

2009-09-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 34 с. – (Національний стандарт України). 2. Закон України «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності» від 5 квітня 2007 року № 877-V (Редакція станом на 05.01.2013). 3. Закон України «Про стандарти, технічні регламенти та процедури оцінки відповідності» від 01.12.2005 р., № 3164-IV. 4. Закон України «Про державний ринковий нагляд і контроль нехарчової продукції» від 2 грудня 2010 року № 2735-VI (Редакція станом на 02.12.2012). 5. Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги (OHSAS 18001:2007, IDT): ДСТУ OHSAS 18001:2010. – [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 28 с. – (Національний стандарт України). 6. Настанови щодо здійснення аудитів систем управління якістю і (або) екологічного управління (ISO 19011:2002, IDT) ДСТУ ISO 19011:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 24 с. – (Національний стандарт України). 7. ISO 19011:2011 Guidelines for auditing Management System (Настанови з аудиту систем управління). 8. Системи керування безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких

організацій харчового ланцюга (ISO 22000:2005, IDT): ДСТУ ISO 22000:2007. – [Чинний від 2007-08-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 39 с. – (Національний стандарт України). 9. Практическая реализация методологии ALARA на АЭС: метод. пособ. – М.: Росэнергоатом, 1999. – 189 с. 10. Рац М.В. Концепция обеспечения безопасности [Текст]: монография / М.В. Рац, Б.Г. Слепцов, Г.Г. Копылов. – М.: Касталь, 1995. – 84 с. 11. Александров Г. Устойчивость, безопасность, риск / Г. Александров, Г. Шахманский // Военные знания. – 1993. – № 11–12. – С. 8–11. 12. Елагин Ю.П. Понятие "безопасность" // Атомная энергия. – 1996. – Т. 80, вып. 6. – С. 415–420. 13. Аyyub Bilal M. Risk Analysis in Engineering and Economics // Bilal M. Аyyub / – Chapman & Hall/CRC, 2003. – 579 р. 14. Быков А.А., Порфильев Б.Н. Об анализе риска, концепциях и классификации рисков // Проблемы анализа риска. 2006. – № 4. – С. 319–336. 15. Бойко Т.Г. Формування теоретичних та нормативно-технічних засад оцінювання якісного рівня продукції: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.01.02 / Т.Г. Бойко; [Національний університет "Львівська політехніка"]. – Львів, 2010. – 34 с.

УДК 658. 334

## СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ В УПРАВЛІННІ ЯКІСТЮ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

© Леся Демчук, Роман Байцар, 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 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 применения 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 та її національний престиж.

Прагнучи вийти на світові ринки з жорсткою конкурентною боротьбою, на вітчизняних підпри-

емствах необхідно активніше впроваджувати системи управління якістю, які б відповідали визнаним міжнародним вимогам та стимулювали постійне поліпшення продукції.

Зростання 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 та міжгалузевої спеціалізації;
- розширенням міжнародної торгівлі та техніко-економічної співпраці між країнами;
- постійним зростанням вимог споживачів до якості продукції та послуг.

Необхідною умовою досягнення успіху підприємства щодо виробництва якісної, а відтак конкурентоспроможної 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 виробленої продукції. Важливим завданням підприємства є забезпечення виробництва надходженням якісних матеріалів із зовнішніх джерел (від субпідрядників). Проте найважливішим завданням будь-якого підприємства є налагодження системи виробничих процесів, адже саме щодо цього сформовано 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 на 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 з даними оцінки спеціалістів, статистичні методи використовують як основний аналітичний інструмент у 70 % виробничих

процесів з контролю якості та на всіх рівнях виробництва [4].

**Постановка проблеми.** Сьогодні ще не розроблено чіткої методології щодо статистичних методів управління якістю. Покращення якості продукції та процесів потребує 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 й обробки даних, виявити основні причини виникнення дефектів і розробити заходи та алгоритми для їх усунення.

Проблемою збору, обробки й аналізу результатів виробничої діяльності займається математична статистика, яка має велику кількість відомих статистичних методів для аналізу й виявлення дефектів. До таких можна зарахувати кореляційний і регресійний аналізи, перевірку статистичних гіпотез, факторний аналіз, аналіз часових рядів тощо.

