

УДК 658.5

Составитель: С.В. Ходыревская

Рецензент

Доктор технических наук, профессор В.В. Куц

Расчет измерителей качества: методические указания по выполнению лабораторной и самостоятельной работы бакалавров и специалистов / Минобрнауки России, Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.В. Ходыревская. – Курск, 2023. – 14 с.:– Библиогр.: с. 9.

Излагаются краткие теоретические сведения об измерителях качества. Рассмотрены примеры расчета измерителей качества. Приведены задания для самостоятельного выполнения, вопросы для самопроверки и подготовки, а также тест для самоконтроля.

Методические указания предназначены для бакалавров и специалистов всех направлений подготовки и специальностей и для всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 0,81. Уч.-изд. л. 0,74.

Тираж 100 экз. Заказ 445 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель работы: изучить получить основные сведения об измерителях качества и получить практические навыки их расчета в среде LibreOffice.

2 Задания для самостоятельного выполнения:

Задание 1. Рассчитать уровень DPMO и PPM отдела работы с поставщиками, если известна следующая информация о поставках за последний отчетный период.

Задание 2. Оценить качество процесса (по данным полученным от преподавателя по каждому варианту) рассчитав измерители качества, если на выходном контроле после каждой операции было проконтролировано по 100 деталей. По каждой контролируемой характеристике показано количество несоответствий.

Задание 3. Определить вероятность прохождения каждой стадии процесса без единого дефекта (по данным полученным от преподавателя по каждому варианту), если на выходном контроле после каждой операции было проконтролировано по 200 деталей. По каждой контролируемой характеристике показано количество несоответствий.

Задание 4. Определить вероятность прохождения всех стадий процесса без единого дефекта (по данным полученным от преподавателя по каждому варианту), если на выходном контроле после каждой операции было проконтролировано по 100 деталей. По каждой контролируемой характеристике показано количество несоответствий.

3. Краткие теоретические сведения

Для измерения качества процесса следует использовать измерители качества и целевые показатели, представленные в Приложении А. Данные измерители качества могут использоваться в случаях, представленных в таблице 1:

Таблица 1

Использование измерителей качества

Качество		
процесса в целом	технологической стадии	контролируемой характеристики
DPMO, sigma, $A_{СКВ}$	$A_{пр}$, D, A_1 , R, PPM, DPMO, sigma	C_p , C_{pk} , D, A_1 , R, PPM

Рассмотрим показатели качества и их связь с издержками на качество (см. таблицы 2 и 3).

Таблица 2

Корреляция с издержками измерителей качества

Корреляция с издержками	
сильная	слабая
D	A ₁
DPMO	R
A _{пр}	PPM
A _{СКВ}	C _p
sigma	C _{pk}

Таблица 3

Издержки, связанные с качеством

Уровень сигма	DPMO	Издержки, связанные с качеством
2	308 537	Не рассчитывается
3	66 807	25-40% от выручки
4	6 210 (среднеотраслевой показатель)	15-20% от выручки
5	233	5-15% от выручки
6	3,4 (мировой класс)	Менее 1% от выручки
Увеличение качества процесса на 1 сигму обеспечивает рост чистого дохода на 10%		

Измерители качества, эффективно используемые в методологии Six Sigma – это DPU, DPO, DPMO и DPPM.

DPU (Defect Per Unit) – показатель количества дефектов, приходящихся на единицу (продукции, услуги), рассчитывают по формуле:

$$DPU = \frac{\text{количество найденных дефектов}}{\text{количество проверенных единиц}} \quad (1)$$

Пример 1. Доставлено 100 коробок с пиццей, из которых в согласованные сроки – только 60. Остальные 40 – с задержкой, а потому – для заказчика считаются дефектом:

$$DPU = 40 / 100 = 0,4$$

Вместо коробок с пиццей могут быть:

- единицы изготовленной продукции, часть из которой содержит дефекты
- пакеты документов, оформленных без ошибок – дефектов
- какие-либо услуги, оказанные с огрехами.

