

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

© Демчук Леся, Байцар Роман, 2014

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації,
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Проведено теоретичний аналіз статистичних методів в управлінні якістю виробничих процесів. Вказано на їх переваги, особливості та специфічні вимоги. Обґрунтовано доцільність та важливість щодо застосування статистичних методів на вітчизняних підприємствах.

Проведен теоретический анализ статистических методов в управлении качеством производственных процессов. Указаны их преимущества, особенности и специфические требования. Обоснована целесообразность и важность по применению статистических методов на отечественных предприятиях.

Was performed the theoretical analysis of statistical methods in quality control of production processes. There were pointed out the benefits, particularities and specific requirements. Were given grounds for appropriateness and importance application of statistical methods in domestic enterprises.

Вступ. Сьогодні висока якість продукції розглядається як одна з важливих умов розвитку економіки, від якої залежать темпи промислового зростання країни, ефективність використання трудових ресурсів, успіхи зовнішньої торгівлі і її національний престиж.

Прагнучи вийти на світові ринки з жорсткою конкурентною боротьбою, на вітчизняних підприємствах необхідно активніше впроваджувати системи управління якістю, які б відповідали визначим міжнародним вимогам та стимулювали постійне поліпшення продукції.

Зростаюче значення якості продукції є наслідком розвитку науки і техніки, поліпшення умов і вдосконалення методів виробництва. Це спричинено низкою таких чинників:

- ускладненням виробничих процесів, впровадженням новітніх технологій, сучасного обладнання, засобів автоматизації;
- зростанням обсягів виробництва, випуску однорідної продукції;
- розширенням галузевої і міжгалузевої спеціалізації;
- розширенням міжнародної торгівлі та техніко-економічної співпраці між країнами;
- постійно зростаючими вимогами споживачів до якості продукції та послуг.

Необхідною умовою досягнення успіху підприємства щодо виробництва якісної, а відтак, конкурентноспроможної продукції, є створення та налагодження виробничої системи на всіх його рівнях. Матеріали, сировина, комплектуючі вироби (деталі) стають частиною продукції, що виробляється. Якість технологічного обладнання, приладів, засобів контролю тощо, також безпосередньо впливають на якість продукції, що виробляється. Важливим завданням підприємства є забезпечення виробництва надходженням якісних матеріалів із зовнішніх джерел (від субпідрядників). Проте найважливішим завданням будь-якого підприємства є налагоджена система виробничих процесів, адже саме в цьому закладено цілу науку про найбільш економічні способи перероблення сировинних матеріалів та отримання якісної готової продукції [1].

Якщо процес це сукупність взаємозв'язаних ресурсів і діяльності, яка перетворює вхідні елементи у вихідні [2], то виробничий процес — систематичне та цілеспрямоване змінювання в часі та просторі кількісних та якісних характеристик засобів виробництва і робочої сили для отримання готової продукції з вихідної сировини згідно із заданою програмою [3].

Ефективне управління якістю виробничими процесами неможливе без використання статистичних методів, здатних своєчасно, оперативно та об'єктивно відображати зміни в процесі. Згідно даних оцінки спеціалістів,

статистичні методи використовують, як основний аналітичний інструмент у 70 % виробничих процесів з контролю якості і на всіх рівнях виробництва [4].

Постановка проблеми. На сьогоднішній день ще не розроблено чіткої методології щодо статистичних методів управління якістю. Покращення якості продукції і процесів вимагає ретельної роботи персоналу підприємства з виявлення причин невідповідності продукції, виявлення дефектів та їх усунення.

Для цього необхідно організувати пошук даних, які характеризують невідповідність, розробити методи аналізу і обробки даних, виявити основні причини виникнення дефектів і розробити заходи та алгоритми для їх усунення.

Проблемою збору, обробки і аналізу результатів виробничої діяльності займається математична статистика, яка включає в себе велику кількість відомих статистичних методів для аналізу і виявлення дефектів. До таких можна віднести кореляційний і регресійний аналізи, перевірку статистичних гіпотез, факторний аналіз, аналіз часових рядів, і т.п.

Важливо знати, над чим і як саме слід працювати для поліпшення виробничих процесів, адже їх порядок виконання значною мірою залежить від характеру продукції, форми організації виробництва тощо. Попри те, що кожен керівник знає стан функціонування системи, в якій він працює, управляти виробничими процесами достатньо складно.

