○○○ | ○○○ | ○○○ | ○○○○ |
| | | | && | | & | |
| | | ⊗⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗ | ⊗⊗ |
| | | △ | | △ | △ | △ |
| | | | ♣ | | | ♣♣ |
| | 4 | ○○ | ○○○ | ○○○ | ○○○ | ○○ |
| | | △△ | | | △△ | |
| | | ⊗⊗ | ⊗ | ⊗⊗ | | ⊗ |
| | | | ♣♣ | ♣ | | ♣ |
| | | & | && | | | |

○ - деформация; & - царапины; ⊗ - раковины; Δ - трещины;
♣ - прочие дефекты.

Таблица 2 – Варианты заданий к задаче

| № варианта | Рабочий | Станок | День недели |
|------------|---------|--------|-----------------------------|
| 1 | А | 1 | все дни |
| 2 | А | 2 | все дни |
| 3 | В | 3 | все дни |
| 4 | В | 4 | все дни |
| 5 | А | 1 | понедельник, Вторник, Среда |
| 6 | А | 1 | среда, Четверг, Пятница |
| 7 | А | 1 | понедельник, Среда, Пятница |
| 8 | В | 2 | понедельник, Вторник, Среда |
| 9 | В | 2 | среда, Четверг, Пятница |
| 10 | В | 2 | понедельник, Среда, Пятница |

Литература

1. М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян Статистические методы в управлении качеством: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5. ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ИСИКАВА

Последовательность построения причинно-следственной диаграммы (диаграммы Исикавы) предполагает выполнение нескольких этапов: 1. Выбор проблемы для решения "узкого места" (в чем особенности проблемы, где она возникает, когда проявляется и как далеко распространяется) – прямая горизонтальная стрелка.

2. Выявление наиболее существенных факторов, влияющих на проблему (причины первого порядка)– наклонные большие стрелки.

3. Раскрытие существенных факторов – выявление причин, влияющих на эти факторы (причины второго, третьего и последующих порядков)– маленькие наклонные стрелки. (Для обозначения всех возможных причин целесообразно провести мозговую атаку, на которой можно всесторонне обсудить данную проблему).

4. Анализ и уточнение схемы: ранжирование факторов по их значимости; установление тех причин, которые в данный период времени поддаются корректировке.

5. Установление уровня, до которого должны быть доведены факторы, подлежащие корректировке.

6. Выявление производственных участков, отделов, конкретных лиц, ответственных за доведение корректируемых факторов до установленного уровня.

7. Разработка формы документа с целью слежения за корректируемыми факторами. Установление конкретных лиц, ответственных за достоверность информации.

8. Составление плана дальнейших действий – разработка мероприятий на перспективу. Установление ответственных лиц.

При анализе должны выявляться и фиксироваться все факторы (даже те, которые кажутся незначительными), так как цель схемы – отыскать наиболее правильный и эффективный способ решения поставленной проблемы. На практике достаточно часто встречаются случаи, когда можно добиться хороших результатов путем устранения нескольких, на первый взгляд несущественных причин.

В соответствии с представленной методикой постройте причинно-следственную диаграмму Исикавы любого типа для анализа причин появления бракованной продукции для любого вида производства (на выбор).

Изобразите общий вид диаграммы Исикавы, соответствующий а) принципу 5М для сферы производства;

б) принципу 5Р для сферы обслуживания.

Причины запишите на схеме или представьте как расшифровку пунктов и подпунктов.

Литература

1. М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян Статистические методы в управлении качеством: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. ПОСТРОЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ ШУХАРТА

Контрольная карта – инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него, предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований. Контрольная карта - графическое представление динамики процесса, состоящее из центральной линии, контрольных границ (границ регулирования) и конкретных значений имеющих

статистических данных, позволяющее оценить степень статистической управляемости процесса.

Последовательность решения задачи:

- Определить для каждой подгруппы среднее значение \bar{X} .
- Определить общее среднее значение $\bar{\bar{X}}$.
- Вычислить размах R в каждой подгруппе.
- Вычислить среднее значение \bar{R} для размаха R .
- Определить контрольные линии для \bar{X} –карты и для R –карты:
центральную линию – CL , верхнюю контрольную линию – UCL и нижнюю контрольную линию – LCL .
- Построить графики контрольных карт.
- Записать на карте необходимую информацию: объем подгруппы (n) в верхнем левом углу \bar{X} –карты, название процесса и продукта, период времени, метод измерения, условия работы.
- Провести интерпретацию и анализ контрольных карт.

Таблица 1 – Таблица исходных данных для (\bar{X} - R)-карты
(масса краски в банке) (2000 ± 30) г.

| № подгруппы | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 1995 | 1981 | 2020 | 2007 | 2026 | 2009 |
| 2 | 1981 | 1990 | 1974 | 2022 | 1967 | 1979 |
| 3 | 2004 | 2011 | 2008 | 1974 | 1996 | 1983 |
| 4 | 2019 | 2007 | 1998 | 2001 | 2016 | 2010 |
| 5 | 2018 | 2013 | 2001 | 2020 | 1984 | 2005 |
| 6 | 2026 | 2009 | 1990 | 2025 | 1990 | 1986 |
| 7 | 1967 | 1979 | 1992 | 2004 | 1975 | 1996 |
| 8 | 1996 | 1983 | 2013 | 2002 | 1972 | 2002 |
| 9 | 2016 | 2010 | 2012 | 2028 | 1985 | 2008 |
| 10 | 1984 | 2005 | 2007 | 1999 | 1988 | 2002 |
| 11 | 1990 | 1986 | 2010 | 1990 | 1968 | 1986 |
| 12 | 1975 | 1996 | 2024 | 2014 | 1991 | 2028 |
| 13 | 1972 | 2002 | 2005 | 2000 | 1968 | 1986 |
| 14 | 1985 | 2008 | 2009 | 2016 | 2026 | 2009 |
| 15 | 1988 | 2002 | 2028 | 2007 | 1967 | 1979 |
| 16 | 1968 | 1986 | 1995 | 2022 | 1996 | 1983 |
| 17 | 1991 | 2028 | 2016 | 1998 | 2016 | 2010 |
| 18 | 1994 | 2007 | 2002 | 1986 | 1988 | 2002 |
| 19 | 2002 | 2001 | 2017 | 1977 | 1968 | 1986 |
| 20 | 1995 | 2012 | 1998 | 1962 | 1968 | 1986 |

*) Номер индивидуального задания (варианта) соответствует номеру студента в списке группы.

Литература

1. М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян Статистические методы в управлении качеством: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.

2. ГОСТ Р 50779.42-99 "Статистические методы. Контрольные карты Шухарта".

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ЧИСЛА НЕСООТВЕТСТВИЙ

ВВЕДЕНИЕ

Контрольные карты — инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него, предупреждая его отклонения от предъявляемых к процессу требований.

Используются контрольные карты по альтернативным данным: карте *числа несоответствий* и карте *числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции* *и*.

Примерами данных, по которым могут быть построены карты *с* и *и*, являются: количество дефектов в линии, проведенной карандашом; количество сколов лакокрасочного покрытия автомобиля; количество ресничек, не окрашенных тушью; количество ошибок в заполненных формах записей; количество экзаменационных вопросов, на которые не ответили студенты.

Ограничения применения той или иной контрольной карты связаны с объемами подгрупп: если число контролируемых единиц в подгруппах постоянно, то могут применяться как *с*-карта, так и *и*-карта; если объемы подгрупп различны, то может применяться только *и*-карта.

ПОСТРОЕНИЕ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ЧИСЛА НЕСООТВЕТСТВИЙ

Сбор и систематизация данных (см. табл. 2 в примере).

Для *и*-карты определяются значения u_j для каждой подгруппы по полученным в результате контроля данным о количестве несоответствий c_j в подгруппах объемом n_j по формуле:

$$u_j = \frac{c_j}{n_j} \cdot \quad (1)$$

Определяется уровень центральной линии CL, который соответствует средним значениям статистик *с* и *и*.

Среднее значение числа несоответствий \bar{c} определяется как отношение общего количества выявленных несоответствий к количеству проверенных подгрупп k , формула (2).