DPO (Defect Per unit Opportunity) – показатель количества дефектов на одну возможность, можно рассчитать следующим образом:

$$DPU = \frac{DPU}{\text{количество возможностей на единицу}} \quad (2)$$

Пример 2. Количество дефектов на единицу продукции составляет 0,8. В то же время, количество ошибок, которое допускает отдел финансов при обработке документов, составляет 0,4. Допустим, предприятие выпускает корпуса автомобилей, состоящие из 50 деталей, которые крепятся между собой с помощью 1500 контактных точек (сваров). Документация считается неверно обработанной всякий раз, когда реквизиты предприятия, суммы либо значения любого другого поля заполнены неверно. Добавим грамматические ошибки и получим около 500 возможностей ошибки. Теперь рассчитаем показатели DPO для производственного процесса – 1 и процесса обработки документации – 2:

$$DPO_1 = 0,8 / (50 + 1500) = 0,000516$$

$$DPO_2 = 0,4 / 500 = 0,000800$$

Показатель DPO позволяет нам сравнить такие разные процессы как производство корпуса автомобиля и оформление финансовой документации, что дает возможность выделить участок для проведения проекта.

DPMO (Defect per Million Opportunity) – количество дефектов на миллион возможностей рассчитывают по формуле:

$$DPMO = DPO \times 1\,000\,000 \quad (3)$$

Как следует из формулы, показатель DPMO просто позволяет выразить определенную величину в более удобной форме, чем DPO. Для примера, рассмотренного выше, DPMO будет равно соответственно:

$$DPMO_1 = 0,000516 \times 1\,000\,000 = 516$$

$$DPMO_2 = 0,000800 \times 1\,000\,000 = 800$$

Пример 3. Проконтролировано 100 изделий, в результате выявлено 3 несоответствующих изделия по 1 несоответствию в

каждом, при этом контролировалось 5 характеристик.

$$DPMO = \frac{3}{100 \cdot 5} 1000000 = 6000$$

$$PPM = \frac{3}{100} 1000000 = 30000$$

Всегда $DPMO < PPM$, кроме случая, когда выявлены несоответствия по каждому контролируемому параметру. В этом случае $DPMO = PPM$.

Расчет показателя DPMO можно:

1. Рассчитать σ – уровень процесса
2. Сравнить “яблоки с грушами”

Для того чтобы рассчитать сигма уровень процесса проще всего использовать таблицу перерасчета сигма уровней в количество дефектов на миллион возможностей (см. Приложение Б), а установить их корреляцию с издержками, связанными с качеством можно по таблице 3. Для рассмотренного примера: процессу сварки корпуса соответствует уровень около 4,8, а процессу обработки документов – 4,65.

$A_{пр}$ характеризует этап технологического процесса. Так $A_{пр1} \times A_{пр2}$ характеризует вероятность прохождения 2-х стадий процесса без единого дефектов.

$A_{скв}$ вероятность прохождения всех стадий процесса без единого дефекта. При этом данные показатели сильно связаны с издержками.

Пример 4. Рассмотрим одну из стадий обобщенного процесса представленную на рисунке 1.



Рисунок 1 – Одна из стадий обобщенного процесса

а) При контроле по двум параметрам:

$$A_{np2} = 1 - \frac{d_{высота} + d_{центрованмасс}}{N}$$

б) При контроле по одному параметру: $A_{np_{выс.}} = 1 - \frac{d_{выс}}{N}$

$$A_{np_{центров.масс}} = 1 - \frac{d_{центровмасс}}{N}$$

И тогда $A_{пр}$ для второй стадии можно записать в виде

$$A_{np2} = A_{np_{выс}} \times A_{np_{центр.масс}}$$

Пример 5. Фактический сквозной уровень процесса $A_{скв}^{факт} = 0,68$, а целевой сквозной уровень соответствия $A_{скв}^{цел} = 0,75$, то $A_{норм} = \sqrt[4]{0,75} = 0,87$, следовательно, если на каждой стадии будет уровень соответствия равный 0,87, то уровень соответствия всего процесса $A_{скв}^{цел} = 0,75$.

5 Порядок выполнения работы

Получив у преподавателя исходные данные для выполнения лабораторной работы, студент изучает теоретические сведения согласно пункту 3. Далее выполняет на компьютере расчет измерителей качества по формулам в Приложении А в программе *LibreOffice*.

6 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать следующие пункты:

- название лабораторной работы;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- краткое описание хода выполнения работы;
- индивидуальные задания для выполнения лабораторной работы;
- результаты выполнения работы: таблицы с исходными данными, таблица расчета измерителей качества.
- выводы.

Вопросы для самопроверки и подготовки

1. В каких единицах измеряется уровень несоответствий?
2. С помощью какого показателя можно определить вероятность

прохождения всех стадий процесса без единого дефекта?