Розуміння головних чинників дозволяє глибше зрозуміти стан виробничого процесу і розробити заходи, які значно поліпшать, як сам процес, так і функціонування системи в цілому.

Аналіз існуючих статистичних методів

З розвитком сучасних систем управління якістю, роль статистичних методів в управлінні виробничими процесами безперервно зростає. Вони успішно використовуються під час:

- аналізу потреб ринку та конкурентоспроможності продукції;
- визначення технічних вимог до надійності, довговічності та терміну служби;
- управління технологічними процесами;
- визначення рівня якості;
- приймального контролю;
- аналізу зміни характеристик продукції у процесі експлуатації;
- аналізу дефектів;
- аналізу витрат на якість. [5]

К. Ісікава [6] стверджує, що “95 % усіх проблем фірми можуть бути вирішені за допомогою семи інструментів контролю якості. Вони прості, однак без них неможливо оволодіти більш складними методами”. У Японії застосуванню цих методів надається значна увага. Американський вчений А. Фейгенбаум [7] також вважає обов'язковим застосування на виробництві статистичних методів аналізу і вибіркового контролю.

Застосування семи простих методів аналізу сприяє підвищенню якості, зниженню браку, а отже, швидкому упорядкуванню виробництва, зниженню собівартості і витрат. Застосування методів статистичного контролю також дає відчутні економічні й організаційні переваги. Коротка характеристика статистичних методів, що використовуються в управлінні якістю, подана в табл.1 [8].

Таблиця 1

Характеристика статистичних методів

<i>Номер методу</i>	<i>Вид методу</i>	<i>Зміст, ціль</i>
1	Контрольний листок	Систематичний облік ситуацій у вигляді конкретних даних
2	Гістограма	Упорядкування даних щодо періодичності появи (наприклад, у часовому вираженні)
3	Діаграма Парето	Упорядкування фактів по значущості
4	Стратифікація	Розшарування даних різного походження
5	Причинно-наслідкова діаграма	Аналіз джерел виникнення основних проблем (людина, машина, матеріал, метод тощо) з посиланням на вплив проблеми
6	Діаграма розсіювання	Винайдення закономірностей і зв'язків в інформаційному матеріалі
7	Контрольні карти	Постійний контроль за перебігом процесу у межах заданого допуску
8	Описова статистика	Кількісна оцінка характеристик одержуваних даних, метод ґрунтується на аналітичних процедурах, пов'язаних з обробкою і

Номер методу	Вид методу	Зміст, ціль
		наданням кількісних даних
9	Аналіз вимірів	Набір процедур для оцінки точності вимірювальної системи в умовах її роботи
10	Побудова довірчих інтервалів	Процедура визначення допусків заснована на вірогідності дій, здійснених за допомогою статистичного розподілу вимірів
11	Аналіз можливостей процесу	Можливості процесу оцінюються змінністю процесу, що знаходиться в стані статистичної стійкості (оцінкою є індекси відтворюваності)
12	Перевірка гіпотез	Статистична процедура перевірки обґрунтованості гіпотези, що розглядає параметри однієї чи декількох вибірок з визначеними рівнями довіри
13	Регресійний аналіз	Зв'язок досліджуваної характеристики з потенційними причинами
14	Аналіз надійності	Використання інженерних і аналітичних методів для вирішення проблем надійності. Це стосується оцінки, прогнозу і попередження випадкових відмов з часом
15	Вибірковий контроль	Систематичний статистичний метод для одержання інформації про характеристики сукупностей шляхом вивчення представницької вибірки (статистичний приймальний контроль, вибіркоче обстеження)
16	Моделювання	Сукупність процедур, за допомогою яких теоретична чи емпірична система може бути представлена математично у вигляді комп'ютерної програми для пошуку вирішення проблем
17	Аналіз часових рядів	Аналіз часових трендів являє собою набір методів для вивчення послідовних у часі груп спостережень
18	Планування експериментів	Використовуються спеціальні виміри в досліджуваній системі, включається статистична оцінка цих змін у даній системі. У результаті з'являється можливість визначити основні характеристики системи або досліджувати вплив одного чи декількох факторів на ці характеристики

У промисловому виробництві накопичено великий досвід використання статистичного контролю та регулювання якості продукції і виробничих процесів. Статистичні методи дозволяють оптимізувати процес пошуку причин невідповідності, підвищити точність і вірогідність висновків, ефективність розроблених заходів щодо усунення виявлених причин відмов, дефектів. Використання статистичних методів у виробничій практиці призводить до суттєвого зниження витрат і підвищення якості продукції.