Среднее значение числа несоответствий на единицу в подгруппе \bar{u} – отношение числа несоответствий во всех единицах к общему количеству проверенных единиц, формула (3).

Формулы для вычисления средних значений:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{j=1}^k c_j}{k} \quad (2) \quad \bar{u} = \frac{\sum_{j=1}^k c_j}{\sum_{j=1}^k n_j} \quad (3)$$

Определяются уровни верхней UCL и нижней LCL контрольных границ (таблица 1).

Таблица 1 – Формулы для расчета контрольных границ

| Карта | Центральная линия | Контрольные границы |
|-------|-------------------|---|
| c | \bar{c} | $\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$ |
| u | \bar{u} | $\bar{u} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$ |

Для u -карты уровни контрольных границ изменяются от подгруппы к подгруппе при их непостоянном объеме.

Если рассчитанное значение LCL оказывается отрицательным, то считают, что нижняя контрольная граница отсутствует.

1.5 По имеющимся данным и результатам расчетов строится контрольная карта (рисунок 1).

По оси абсцисс на контрольной карте откладываются номера подгрупп.

По оси ординат на c -карте откладывается число несоответствий, а на u -карте – число несоответствий на единицу изделия.

Карта, оси и наносимые линии должны быть подписаны, чтобы давать ясное представление о виде контрольной карты, значениях показателя, уровнях контрольных границ.

1.6 Интерпретация контрольной карты.

Контрольные карты используются для того, чтобы определить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии. При применении контрольных карт критерием нахождения процесса в статистически управляемом состоянии являются контрольные границы.

Если нанесенное на карту значение выходит за любую из контрольных границ, то состояние статистической управляемости подвергается сомнению: необходимо выявить неслучайные (специальные) причины и исключить их.

МОДЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР

Контролируется количество дефектов (сколов, потеков, царапин и др.) эмалевого покрытия кастрюли. Для этого в течение 20 дней ежедневно проверяют по 50 кастрюль.

В этом случае для статистического управления процессом можно применить карту числа несоответствий в подгруппе – *c*-карту.

Данные, полученные в результате контроля, приведены в таблице 3.

Центральная линия CL рассчитывается по формуле (2):

$$CL = \bar{c} = \frac{\sum_{j=1}^k c_j}{k} = \frac{9+13+9+\dots+10}{20} = \frac{206}{20} = 10,3$$

Уровни контрольных границ рассчитываются по формулам из таблицы 1.

Верхняя контрольная граница:

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 10,3 + 3\sqrt{10,3} = 19,93$$

Нижняя контрольная граница:

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 10,33 - 3\sqrt{10,3} = 0,67$$

Рассчитанные значения приведены в таблице 2.

Построенная контрольная карта приведена на рисунке 1.

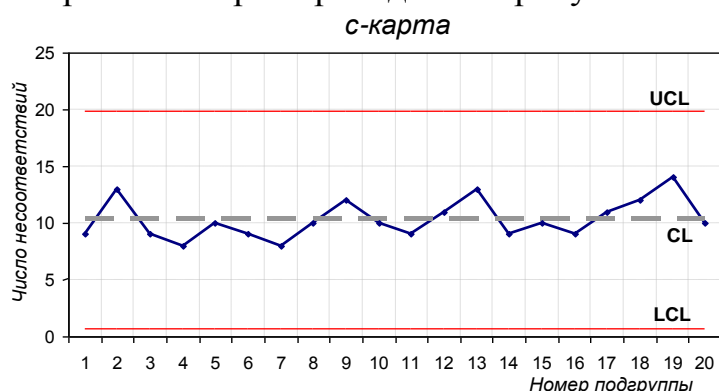


Рисунок 1 – Контрольная карта числа несоответствующих единиц

Таблица 2 – Результаты контроля

| № подгруппы | Объем подгруппы | Число несоответствий <i>c</i> | UCL | LCL |
|-------------|-----------------|-------------------------------|-------|------|
| 1 | 50 | 9 | 19,93 | 0,67 |
| 2 | 50 | 13 | | |
| 3 | 50 | 9 | | |
| 4 | 50 | 8 | | |
| 5 | 50 | 10 | | |
| 6 | 50 | 9 | | |
| 7 | 50 | 8 | | |

| | | | | |
|----|----|-----------|------|--|
| 8 | 50 | 10 | | |
| 9 | 50 | 12 | | |
| 10 | 50 | 10 | | |
| 11 | 50 | 9 | | |
| 12 | 50 | 11 | | |
| 13 | 50 | 13 | | |
| 14 | 50 | 9 | | |
| 15 | 50 | 10 | | |
| 16 | 50 | 9 | | |
| 17 | 50 | 11 | | |
| 18 | 50 | 12 | | |
| 19 | 50 | 14 | | |
| 20 | 50 | 10 | | |
| | | \bar{c} | 10,3 | |

Интерпретация контрольной карты. На построенной карте ни одна из точек не выходит за контрольные границы, поэтому можно сделать вывод о том, что процесс находится в состоянии статистической управляемости.

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Выбрать вид и построить контрольную карту для статистического управления процессом по числу несоответствий в следующих ситуациях.

- 1) Деталь имеет 12 резьбовых отверстий. В течение k дней с помощью резьбового калибра контролируется качество нарезания резьбы. Объемы подгрупп не изменяются.
- 2) После нанесения на деталь гальванического покрытия контролируется количество допущенных дефектов. В течение k дней три раза в день отбирают выборку, объем которой составляет 5% от количества обрабатываемых деталей. Объем производства непостоянный.

Данные выбираются по таблице 3.

Внимание! Если в вашей ситуации объем подгруппы должен быть постоянным, принимайте его равным объему подгруппы №1.

Таблица 3 – Исходные данные

| | Варианты | | | | | | | | | |
|-----------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| k | 20 | | 19 | | 20 | | 16 | | 17 | |
| № подгруппы j | n_j | c_j | n_j | c_j | n_j | c_j | n_j | c_j | n_j | c_j |

| | | | | | | | | | | |
|----|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|
| 1 | 56 | 2 | 50 | 3 | 51 | 3 | 50 | 5 | 53 | 6 |
| 2 | 56 | 2 | 55 | 1 | 52 | 2 | 55 | 2 | 54 | 4 |
| 3 | 55 | 3 | 55 | 2 | 57 | 2 | 56 | 1 | 56 | 1 |
| 4 | 56 | 1 | 56 | 8 | 60 | 0 | 57 | 7 | 54 | 0 |
| 5 | 56 | 7 | 57 | 3 | 55 | 3 | 60 | 2 | 58 | 2 |
| 6 | 56 | 2 | 57 | 1 | 53 | 4 | 57 | 5 | 56 | 1 |
| 7 | 59 | 1 | 53 | 1 | 53 | 4 | 55 | 3 | 55 | 4 |
| 8 | 51 | 4 | 59 | 1 | 52 | 2 | 59 | 2 | 59 | 1 |
| 9 | 50 | 2 | 53 | 3 | 63 | 4 | 49 | 3 | 54 | 1 |
| 10 | 61 | 2 | 56 | 6 | 56 | 3 | 60 | 3 | 55 | 1 |
| 11 | 53 | 4 | 54 | 2 | 53 | 0 | 61 | 3 | 59 | 4 |
| 12 | 54 | 3 | 57 | 0 | 56 | 4 | 52 | 2 | 54 | 4 |
| 13 | 52 | 1 | 52 | 3 | 54 | 3 | 52 | 0 | 52 | 0 |
| 14 | 55 | 1 | 49 | 1 | 59 | 4 | 58 | 3 | 60 | 3 |
| 15 | 55 | 5 | 57 | 1 | 50 | 4 | 56 | 3 | 49 | 2 |
| 16 | 60 | 3 | 55 | 2 | 53 | 0 | 57 | 4 | 57 | 7 |
| 17 | 51 | 1 | 58 | 0 | 55 | 1 | 55 | 1 | 53 | 3 |
| 18 | 48 | 1 | 54 | 3 | 53 | 1 | 49 | 4 | 52 | 5 |
| 19 | 50 | 0 | 55 | 3 | 56 | 0 | 50 | 2 | 58 | 3 |
| 20 | 56 | 3 | 54 | 3 | 56 | 3 | 51 | 3 | 54 | 3 |

Литература

1. М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян Статистические методы в управлении качеством: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.
2. ГОСТ Р 50779.42-99 "Статистические методы. Контрольные карты Шухарта".