3. С помощью какого показателя можно определить вероятность прохождения каждой стадии процесса без единого дефекта?

4. Охарактеризуйте уровень соответствия при приемке с первого предъявления.

5. Что показывает доля несоответствующей продукции?

6. В чем заключается взаимосвязь уровня «сигма» и количества несоответствий на 1 млн. возможностей появления этих несоответствий?

7. В чем отличие DPMO и PPM?

Тест для самоконтроля

1. Измерители качества, эффективно используемые в методологии *Six Sigma* – это

- а) *DPU*
- б) *DPO*
- в) *DPMO*
- г) *DPPM*
- д) все перечисленные

2. Какой показатель характеризует вероятность прохождения j-ой стадии процесса без единого дефекта?

- а) Промежуточный уровень соответствия
- б) Сквозной уровень соответствия
- в) Нормализованный уровень соответствия
- г) DPMO
- д) PPM

3. Какой показатель характеризует вероятность прохождения всех стадий процесса без единого дефекта? Ответ: _____ .

4. Контроль – это процесс определения соответствия...

а) значения параметра изделия установленным требованиям или нормам;

б) значения параметра изделия техническим требованиям;

в) значения параметра изделия требованиям, регламентированным ГОСТ Р;

г) значения параметра изделия техническим условиям.

5. Контроль продукции или процесса во время выполнения или после завершения технологической операции, называется _____ контролем.

Библиографический список

1. Всеобщее управление качеством: учебник для вузов / О.П. Глудкин [и др.] – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 599 с.
2. Клячкин, В. Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии : учебное пособие / В. Н. Клячкин. - Москва : Финансы и статистика, 2009. - 304 с. : ил.
3. Ефимов, В. В. Статистические методы в управлении качеством продукции : учебное пособие / В. В. Ефимов, Т. В. Барт. - М. : КноРус, 2006. - 240 с.
4. Статистические методы контроля и управления качеством: методические указания по выполнению практических работ и самостоятельной работы по дисциплине «Статистические методы контроля и управления качеством» для студентов направления подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: С.В. Ходыревская. Курск, 2018. 144 с.: прилож. 13. Библиогр.: с. 119.
5. Пономарев С. В. Управление качеством продукции. Введение в системы менеджмента качества: Учебное пособие / С. В. Пономарев, С. В. Мищенко, В. Я. Белобрагин. - М. : Стандарты и качество, 2004. - 248 с. (гриф УМО)

Приложение А

Измерители качества и целевые показатели

Название измерителя	Обозначение	Смысл показателя	Формула расчета	Желаемые уровни и целевые значения
Уровень соответствия при приемке с первого предъявления	A_1	Показывает долю принятых изделий в результате выходного контроля при первом предъявлении от общего числа проконтролированных изделий	$A_1 = 1 - \frac{a_1}{N}$	Чем больше, тем лучше. Наилучшее значение – 1,0
Доля несоответствующей продукции, доля брака	R	Показывают долю отклоненных изделий при выходном контроле продукции от общего числа проконтролированных изделий	$R = \frac{r}{N}$	Чем меньше, тем лучше. Наилучшее значение – 0,0
Количество несоответствующей продукции на 1 млн. выпущенной (проконтролированной)	PPM	Смысл идентичен показателю R	$PPM = \frac{r}{N} \cdot 1.000.000$	Чем меньше, тем лучше. Наилучшее значение – 0,0
Количество несоответствий на 100 выпущенных изделий	D	Поскольку у одного изделия может быть много контролируемых характеристик, то число несоответствий и число несоответствующих изделий может не совпадать. И поэтому число несоответствий часто не совпадает с числом несоответствующих изделий	$D = \frac{\sum d_i}{N} \cdot 100$	Чем меньше, тем лучше. Наилучшее значение – 0,0