Нижче наведено опис семи статистичних методів.

Контрольний листок — форма для реєстрації даних під час контролю чи перевірки, на якій заздалегідь надруковані контрольовані параметри для того, щоб можна було легко і точно записати дані вимірів і упорядкувати їх для подальшого використання. Є допоміжним механізмом при побудові і використанні контрольних карт, гістограм.

Гістограма — вертикальна стовпчикова діаграма частотності розподілу даних. Сприяє звууженню кола пошуку проблемних ділянок за рахунок показу моделей зміни відхилення від бажаного середнього рівня та наявності вірогідної причини зміни, яку необхідно виявити та усунути.

Діаграма Парето — стовпчикова діаграма даних, отримана за кожною ознакою яка перевіряється. В

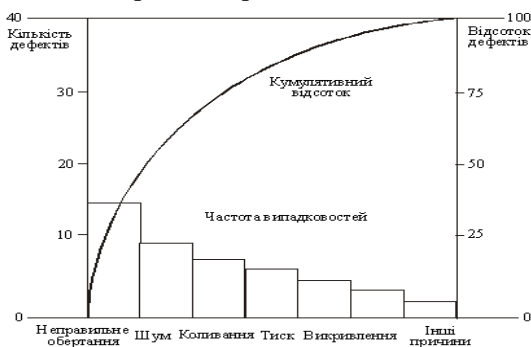


Рис. 1. Діаграма Парето розподілу питої ваги дефектів

більшості випадків дефекти і пов'язані з ними втрати мають декілька причин. Діаграма Парето допомагає встановити головні причини (фактори), з яких слід починати діяти. На рис. 1 представлена гістограма розподілу питої ваги дефектів залежно від їх типу за ступенем зниження питої ваги. На ній показано розподіл дефектів за типами: 1 – неправильне обертання; 2 - шум; 3 - коливання, 4 - тиск, 5 - викривлення, 6 - інші причини.

Дані розміщують у порядку значущості і будують кумулятивну криву. Завдяки цьому зосереджується увага на усуненні дефектів, що спричиняють найбільші втрати. Порівнюючи діаграми Парето, побудовані за даними до і після поліпшення процесу, можна оцінити ефективність вжитих заходів. Згідно з цим методом, близько 20% всіх причин формує 80% наслідків.

Причинно-наслідкова діаграма (діаграма Ісікави) — розроблена у 1943 році і одержала назву «риб'ячий кістяк» або «риб'яча кістка» (рис. 2) широко використовується не тільки в Японії [6].

Структура у вигляді «ялинки», в якій проблемна характеристика якості є стовбуром, а основні фактори (матеріали, методи, персонал, машини), які спричиняють проблему, подані у вигляді стрілок, які розташовані під нахилом від стовбура. Діаграма дозволяє виявити і систематизувати різні фактори й умови, що впливають на досліджувану проблему. З її допомогою можна вирішувати широкий спектр завдань, у тому числі конструкторські, організаційні, технологічні, економічні, соціальні та інші.

Діаграма надає можливість виявити ключові взаємозв'язки між різними факторами та більш достеменно зрозуміти досліджуваний процес, а також сприяє визначенню головних чинників, які спричиняють найзначніший внесок до проблеми, що розглядається, та попереджає або усуває їх дії.

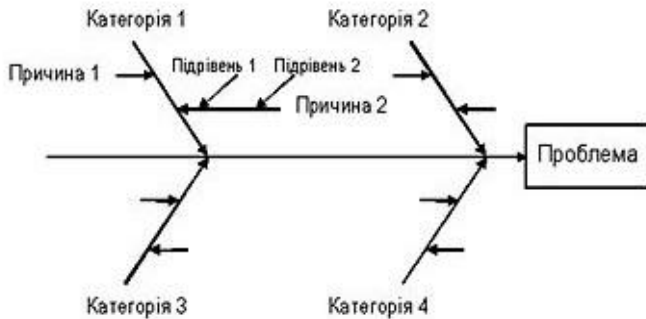


Рис. 2. Причинно-наслідкова діаграма

Стратифікація (розширування) — поділ одержаних даних на окремі групи (шари) залежно від обраного стратифікуючого фактору за категоріями, щоб звузити дану проблему. Як стратифікуючий фактор може бути обраний будь-який параметр, що визначає особливості умов виникнення й одержання даних. Приклади стратифікації наведені на рис. 3.