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №8. КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ЧИСЛА И ДОЛЕЙ НЕСООТВЕТСТВУЮЩИХ ЕДИНИЦ ПРОДУКЦИИ

ВВЕДЕНИЕ

Контрольная карта — инструмент, позволяющий отслеживать ход протекания процесса и воздействовать на него, предупреждая отклонения от предъявляемых к процессу требований. Используются контрольные карты по альтернативным данным: карте *числа несоответствующих единиц* продукции ***np*** и карте *долей несоответствующих единиц* продукции ***p***.

Контрольные карты *np* и *p* могут быть построены по таким данным, как: количество бракованных карандашей; количество деталей, контролируемый

размер которых не удовлетворяет допуску; количество неправильно заполненных форм записей; количество девушек, не накрасивших ресницы тушью.

Ограничения применения той или иной контрольной карты связаны с объемами подгрупп: если число контролируемых единиц в подгруппах постоянно, то могут применяться как np -карта, так и p -карта; если объемы подгрупп различны, то применяется только p -карта.

ПОСТРОЕНИЕ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ЧИСЛА И ДОЛЕЙ НЕСООТВЕТСТВУЮЩИХ ЕДИНИЦ ПРОДУКЦИИ

Сбор и систематизация данных (см. табл. 2 в примере).

Для каждой подгруппы определяются значения p_j о количестве несоответствующих единиц np_j в подгруппах объемом n_j по формуле:

$$p_j = \frac{np_j}{n_j}, \quad (1)$$

Определяется уровень центральной линии CL , который соответствует средним значениям статистик np и p .

Среднее значение числа несоответствующих единиц \overline{np} – отношение общего количества выявленных несоответствующих единиц к количеству проверенных подгрупп k , формула (2).

Среднее значение доли несоответствующих единиц \bar{p} – отношение числа несоответствующих единиц во всех подгруппах к общему количеству проверенных единиц, формула (3).

Формулы для вычисления средних значений:

$$\overline{np} = \frac{\sum_{j=1}^k np_j}{k} \quad (2) \quad \bar{p} = \frac{\sum_{j=1}^k np_j}{\sum_{j=1}^k n_j} \quad (3)$$

Определяются уровни верхней UCL и нижней LCL контрольных границ (таблица 1).

Таблица 1 – Формулы для расчета контрольных границ

| Тип карты | Центральная линия | Контрольные границы |
|-----------|-------------------|--|
| np | \overline{np} | $\overline{np} \pm 3\sqrt{\overline{np}(1 - \bar{p})}$ |
| p | \bar{p} | $\bar{p} \pm 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}}$ |

Для p -карты уровни контрольных границ изменяются от подгруппы к подгруппе при их непостоянном объеме.

Если рассчитанное значение LCL оказывается отрицательным, то считают, что нижняя контрольная граница отсутствует.

По имеющимся данным и результатам расчетов строится контрольная карта (рис. 1).

По оси абсцисс на контрольной карте откладываются номера подгрупп.

По оси ординат на *np*-карте откладываются числа несоответствующих единиц, а на *p*-карте – доли несоответствующих единиц.

Карта, оси и наносимые линии должны быть подписаны, чтобы давать ясное представление о виде контрольной карты, значениях показателя, уровнях контрольных границ.

Интерпретация контрольной карты.

Контрольные карты используются для того, чтобы определить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии.

При применении контрольных карт критерием нахождения процесса в статистически управляемом состоянии являются контрольные границы.

Если нанесенное на карту значение выходит за любую из контрольных границ, то состояние статистической управляемости подвергается сомнению: необходимо выявить неслучайные (специальные) причины и исключить их.

МОДЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР

В кондитерском цеху при управлении процессом выпечки контролируется количество недопеченных булочек. Для этого с каждого противня отбирают и проверяют по три булочки. В духовом шкафу одновременно может находиться от 15 до 20 противней, то есть количество проверяемых изделий непостоянно.

В этом случае для статистического управления процессом можно применить карту долей несоответствующих единиц в подгруппе – *p*-карту.

Данные, полученные в результате контроля 10 подгрупп приведены в таблице 2.

Для каждой подгруппы определена доля несоответствующих единиц по формуле (1). Например, для первой группы:

$$p = \frac{np_1}{n_1} = \frac{3}{48} = 0,0625.$$

Центральная линия CL рассчитывается по формуле (3):

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum_{j=1}^{10} np_j}{\sum_{j=1}^{10} n_j} = \frac{3 + 2 + 16 + \dots + 3}{48 + 54 + 54 + \dots + 51} = \frac{66}{540} = 0,1222$$

Уровни контрольных границ рассчитываются для каждой подгруппы отдельно по формуле из таблицы 1.

Верхняя контрольная граница для подгруппы 1:

$$UCL_1 = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1}} = 0,1222 + 3\sqrt{\frac{0,1222(1-0,1222)}{48}} = 0,2641$$

Нижняя контрольная граница для подгруппы 1:

$$LCL_1 = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_1}} = 0,1222 - 3\sqrt{\frac{0,1222(1-0,1222)}{48}} = -0,0196$$

Все рассчитанные значения уровней контрольных границ приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Результаты контроля

| № подгруппы | Объем подгруппы | | Число несоответствующих их единиц np | | Доля несоответствующих их единиц p | | UCL | LCL |
|-------------|-----------------|-----|--|----|--------------------------------------|--------|--------|---------|
| 1 | 48 | | 3 | | 0,0625 | | 0,2641 | -0,0196 |
| 2 | 54 | | 2 | | 0,0370 | | 0,2559 | -0,0115 |
| 3 | 54 | | 16 | | 0,2963 | | 0,2559 | -0,0115 |
| 4 | 60 | | 4 | | 0,0667 | | 0,2491 | -0,0046 |
| 5 | 54 | | 5 | | 0,0926 | | 0,2559 | -0,0115 |
| 6 | 57 | | 4 | | 0,0702 | | 0,2524 | -0,0079 |
| 7 | 57 | | 8 | | 0,1404 | | 0,2524 | -0,0079 |
| 8 | 60 | | 15 | | 0,2500 | | 0,2491 | -0,0046 |
| 9 | 45 | | 6 | | 0,1333 | | 0,2687 | -0,0243 |
| 10 | 51 | | 3 | | 0,0588 | | 0,2598 | -0,0154 |
| | $\sum n_j$ | 540 | $\sum np$ | 66 | \bar{p} | 0,1222 | | |

Все значения уровней LCL отрицательны, поэтому нижняя контрольная граница отсутствует (рис. 3).

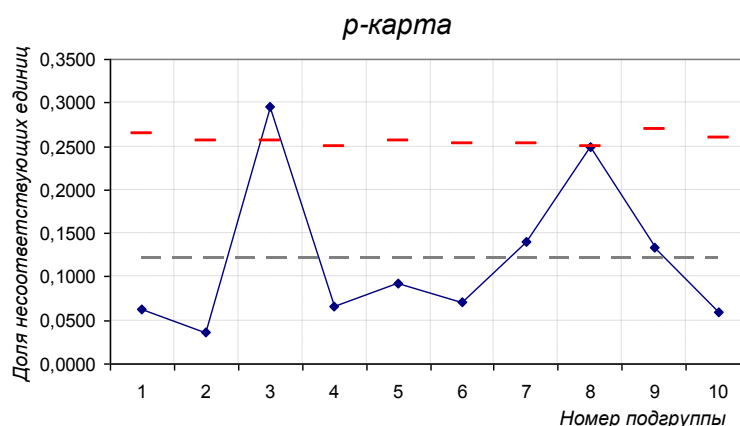


Рисунок 1 – Контрольная карта долей несоответствующих единиц

Интерпретация контрольной карты. На построенной карте две точки (подгруппы 3 и 8) выходят за контрольную границу, поэтому можно сделать

вывод о том, что процесс выпечки булочек не находится в состоянии статистической управляемости.