Количество несоответствий на 1 млн. возможностей появления этих несоответствий	DPMO	Предположим у одного изделия 20 контролируемых характеристик ($k=20$), т.е. каждое изделие имеет 20 возможностей появления дефекта. Данный показатель показывает сколько дефектов будет обнаружено на 1 млн. возможностей появления дефекта (в данном случае 1 млн. возможностей соответствует 50.000 проверенных изделий)	$DPMO = \frac{\sum d_i}{N \cdot k} \cdot 1.000.000$	Чем меньше, тем лучше. Целевое значение – 3,0
Промежуточный уровень соответствия	$A_{пр}$	Данный показатель характеризует вероятность прохождения j -ой стадии процесса без единого дефекта	$A_{npj} = 1 - \frac{\sum d_i}{N}$	Чем больше, тем лучше. Наилучшее значение – 1,0
Сквозной уровень соответствия	$A_{скв}$	Данный показатель характеризует вероятность прохождения всех стадий процесса без единого дефекта	$A_{скв} = A_{np1} \cdot A_{np2} \cdot \dots \cdot A_{npn}$	Чем больше, тем лучше. Наилучшее значение – 1,0
Нормализованный уровень соответствия	$A_{норм}$	Если мы хотим назначить целевое значение показателя $A_{прj}$, то мы можем рассчитать его на основе целевого показателя сквозного соответствия. Данный показатель – целевая вероятность пройти j -ую стадию процесса без единого дефекта	$A_{норм} = \sqrt[\text{step}]{A_{цел}^{скв}}$	Определяется на основе целевого показателя сквозного уровня соответствия $A_{скв}$

единица «sigma»	sigma	Показывает сколько раз стандартное отклонение процесса вместится в пределы спецификаций. Определяется на основе показателя DPMO	По таблице DPMO	Чем больше, тем лучше. Целевое значение – 6,0
Контрольные карты (количество выходов за контрольные границы)	X, R, S, C, U, Nr, p	Показывает стабилен ли процесс. Указывает на время появления особых причин, которые привели к потере стабильности процесса	Правило 3 сигм	Чем меньше, тем лучше (у идеального процесса в среднем 3 на 1 000 точек)
Индексы воспроизводимости	C_p, C_{pk}	Показывает на сколько реальный разброс процесса вписывается в поле допуска по данной контролируемой характеристике. Показывает насколько реальный разброс и смещение процесса способны выдавать годную продукцию	$C_p = \frac{U - L}{6\sigma}$ $C_{pk} = \min \left[\frac{U - \bar{X}}{3\sigma}; \frac{\bar{X} - L}{3\sigma} \right]$ $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$	Чем больше, тем лучше, но не менее 1,0. Целевое значение – не менее 1,33
Индексы пригодности	P_p, P_{pk}	Эти показатели имеют такой же смысл, что и C_p, C_{pk} . Они применяются для нестабильных процессов. Стандартное отклонение в данном случае считается по формуле отличной от формулы стандартного отклонения у C_p, C_{pk} .	$P_p = \frac{U - L}{6\sigma}$ $P_{pk} = \min \left[\frac{U - \bar{X}}{3\sigma}; \frac{\bar{X} - L}{3\sigma} \right]$ $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$	Чем больше, тем лучше, но не менее 1,0. Целевое значение – не менее 1,33

Условные обозначения:

N – количество проконтролированных изделий за отчетный период

a_i – количество несоответствующих изделий при приемке с первого предъявления за отчетный период

r - количество несоответствующих изделий за отчетный период

d_i – количество несоответствий, обнаруженных у i -ой контролируемой характеристике за отчетный период

k – количество контролируемых характеристик за отчетный период

step – количество технологических стадий

σ – стандартное отклонение

U, L – верхняя и нижняя границы допуска

\bar{x} - среднее значение контролируемой характеристики за определенный период времени

Таблица преобразований для 6 сигма

sigma	DPMO	sigma	DPMO	sigma	DPMO	sigma	DPMO
0,1	919 243	1,6	460 172	3,1	54 799	4,6	968
0,2	903 199	1,7	420 740	3,2	44 565	4,7	687
0,3	884 930	1,8	382 088	3,3	35 930	4,8	483
0,4	864 334	1,9	344 578	3,4	28 717	4,9	337
0,5	841 345	2,0	308 537	3,5	22 750	5,0	233
0,6	815 940	2,1	274 253	3,6	17 865	5,1	159
0,7	788 145	2,2	241 964	3,7	13 904	5,2	108
0,8	758 036	2,3	211 856	3,8	10 724	5,3	72
0,9	725 747	2,4	184 060	3,9	8 198	5,4	48
1,0	691 462	2,5	158 655	4,0	6 210	5,5	32
1,1	655 422	2,6	135 666	4,1	4 661	5,6	21
1,2	617 911	2,7	115 070	4,2	3 467	5,7	13
1,3	579 260	2,8	96 800	4,3	2 555	5,8	9
1,4	539 828	2,9	80 757	4,4	1 866	5,9	5
1,5	500 000	3,0	66 807	4,5	1 350	6,0	3