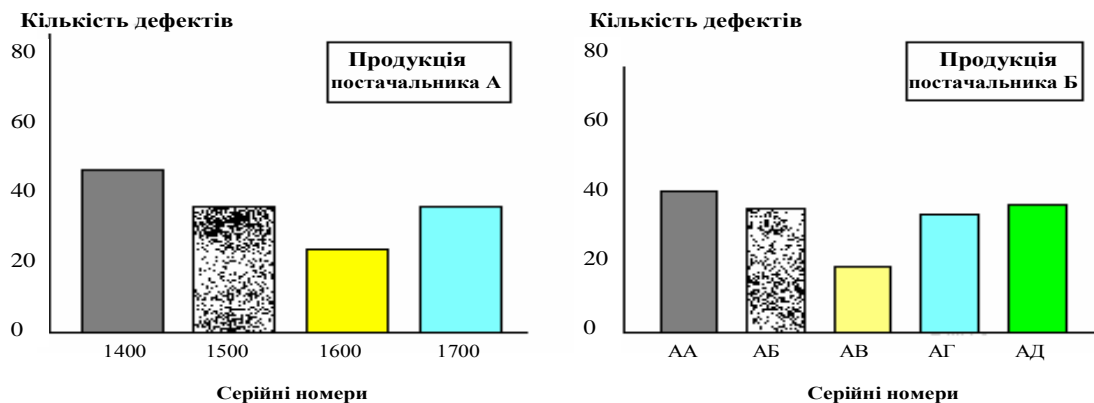
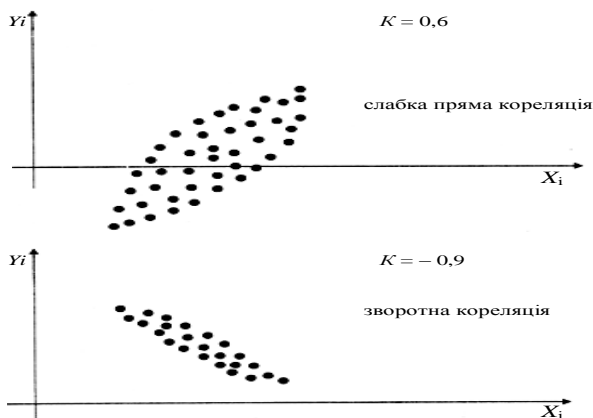


Рис. 3. Стратифікація дефектності виробів за різними ознаками (число дефектів на кожну тисячу готових виробів)



Діаграма розсіювання — використовується для дослідження і відображення залежності між двома показниками якості та факторами процесу для визначення кореляційної залежності між факторами, є графічним методом вивчення залежності між двома пов'язаними наборами даних (наприклад, x і y - по одному від кожного набору). Дані, які відображаються діаграмою розкиду, утворюють поле кореляції. Залежність між пов'язаними наборами даних встановлюється на основі форми поля. Чим ближче точки розташовуються до діагональної лінії, тим більша є залежність двох зазначених параметрів. Взаємозв'язок буває позитивний, негативний або відсутній взагалі (рис. 4).

Рис. 4. Приклади поведінки «хмари експериментальних точок» при різних значеннях коефіцієнта кореляції K

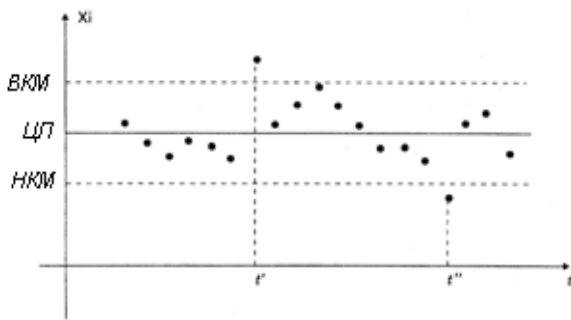


Рис. 5. Контрольна карта з однією вибіркою

Для вирішення конкретних задач з аналізу якості виробничих процесів велику увагу надають практичному використанню методів математичної статистики, використовуючи електронні таблиці Excel, системи Statistica [8] і SAP (System Analysis and Program Development) [9].