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Выбрать тип и построить контрольную карту для анализа процесса по числу несоответствующей продукции в следующих ситуациях.

1) Контролируется количество негерметичных упаковок сока в k партиях. В каждой партии проверяется по одной упаковке из каждой пятой коробки. Количество коробок в партиях неизменно.

2) Проверяется количество испорченных клубней картофеля, упакованного в мешки по 10 кг. Контролю подвергается по одному мешку из каждой партии. Количество партий k .

Данные выбираются по таблице 3.

Внимание! Если в вашей ситуации объем подгруппы должен быть постоянным, принимайте его равным объему подгруппы №1.

Литература

1. М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян Статистические методы в управлении качеством: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.

2. ГОСТ Р 50779.42-99 "Статистические методы. Контрольные карты Шухарта".

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №9. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПРОДУКЦИИ

Последовательность решения задачи:

- Постройте иерархию, начиная с вершины, через промежуточные уровни (критерии) к самому нижнему уровню (который обычно является перечнем альтернатив).

- Постройте множество матриц попарных сравнений для каждого из нижних уровней - по одной матрице для каждого элемента, примыкающего сверху уровня.

- После проведения всех парных сравнений и ввода данных по собственному значению проверить согласованность. Затем, используя отклонение λ_{\max} от n , проверить индекс согласованности.

Этапы 3 и 4 проводятся для всех уровней и групп в иерархии.

- Используя иерархический синтез для взвешивания собственных векторов весами критериев, вычисляется сумма по всем соответствующим взвешенным компонентам собственных векторов уровня иерархии, лежащего ниже.

- Проверить согласованность всей иерархии.
- Провести интерпретацию и анализ результатов расчета.

Таблица 2 – Значения частных критериев

| № | Модель машины | X ₁ | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ | X ₈ |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | DON_1500 | 16,25 | 20,0 | 3,0 | 1,25 | 2,25 | 81,7 | 106,0 | 10,0 |
| 2 | DOMINATOR_98SL | 11,83 | 24,0 | 2,0 | 2,30 | 0,40 | 80,5 | 120,0 | 5,0 |
| 3 | FIATAGRI_3600 | 13,40 | 21,4 | 2,0 | 0,80 | 1,00 | 84,0 | 120,0 | 5,0 |
| 4 | M_7720_TITAN11 | 12,50 | 25,9 | 3,0 | 2,80 | 6,20 | 81,0 | 141,0 | 5,0 |
| 5 | DD_8820 | 20,60 | 29,5 | 3,0 | 0,30 | 0,70 | 81,0 | 119,0 | 5,0 |
| 6 | DOMINATOR_68 | 10,30 | 14,4 | 1,7 | 1,00 | 2,00 | 88,0 | 140,0 | 5,0 |
| 7 | KEYS_1660 | 18,00 | 27,0 | 3,0 | 0,90 | 3,40 | 84,0 | 130,0 | 5,0 |
| 8 | DD_1055 | 10,80 | 17,5 | 2,0 | 1,20 | 0,30 | 79,5 | 150,0 | 5,0 |
| 9 | E_516B | 3,20 | 17,0 | 1,7 | 1,10 | 0,70 | 84,0 | 223,0 | 13,0 |

В таблице 2 приняты следующие обозначения: X₁ – производительность, т/ч; X₂ – расход топлива, л/ч; X₃ – потери зерна за молотилкой, %; X₄ – дробление зерна, %; X₅ – сорная примесь, %; X₆ – уровень шума в кабине, дБ; X₇ – наработка, ч; X₈ – число отказов.

Литература

1. М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян Статистические методы в управлении качеством: учеб.пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №10. РАЗВЕРТЫВАНИЕ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА

ОСНОВНЫЕ ШАГИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ ФУНКЦИИ КАЧЕСТВА

Развертывание функции качества проводится в несколько этапов. Сначала важные пожелания потребителей с помощью первого «Дома Качества» преобразовываются в детальные характеристики продукции, а затем (посредством трех последующих «Домов Качества») – в детальные технические требования, сначала к характеристикам компонентов продукции, потом – к характеристикам процессов и, в конце концов, как к способам контроля и управления производством, так и к оборудованию для осуществления этого производства.

Первый «Дом Качества» (рисунок 1) устанавливает связь между пожеланиями потребителей и требованиями к характеристикам продукции.

Для второго «Дома Качества» центром внимания является взаимосвязь между характеристиками продукции и характеристиками компонентов (частей) этой продукции.

Третий «Дом Качества» устанавливает связь между требованиями к компонентам продукции и требованиями к характеристикам процесса. В результате устанавливаются индикаторы (критерии) выполнения важнейших (критических) процессов.

Наконец, с применением четвертого «Дома Качества» характеристики процесса преобразуются в характеристики оборудования и способы контроля технологических операций производства, которые следует применить для выпуска качественной продукции по приемлемой цене.

ПОСТРОЕНИЕ «ДОМА КАЧЕСТВА»

При построении первого «Дома Качества» рекомендуется действовать следующим образом.

Определяют конкретную группу потребителей, составляют список установленных и предполагаемых потребностей (ожиданий) потребителей и определяют приоритетность этих ожиданий с использованием весовых коэффициентов по пятибалльной шкале, значения которых вносят в субтаблицу 1 (рисунок 2). Реестр ожиданий потребителей, касающийся характеристик продукции, составляется на основании анализа результатов, которые были получены в результате опроса, анкетирования или другим способом.

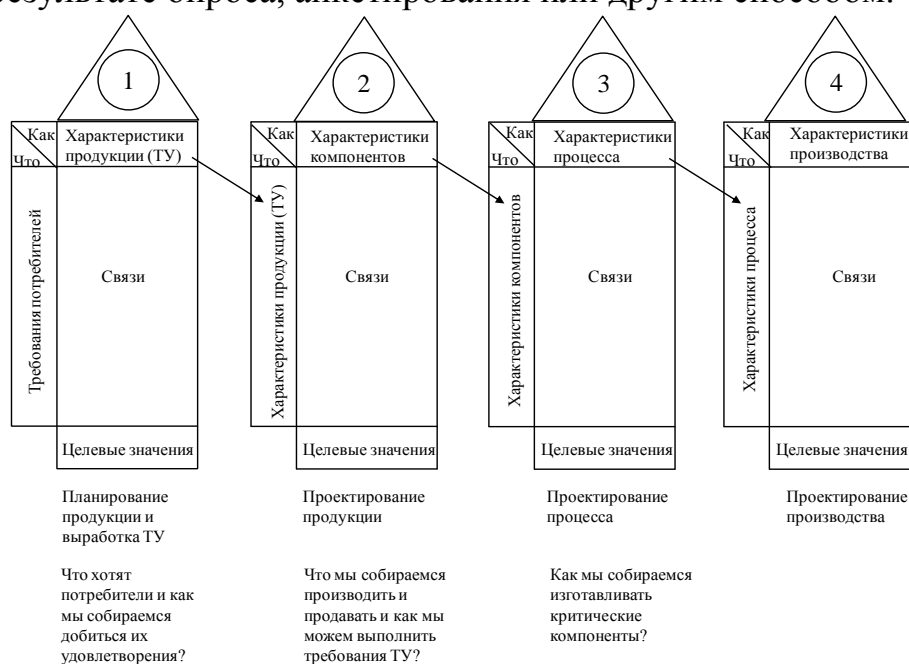


Рисунок 1 – Основные шаги развертывания функции качества



Рисунок 2 – Базовая структура QFD-диаграммы («Дома Качества»)

Сравнивают характеристики (эксплуатационные качества) продукции «нашей» организации с показателями продукции конкурирующей организации или целевыми значениями. Оценивают и выражают в виде чисел качество продукции, а затем в письменном виде представляют ее сильные и слабые стороны (с точки зрения потребителей). При выставлении оценок используют пятибалльную шкалу от «отлично» до «плохо», а именно: 5 – отлично; 4 – хорошо; 3 – удовлетворительно (в основном соответствует); 2 – не очень удовлетворительно (соответствует отчасти); 1 – плохо (не соответствует ожиданиям).

Идентифицируют и количественно определяют цели и задачи планируемых улучшений. В письменном виде представляются, какие свойства продукции, входящие в реестр ожиданий потребителей, должны быть улучшены, и отображаются эти цели и задачи в виде документа. При этом используют пятибалльную шкалу. Оценки вносят в субтаблицу 3 (см. рис. 2).

Для тех ожиданий потребителей или характеристик продукции, которые не требуют улучшения, целевые значения устанавливаются на одном уровне с имеющимися на данный момент оценочными значениями для этих ожиданий.

С помощью определенных целевых значений вычисляют относительные величины «степени улучшения» качества (по каждой из характеристик продукции) по формуле

$$CV = \frac{H}{O} \quad (1)$$

где CU – степень улучшения;
 C – целевое значение;
 O – оценка продукции (см. п. 2.2).

Результаты вычислений по формуле (1) проставляются во втором столбце субтаблицы 3 (см. рис. 2).

После этого в рамках определения целей проекта должна быть установлена весомость каждого ожидания потребителя или характеристики продукции. Весомость вычисляют по формуле

$$Bc = Bж \times CU \quad (2)$$

где Bc – весомость ожидания потребителя, $Bж$ – важность ожидания потребителя, CU – степень улучшения.

Результаты оценки весомостей различных ожиданий потребителя помещают в третий столбец субтаблицы 3, а в дополнительную нижнюю строку этого же столбца вносится сумма всех значений весомостей. В четвертый столбец субтаблицы 3 вносятся (выраженные в процентах) значения весомостей каждого ожидания потребителей.

Ожидания потребителей переводятся на язык поддающихся количественному определению технических параметров и характеристик продукции. После окончания этапа работы, связанного с визуализацией и оценкой весомости ожиданий потребителей, необходимо решить, КАК обеспечить выполнение этих ожиданий на практике, т.е. за счет изменения каких параметров (характеристик) продукции могут быть выполнены различные ожидания потребителей.

Точнее говоря, устанавливаются, как технические характеристики продукции (КАК надо сделать?) соотносятся с тем, что ожидают и хотят получить потребители (ЧТО надо сделать?).




Исследуется взаимозависимость между ожиданиями потребителей и параметрами (характеристиками) технических условий на продукцию, работы, услуги. В матрице связей, являющейся центральной частью общей матрицы «Дома Качества» (см. рис. 2, субтаблица 5), отмечается, насколько сильно технические параметры и характеристики продукции влияют на уровень удовлетворения потребностей и ожиданий потребителей. Изучается сила влияния технических характеристик продукции на выполнение ожиданий потребителя.

Посредством матрицы связей исследуется взаимосвязь между ожиданиями потребителей и техническими характеристиками (параметрами) продукции. Эта работа включает в себя взаимную стыковку того, «ЧТО надо сделать?» с тем, «КАК это надо сделать?».

Пустая (незаполненная) строка в матрице связей означает отсутствие какой-либо связи между техническими характеристиками продукции и соответствующим ожиданием потребителя, записанным в этой строке (ни одна из технических характеристик продукции не может удовлетворить данное ожидание

потребителей). Аналогично пустая колонка указывает на ненужность этой технической характеристики, включенной в список характеристик продукции и удорожающей ее. Каждый элемент (ячейка, клеточка) матрицы связей, стоящий на пересечении ее строк и столбцов, определяет имеющуюся силу взаимосвязи между ожиданиями потребителей (записанными в каждой строке матрицы связей) и техническими характеристиками продукции (записанными в каждом столбце этой же матрицы связей). Символ, который находится в каждом из этих элементов, если такая взаимосвязь имеется, определяет, насколько сильна эта взаимосвязь.

Отсутствие какого-либо символа на пересечении строк и столбцов матрицы связей означает, что нет взаимосвязи между соответствующими ожиданиями потребителей и техническими характеристиками продукции. Приняты следующие обозначения силы связи и соответствующие числовые оценки:

 – сильная  – средняя  – слабая
 (9), (3), (1).

Числовые оценки значимости взаимосвязи каждой технической характеристики с ожиданиями потребителей должны быть представлены в ячейках матрицы связей на рисунке 2. Эти оценки значимости рассчитываются по формуле

$$Зн = C \times Вс \quad (3)$$

где $Зн$ – значимость взаимосвязи,

C – сила взаимосвязи,


$Вс$ – весомость, %.

При вычислениях по формуле (3) используются числовые значения весовых коэффициентов «сила взаимосвязи», а значения показателей «весомость, %» берутся по данным четвертого столбца субтаблицы 3 (см. рис. 2).

Суммы числовых значений показателей «значимость взаимосвязи» по каждому столбцу (колонке), представленные в верхней строке «суммарная оценка» субтаблицы 7, показывают приоритетность каждой технической характеристики.

Все значения, стоящие в верхней строке субтаблицы 7, суммируют. В результате получают итоговую величину, которую заносят в дополнительную ячейку субтаблицы 7. В нижней строке субтаблицы 7 помещаются числовые значения приоритетности (выраженные в процентах от итоговой величины) каждой технической характеристики.

Сила взаимосвязи между техническими параметрами отображается в элементах (ячейках) треугольной матрицы связей (субтаблица 6), образующей «крышу» матрицы «дома качества», с использованием следующих символов:

 – положительная  – отрицательная

СВЯЗЬ;

СВЯЗЬ.

Оформляются в письменном виде полученные значения всех технических параметров и характеристик продукции с указанием единиц их измерения (если это возможно).

Целевые значения технических характеристик продукции определяются на основе имеющихся данных с учетом их приоритета.

Аналогично следует действовать и при построении каждого из последующих «Домов Качества».

МОДЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР

Рассмотрим пример Развертывания Функции Качества работ по уборке зерновых культур комбайновым способом. Для выявления ожиданий потребителя от уборочных работ использована методика «мозгового штурма». На первом этапе «мозгового штурма» выявлены следующие наиболее существенные группы потребностей: урожай, безопасность и экологичность, минимальные материальные затраты.

Затем определены характеристики качества выполнения уборочных работ. На основе полученных данных построено дерево потребительских ожиданий и характеристик качества уборочных работ (рисунок 3). Дерево имеет шесть уровней – один уровень требований и пять уровней характеристик, поэтому необходимо построить пять Домов Качества.

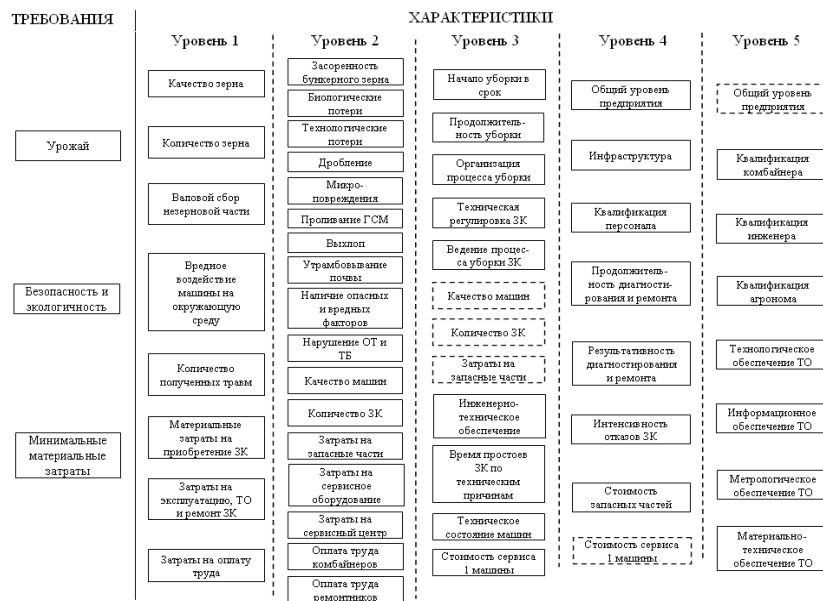


Рисунок 3 – Дерево потребительских ожиданий и характеристик качества уборочных работ

Согласно QFD каждый уровень дерева потребительских ожиданий сопоставляют с последующим уровнем, определяя наименее важные характеристики, которые при дальнейшем развертывании не учитываются. В

последнем Доме выявлены основные направления работ по улучшению процесса уборки зерновых культур.