Виклад основного матеріалу. Бажання виробників підвищити якість своєї продукції пояснюється жорсткою конкуренцією на ринку. У зв'язку з цим існуючі методи і засоби, які забезпечують покращення якості продукції на сучасному етапі мають першочергове значення і є визначальними у виробничій діяльності.

В Україні все більшого поширення набуває гармонізація та впровадження міжнародних стандартів ISO серії 9000, які спрямовані на побудову системи управління якістю, як сукупності процесів і управління ними, що у результаті забезпечить належний рівень якості продукції. Відповідно до цього, загальне управління якістю досягається за рахунок управління процесами, які застосовують на підприємстві, і вмінні правильно застосовувати статистичні методи.

Термінологічні засади щодо використання, вибору та впровадження статистичних методів закладено у стандартах ДСТУ 3514-97 "Статистичні методи контролю та регулювання якості. Терміни та визначення" і ДСТУ ISO/TR 10017:2005 "Настанови щодо застосування статистичних методів" згідно з ISO серії 9001[10].

Статистичні методи дозволяють оптимізувати процес пошуку причин невідповідності, підвищити точність і вірогідність висновків, ефективність розроблених заходів щодо усунення виявлених причин відмов та дефектів. Використання статистичних методів у виробничій практиці призводить до суттєвого зниження витрат і підвищення якості продукції, що пов'язано з аналізами виробництва та якості, технологічного процесу, контролем технологічного процесу та приймальним контролем (рис. 6.):

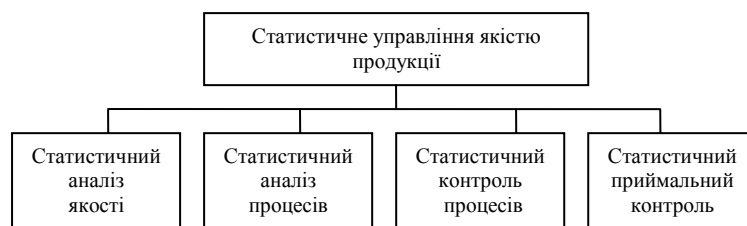


Рис. 6. Статистичні методи управління якістю

Аналіз положень стандартів ISO серії 9000 підтверджує необхідність застосування статистичних методів при управлінні якістю виробничих процесів, зокрема в ДСТУ ISO 9000:2007 "Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів" обґрунтовано актуальність, доцільність використання та роль статистичних методів (п.п. 2.10). Згідно стандарту, їх застосування може допомогти в розумінні змінюваності (відхилень) і, тим самим, допомогти підприємствам у вирішенні проблем з якості і підвищенні результативності та ефективності їхньої діяльності. Статистичні методи сприяють кращому використанню існуючих даних для прийняття рішень, а також можуть допомогти у вимірюванні, описуванні, аналізі та моделюванні цієї змінюваності, навіть за відносно обмеженої кількості даних. Статистичний аналіз цих даних може допомогти у забезпеченні кращого розуміння природи, масштабу та причин змінюваності, сприяючи, таким чином, вирішенню виробничих проблем та їх запобіганню, які можуть виникнути внаслідок цієї змінюваності, а також спонукати до постійного покращення якості продукції.

Основні статистичні методи управління якістю є стандартизовані. Огляд статистичних методів, які рекомендуються до застосування при впровадженні стандартів ISO серії 9000, наводяться в ДСТУ ISO/TR

10017:2005 "Настанови щодо застосування статистичних методів згідно з ISO 9001:2000 (ISO/TR 10017:2003, IDT)".

ДСТУ ISO/TR 10017:2005 регламентує застосування 12 найбільш поширених статистичних методів, а саме: описова статистика (1); планування експериментів (2); перевірка гіпотез (3); вимірвальний аналіз (4); аналіз можливостей процесу (5); регресійний аналіз (6); аналіз надійності (7); вибіркового контролю (8); моделювання (9); карти статистичного контролю процесу (карти СКП) (10); статистичне призначення допуску (11); аналіз часових рядів (12) [11].