Первый Дом Качества (рисунок 4) связывает пожелания потребителей с характеристиками 1 уровня. Для каждой группы требований и для всех характеристик определены значения важностей. Корреляционная матрица («крыша» Дома) заполнена символами, указывающими на положительную или отрицательную связь между соответствующими характеристиками с позиций интересов потребителя. В «веранде» Дома представлены значения весомостей для пожеланий потребителей.

По построенному Дому видно, что наиболее важными характеристиками уборочных работ являются затраты на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт зерноуборочных комбайнов, количество и качество зерна, на которые следует обратить повышенное внимание.

Незначительным и маловажным можно назвать затраты на оплату труда, которые в дальнейшем при Развертывании Функции Качества уборочных работ не рассматриваются.

Пятый Дом Качества (не приводится в настоящих методических указаниях) позволил перейти к характеристикам низшего уровня, среди которых важнейшими признаны «квалификация комбайнера» и «квалификация инженера». При этом установлено влияние «информационного обеспечения» на эти характеристики.

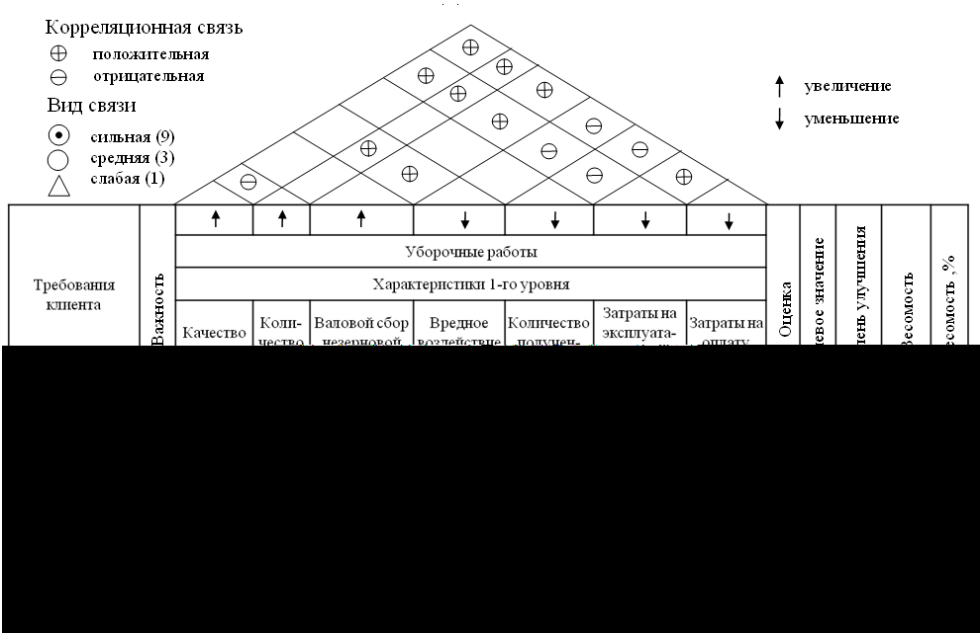


Рисунок 4 – Первый Дом Качества

4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

По заданию преподавателя реализовать процедуру Развертывания функции качества для продукта или услуги.

Примеры тем индивидуальных заданий.

1. Развертывание функции качества печенья «Овсяное» производства пищекомбината «ПК «Чалтырский».
2. Развертывание функции качества минеральной воды «Аксинья» производства ООО «Фирма «Аква-Дон».
3. Развертывание функции качества мобильного телефона SonyEricssonC510.
4. Развертывание функции качества автомобиля Лада-Калина производства ОАО «АвтоВАЗ».
5. Развертывание функции качества зерноуборочного комбайна Acros производства ООО «КЗ «Ростсельмаш».

Литература

1. Всеобщее управление качеством: учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, И.А. Гуров, Ю.В. Зорин; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1999. – 600 с.
2. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учебное пособие/ С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин, В.А. Самородов, Б.И. Герасимов, А.В. Трофимов, С.А. Пахомова, О.С Пономарева. – М.: РИА «Стандарты и качество». – 2005. – 248 с.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №11. ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА

СТАТИСТИКИ ПРИГОДНОСТИ И ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ ПРОЦЕССА

Процедура определения статистик, используемых для оценки характеристик качества процесса, установлена ГОСТ Р ИСО 21747, и распространяется только на непрерывные характеристики.

Ключевыми понятиями статистического управления процессами являются стабильность процесса и состояние статистической управляемости процесса.

Стабильный процесс, процесс в состоянии статистической управляемости – процесс с постоянным средним, изменчивость которого вызвана только случайными причинами.

Для оценки стабильности и статистической управляемости процесса применяют контрольные карты Шухарта.

Изменчивость процесса характеризуют средним квадратическим отклонением (СКО). Различают *собственную* и *полную* изменчивости процесса.

Собственная изменчивость присуща процессам, находящимся в статистически управляемом состоянии, и вызвана случайными причинами. При оценке собственной изменчивости СКО S_w может определяться по формулам:

$$S_w = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (1), \quad S_w = \frac{\sum S_i}{mc_4} \quad (2) \quad \text{или} \quad S_w = \sqrt{\frac{\sum S_i^2}{m}} \quad (3)$$

где \bar{R} – среднее арифметическое значение размаха; m – количество подгрупп объемом n ; S_i – выборочное СКО i -й подгруппы; d_2 , c_4 – константы, соответствующие значению n (по ГОСТ Р 50779.42).

Полная изменчивость процесса вызвана как случайными, так и специальными причинами. Для оценки полной изменчивости определяется СКО S_t (в случае нормального распределения):

$$S_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (X_i - \bar{X}_t)^2} \quad (4)$$

где N – объем выборки (она может включать m подгрупп объемом n);

$$\bar{X}_t = \frac{1}{N} \sum X_i \quad (5)$$

Для процесса в состоянии статистической управляемости оценки S_w и S_t сходятся.

Различают *показатели* и *индексы* пригодности и воспроизводимости процесса.

Показатели пригодности и воспроизводимости процесса представляют собой статистические показатели выходной характеристики качества процесса, позволяющие оценить способность процесса поддерживать выходную характеристику на уровне установленных требований.

Показатель воспроизводимости применяют только для процессов, находящихся в состоянии статистической управляемости, если это не подтверждено, то применяют показатель пригодности.

В случае нормального распределения в качестве оценок показателей пригодности и воспроизводимости принимают величину:

$$\mu \pm zS \quad (6)$$

где μ – среднее значение, принимаемое равным \bar{X} , или $\bar{\bar{X}}$ (уровень центральной линии на X -карте);

z – квантиль функции Лапласа. Выбор значения z зависит от требуемого значения показателя процесса в несоответствующих единицах продукции на миллион. Обычно z равно 3, 4 или 5, что соответствует 2700, 64 и 0,6 несоответствующим единицам на миллион.

Индекс пригодности процесса P_p – индекс отражающий устойчивость процесса, стабильность которого не подтверждена, относительно установленных границ:

$$P_p = \frac{U-L}{6S_t}, \quad (7)$$

где U и L – верхняя и нижняя границы поля допуска; $6S_t$ – длина опорного интервала для нормального распределения.

Для оценки устойчивости процесса, стабильность которого не подтверждена, относительно нижней и верхней границ поля допуска введены соответственно нижний P_{pKL} и верхний P_{pkU} индексы пригодности:

$$P_{pKL} = \frac{\mu-L}{3S_t}, \quad (8) \quad P_{pkU} = \frac{U-\mu}{3S_t}. \quad (9)$$

Индекс воспроизводимости процесса C_p – индекс, отражающий устойчивость стабильного процесса относительно установленных границ поля допуска:

$$C_p = \frac{U-L}{6S_w}. \quad (10)$$

Для оценки устойчивости стабильного процесса относительно нижней и верхней границ поля допуска введены соответственно нижний C_{pKL} и верхний C_{pkU} индексы пригодности:

$$C_{pKL} = \frac{\mu-L}{3S_w}, \quad (11) \quad C_{pkU} = \frac{U-\mu}{3S_w}. \quad (12)$$

Общая доля несоответствующих единиц продукции определяется как сумма верхней p_U и нижней p_L долей несоответствующих единиц:

$$p_p = p_U + p_L = \Phi\left(\frac{\mu-U}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{L-\mu}{\sigma}\right). \quad (13)$$

где Φ – функция Лапласа; σ – СКО (S_t или S_w).

Подверхней и нижней долями несоответствующих единиц продукции понимаются части распределения характеристики, которым соответствуют значения больше верхней и меньше нижней границ поля допуска.

МЕТОДИКА АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ПРОЦЕССА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСОВ ПРИГОДНОСТИ И ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ

По результатам измерений характеристики процесса построить контрольную карту $\bar{X}-R$ и оценить состояние процесса.

Оценить изменчивость процесса:

- если стабильность процесса подтверждена, то определить S_w по формуле (1);
- если стабильность процесса не подтверждена, то определить S_t по формуле (4).

Определить показатель пригодности или воспроизводимости процесса по формуле (6).

Определить значения индексов пригодности или воспроизводимости процесса:

- для процесса, стабильность которого не подтверждена, определить значения P_p , P_{pkL} , P_{pkU} по формулам (7-9);

- для стабильного процесса определить значения C_p , C_{pkL} , C_{pkU} по формулам (10-12).

Если полученные значения индексов меньше 1, то воспроизводимость (пригодность) процесса неудовлетворительна.

Оценить ожидаемый уровень несоответствий продукции в несоответствующих единицах на миллион. Для этого необходимо по формуле (13) определить долю несоответствующих единиц и умножить полученное значение на 1 млн.

МОДЕЛЬНЫЙ ПРИМЕР

В течение рабочей недели (5 дней) производились измерения диаметра вала 15h7 после обработки на токарном станке. Ежедневно контролю подвергалось по три выборки из 7 деталей каждая. С помощью контрольной карты $\bar{x}-R$ установлено, что процесс находится в стабильном состоянии. При этом получены следующие данные: центральная линия \bar{x} -карты $CL = \bar{\bar{X}} = 14,993$ мм, средний размах $\bar{R} = 0,0034$ мм. Требуется оценить возможности процесса удовлетворять установленным требованиям:

- границы поля допуска для размера 15h7: $L = 14,982$ (мм) и $U = 15,000$ (мм);
- допустимый уровень несоответствий (ppm): 64 единицы на миллион.

Решение.

Так как стабильность процесса подтверждена, то оценка изменчивости определяется по формуле (1), для $n=7$ значение коэффициента $d_2=2,704$:

$$S_w = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,0034}{2,704} = 0,00126 \text{ (мм)}.$$

При расчете показателя воспроизводимости процесса принимаем $\mu = \bar{\bar{X}} = 14,993$, $z=4$, т.к. требуемое значение несоответствующих единиц продукции на миллион равно 64, и $S=S_w$:

$$14,993 \pm 4 \cdot 0,00126 \text{ или } 14,993 \pm 0,00504 \text{ (мм)}.$$

Определяем значения индексов воспроизводимости процесса:

$$C_p = \frac{U - L}{6S_w} = \frac{15,000 - 14,982}{6 \cdot 0,00126} = \frac{0,018}{0,00756} = 2,38,$$
$$C_{pkL} = \frac{\bar{\bar{X}} - L}{3S_w} = \frac{14,993 - 14,982}{3 \cdot 0,00126} = \frac{0,011}{0,00378} = 2,91,$$

$$C_{pkU} = \frac{U - \bar{\bar{X}}}{3S_w} = \frac{15,000 - 14,993}{3 \cdot 0,00126} = \frac{0,007}{0,00378} = 1,85 \cdot$$

Все полученные значения индексов свидетельствуют о том, что процесс удовлетворяет установленным требованиям. Однако наименьший из C_{pkL} и C_{pkU} индекс воспроизводимости – верхний C_{pkU} свидетельствует о том, что устойчивость процесса относительно верхней границы поля допуска сравнительно низка.

Определим долю несоответствующих единиц продукции:

$$p_p = p_U + p_L = \Phi\left(\frac{14,993 - 15,000}{0,00126}\right) + \Phi\left(\frac{14,982 - 14,993}{0,00126}\right) = \Phi(-5,56) + \Phi(8,73)$$

Значения функции Лапласа можно определить по соответствующей таблице, либо с помощью специальной функции MSOfficeExcel. В таблицах математической статистики максимальное значение аргумента функции Лапласа равно 5,0, потому что при увеличении значения аргумента значение функции асимптотически приближается к 0,5. Например, $\Phi(5,0)=0,49999971335$, $\Phi(5,05)=0,49999982097$, и, как видно, эти значения можно принять равными 0,5. Это округление практически не окажет влияния на результаты расчетов.

В рассматриваемом случае принимаем

$$\Phi(-5,56) + \Phi(8,73) \approx -0,5 + 0,5 = 0.$$

То есть доля несоответствующих единиц продукции практически равна 0.

С помощью MSOfficeExcel получено следующее

$$\Phi(-5,56) + \Phi(8,73) \approx -0,5 + 0,5 = -0,499999987 + 0,5 = 0,000000013,$$

Полученное значение соответствует 0,013 несоответствующим единицам продукции на миллион, что меньше допустимого значения 64.

Вывод: процесс соответствует установленным требованиям.

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

По приведенным в таблице 1 данным оценить соответствие процесса установленным требованиям.

Таблица 1 – Исходные данные

| Вариант | Размер | $\bar{\bar{X}}$ | \bar{R} | Стабильность | d_2 | S_t | ppm |
|---------|--------------------|-----------------|-----------|--------------|-------|--------|------|
| 1 | 15 -0,018 | 15,000 | 0,0035 | Да | 2,326 | 0,0014 | 2700 |
| 2 | 15-0,006 -0,024 | 14,996 | 0,0120 | Нет | 2,534 | 0,0110 | 64 |
| 3 | 15 -0,008 | 14,998 | 0,0056 | Да | 2,704 | 0,0025 | 2700 |
| 4 | 150,009 | 15,001 | 0,0210 | Нет | 2,847 | 0,0270 | 64 |

| | | | | | | | |
|---|---------|--------|--------|----|-------|--------|------|
| | 0,001 | | | | | | |
| 5 | 150,009 | 14,995 | 0,0017 | Да | 2,970 | 0,0081 | 2700 |

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАПИСАНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Цель курсового проектирования

Целью курсового проектирования по дисциплине «Статистические методы в управлении качеством» является закрепление теоретических знаний и приобретение навыков использования инструментов статистического управления качеством.

Курсовой проект является самостоятельной студенческой разработкой, направленной на решение актуальных производственных задач.

Курсовые проекты выполняются студентами на основе полученных теоретических знаний, результатов производственных практик, результатов научно-исследовательских работ (если студенты непосредственно участвовали в них).

1.2 Направления курсового проектирования

Темы и направления курсового проектирования должны соответствовать задачам профессиональной деятельности бакалавра по направлению 27.03.02 «Управление качеством», относящимся к курсу «Статистические методы в управлении качеством»:

- а) производственно-технологическая деятельность:
 - непрерывное исследование производственных процессов с целью выявления производительных действий и потерь;
 - технологические основы формирования качества и производительности труда;
 - метрологическое обеспечение проектирования, производства и эксплуатации;
 - разработка методов и средств повышения безопасности и экологичности процессов;
 - применение информационных технологий в статистическом управлении качеством.
- б) организационно-управленческая деятельность:
 - содержание управленческого учета и практическое использование показателей переменных и постоянных затрат на обеспечение качества продукции;

- организация контроля и проведения испытаний в процессе производства;
- организация мероприятий по улучшению качества продукции и оказания услуг;

в) научно-исследовательская деятельность:

- анализ, синтез и оптимизация процессов обеспечения качества испытаний, сертификации продукции с применением проблемно-ориентированных методов;
- анализ состояния и динамика показателей развития систем управления качеством продукции и услуг;
- анализ и разработка новых более эффективных методов и средств контроля технологических процессов;
- исследование, анализ и разработка статистических методов контроля качества;
- исследование методов планирования качества;
- исследование и разработка принципов обеспечения и управления качеством продукции и услуг;

г) проектная деятельность:

- разработка современных методов проектирования систем управления качеством, формирование целей проекта, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей;
- проектирование и совершенствование коммуникационных процессов и процедур признания заслуг качественно выполненной работы;
- использование информационных технологий и систем автоматизированного проектирования в профессиональной сфере на основе системного подхода;
- проектирование моделей систем управления качеством с построением обобщенных вариантов решения проблемы и анализом этих вариантов, прогнозирование последствий каждого варианта, нахождение решения в условиях многокритериальности и неопределенности.