Статистичне управління процесами і прийняття рішень на основі фактів – це основні вимоги міжнародних стандартів ISO серії 9000 до систем якості, які можуть бути виконані завдяки впровадженню на підприємствах статистичних методів. Важливою складовою статистичного управління є здійснення заходів щодо покращення роботи підприємства на кожному етапі виробництва. Це дозволить постійно покращувати характеристики процесів та забезпечить належну роботу системи управління.

Аналіз положень стандартів ISO серії 9000 (зокрема ДСТУ ISO 9001:2009 "Системи управління якістю. Вимоги") підтверджує необхідність застосування статистичних методів. Розділами: 4.1; 5.6.2; 8.1; 8.2.3; 8.4 вимагається здійснення моніторингу, вимірювання, порівняння та аналізування показників якості процесів, однак самі методи не вказуються [12].

В таблиці 2 наведено галузі застосування статистичних методів, вказаних в ДСТУ ISO/TR 10017:2005 відповідно до показників якості процесів за ДСТУ ISO 9001:2009. Найменування граф відповідає номеру статистичного методу з вищевказаних.

Таблиця 2

Статистичні методи які застосовуються при управлінні якістю виробничих процесів

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
А	+				+			+		+		
Б	+							+				
В	+	+	+	+	+			+		+		+
Г	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+

Індикація рядків відповідає наступним елементам системи якості відповідно до стандарту ISO 9001:2009: А – аналіз з боку керівництва, який включає інформацію про показники функціонування процесів (п.п. 5.6.2); Б – оцінка процесів (п.п. 4.1; 8.1); В – моніторинг та вимірювання процесів (п.п. 8.2.3); Г – аналіз даних процесів (п.п. 8.4).

Висновок. Статистика істотно допомагає вирішувати традиційні інженерні і виробничі проблеми. Вона полегшує обробку, аналіз і використання інформації. Сім основних статистичних методів аналізу допомагають подати дані в зручному для узагальнення і аналізу вигляді. Застосування цих методів дозволяє зробити достовірні і коректні висновки, одержати розуміння у пошуку причин виявлення дефектів, а отже, більшу конкретність і ефективність розроблювальних заходів щодо усунення цих причин. Основне завдання статистичних методів в управлінні якістю виробничих процесів – це гарантія і стабільність якості на всіх етапах виробництва для отримання якісної кінцевої продукції.

Аналіз концепцій статистичних методів в управлінні якістю виробничих процесів показав, що відмінною характеристикою сучасного підходу є перехід від якості продукції до якості процесів, належне функціонування яких забезпечить необхідний рівень характеристик продукції чи послуг на підприємстві. Така стратегія управління якістю закладена в вимогах міжнародних стандартів ISO серії 9000.

1. Васильков В.Г. *Організація виробництва: Навч. посібник.* — К.: КНЕУ, 2003. — 524 с. 2. ДСТУ ISO 9000:2007 *Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів* 3. ДСТУ 2960-94. *Організація промислового виробництва. Основні поняття терміни та визначення* 4. *Международные стандарты ISO 9000 и статистические методы* <http://www.myshared.ru/slide/98768/> 5. Бичківський Р.В., Столярчук П.Г., Сопільник Л.І., Калинський О.О. *Управління якістю. Сертифікація.* — К.: Школа, 2005. — 432 с. 6. Исикава. *Японские методы управления качеством.* — М.: Экономика, 1988. — 215 с. 7. Фейгенбаум А., Фейгенбаум Д. *Новая jakość для XXI століття // Стандарти та jakość.* - № 6. - 2000. - С. 59-62. 8. Векслер Е.М. *Менеджмент jakości: ентропійний і статистичний підходи. Навчально-методичний посібник.* — К.: Наша справа, №7, 2004. — 265с. 9. *Отчеты для нефтяного гиганта за две секунды* <http://ru.sap.info/surgutneftegas-sap-hana-lis>

siberia/75862 10. Демчук Л.В., Байцар Р.І. Статистичне управління якістю продукції // матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми якості, стандартизації, сертифікації та метрологічного забезпечення” (18-20 вересня 2013 р.) – Херсон: Грінь Д.С., 2013. – С. 67-69. 11. ДСТУ ISO/TR 10017:2005. Настанови щодо застосування статистичних методів. 12. ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Вимоги.