Примерные варианты формулировок тем курсовых проектов:

- «Статистическое обеспечение качества производства газовых приборов на ЗАО «Ростовгазоаппарат»;
- «Разработка методики статистического управления процессом механической обработки заготовки зубчатого колеса РКТ 801.04.000.605 на ООО «Сельхоздеталь-ТТ»;
- «Статистическая обработка данных испытаний кирпича марки М-125».

Тема курсового проекта формулируется:

- на основе материалов производственной практики студента;
- на основе хоздоговорной и бюджетной тематики работ кафедры;
- самостоятельно студентом по согласованию с преподавателем;

- руководителем курсового проектирования (только в том случае, если тема не была определена студентом в установленные сроки).

Тема, объем и содержание курсового проекта определяются заданием на курсовое проектирование, которое составляется студентом совместно с руководителем.

2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СТРУКТУРЕ, ОФОРМЛЕНИЮ И СОДЕРЖАНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Структура курсового проекта

Курсовой проект состоит из двух частей: пояснительной записки (текстовая часть) и графической части.

Требования к оформлению курсовых проектов установлены стандартом ДГТУ [5].

Курсовой проект должен иметь титульный лист и ведомость курсового проекта на бланках установленной формы.

Титульный лист курсового проекта, ведомость курсового проекта и задание на курсовое проектирование должны быть сброшюрованы с пояснительной запиской в указанном порядке.

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4 (кроме приложений) и включает:

- титульный лист пояснительной записки – на бланке установленной формы;
- содержание – на листах с рамкой и основной надписью для текстовых документов;
- введение – на листах с рамкой;
- основная часть – на листах с рамкой;
- заключение – на листах с рамкой;
- список использованных источников – на листах с рамкой;
- приложения – на листах любого формата.

Пояснительная записка должна иметь сквозную нумерацию листов. Первым листом пояснительной записки при нумерации считается титульный лист пояснительной записки. Номера листов наносятся, начиная со второго листа (лист «содержание»).

Графическая часть курсового проекта должна включать иллюстративный материал на 2 – 3 листах формата А1 с рамкой и основной надписью.

2.2. Содержание курсового проекта

При составлении пояснительной записки рекомендуется придерживаться следующих положений.

Во введении необходимо дать краткое обоснование актуальности темы и перспективности работ в выбранном направлении. Целесообразно во введении привести ссылки на различные документы (международные договоры, законы, постановления, стандарты и др.), периодические издания (например, журналы «Стандарты и качество», «Главный метролог»), работы авторитетных специалистов, подтверждающие актуальность и важность темы.

Рекомендуемый объем введения – 1 – 2 листа.

Основная часть пояснительной записки может включать следующие разделы:

- 1) состояние вопроса, цель и задачи работы;
- 2) теоретический раздел;
- 3) обоснование практического решения поставленной задачи (проблемы);
- 4) практическое использование статистических методов.

В разделе «состояние вопроса, цель и задачи работы» приводятся краткие сведения о предприятии-базе практики, описание рассматриваемой продукции, услуги, технологического процесса, системы или другого объекта. В этот раздел так же следует включать результаты анализа литературных источников по тематике работы. Завершается раздел постановкой цели и основных задач курсового проектирования.

Теоретический раздел включает обзор, описание и анализ существующих статистических методов, сфер их использования, ограничений. Здесь же дается анализ нормативной и технической документации. В этот раздел следует включать математическое обоснование применяемых методов контроля и управления качеством.

В разделе «обоснование практического решения поставленной задачи» должно быть предложено решение рассматриваемой в проекте проблемы. Здесь приводится методика использования статистического метода или совокупности нескольких методов при решении конкретной задачи. При необходимости приводятся правила отбора проб, формирования выборок. Если это предполагается поставленными задачами, то в этом разделе должны быть рассмотрены направления улучшения исследуемых объектов (продукции, услуги, процесса и др.), методы оценки достигнутых результатов.

Раздел «практическое использование статистических методов» должен содержать примеры решения практических задач. Здесь приводятся исходные данные, этапы их обработки, полученные результаты, их анализ и интерпретация.

В заключении приводится краткое описание основных результатов курсового проектирования. Рекомендуемый объем заключения – 1 лист.

После заключения приводится список использованных источников, который оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003.

В приложениях приводятся документы, использованные при разработке проекта и необходимые для его понимания (например, чертежи, карты технологических процессов, протоколы испытаний), или являющиеся результатом творческого труда автора курсового проекта (например, методики, программы).

В графической части курсового проекта приводятся только материалы, разработанные автором самостоятельно и имеющие непосредственное отношение к теме проекта. Например, построенные контрольные карты, гистограммы, различные диаграммы, схемы. Не допускается выносить в графическую часть чертежи (за исключением разработанных автором проекта), структурные схемы предприятий и их подразделений, фотографии и рисунки продукции и т.п.

3. УРОВНИ СЛОЖНОСТИ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ И ИХ ОЦЕНКА

Многообразие статистических методов и существенные различия в их сложности делают обоснованной градацию курсовых проектов по уровню сложности и, соответственно, затраченным авторами усилиям. Поэтому уже на этапе составления задания на курсовой проект руководитель определяет уровень сложности работы, который ограничивает максимально возможную оценку за ее выполнение.

Таблица – Уровни сложности проектов

| Уровень сложности | Характерные признаки | Максимальная оценка |
|-------------------|--|---------------------|
| I - базовый | Применены только простые статистические методы контроля качества (2-3 вида). Задачи проекта сводятся к несложной статистической обработке данных. Преобладает описательная статистика. | «удовлетворительно» |
| II - средний | Для решения поставленных задач применены несколько различных статистических методов в совокупности (например, простые методы + анализ стабильности процессов). Используются методы статистического приемочного контроля, планирования экспериментов и регрессионного анализа, проверки статистических гипотез и т.п. Предложены направления улучшений. | «хорошо» |

Продолжение таблицы

| | | |
|---------------|--|-----------|
| III - высокий | Предложен оригинальный подход к использованию статистического метода (или совокупности методов) при решении поставленной задачи. Проект является реальным, имеется акт внедрения, письмо предприятия. Результаты работы опубликованы в печатных изданиях (или сданы в печать), обсуждались и были одобрены на научно-практических конференциях, отмечены на конкурсах научных работ и инновационных проектов и др. | «отлично» |
|---------------|--|-----------|

Уровень сложности проекта может быть пересмотрен руководителем на любом этапе работы над проектом и при представлении его к защите.

Рекомендуемая литература

1. Статистические методы в управлении качеством/ М.Х. Сергеева, С.М. Харахашян. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013. – 127 с.
2. Статистические методы обеспечения качества/ Миттаг Х.Й., Ринне Х. – М.: Машиностроение, 1995.
3. Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2003.
4. Всеобщее управление качеством: учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, И.А. Гуров, Ю.В. Зорин; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1999. – 600 с.
5. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учебное пособие/ С.В. Пономорев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин, В.А. Самородов, Б.И. Герасимов, А.В. Трофимов, С.А. Пахомова, О.С Пономарева. – М.: РИА «Стандарты и качество». – 2005. – 248 с.
6. СТП 01-2001. Курсовые и дипломные проекты (работы). Правила оформления.