Важливо знати, над чим і як саме необхідно 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 дає змогу глибше зрозуміти стан виробничого процесу і розробити заходи, які значно поліпшать як сам процес, так і функціонування системи загалом.

**Аналіз відомих 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 приділяють значну увагу. 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 та 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

Номер методу	Вид методу	Зміст, ціль
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 за значущістю
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	Вияв закономірностей і зв’язків у інформаційному матеріалі
7	Контрольні карти	Постійний контроль за перебігом процесу в межах заданого допуску
8	Описова статистика	Кількісна оцінка характеристик одержуваних даних, метод ґрунтується на аналітичних процедурах, пов’язаних з обробкою і наданням кількісних даних
9	Аналіз вимірів	Набір процедур для оцінки точності вимірювальної системи в умовах її роботи
10	Побудова довірчих інтервалів	Процедура визначення допусків основана на вірогідності дій, здійснених за допомогою статистичного розподілу вимірів
11	Аналіз можливостей процесу	Можливості процесу оцінюються змінністю процесу, що перебуває 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 недопущення випадкових відмов з часом
15	Вибірковий контроль	Систематичний статистичний метод для одержання інформації про характеристики сукупностей вивченням представницької вибірки (статистичний приймальний контроль, вибіркоче обстеження)
16	Моделювання	Сукупність процедур, за допомогою яких теоретичну чи емпіричну систему можна подати 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, зі статистичною оцінкою цих змін у цій 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 та виробничих процесів. Статистичні методи дають змогу 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 поліпшення 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 для побудови і використання контрольних карт, гістограм.

**Гістограма** – вертикальна стовпчикова діаграма частотності розподілу даних. Сприяє звуженню 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. Здебільшого дефекти і пов'язані з ними втрати мають декілька причин. Діаграма Парето допомагає встановити головні причини (фактори), з яких треба починати діяти. На рис. 1 подана гістограма розподілу питомої ваги дефектів залежно від їх типу за ступенем зниження питомої ваги. На ній показано розподіл дефектів за типами: 1 – неправильне обертання, 2 – шум; 3 – коливання, 4 – тиск, 5 – викривлення, 6 – інші причини.

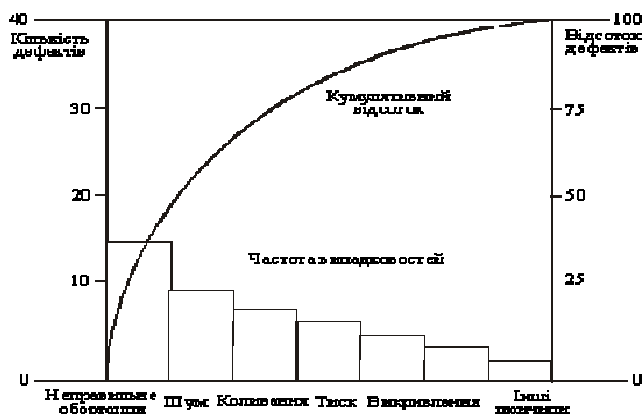


Рис. 1. Діаграма Парето розподілу питомої ваги дефектів

Дані розміщують за значущістю 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 р., 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, що розташовані під нахилом від стовбура. Діаграма дає змогу виявити і систематизувати різні фактори й умови, що впливають на досліджувану проблему. З її допомогою можна вирішувати широкий спектр завдань, зокрема конструкторські, організаційні, технологічні, економічні, соціальні та інші.

Діаграма надає можливість виявити ключові взаємозв'язки між різними факторами та достеменніше зрозуміти досліджуваний процес, а також сприяє визначенню головних чинників, які дають найзначніший внесок до проблеми, що розглядається, та запобігає дії або усуває її.

**Стратифікація (розширування)** – поділ одержаних даних на окремі групи (шари) залежно від вибраного стратифікувального фактора за категоріями, щоб звужити проблему. Як стратифікувальний фактор може бути вибраний будь-який параметр, що визначає особливості умов виникнення й одержання даних. Приклади стратифікації наведено на рис. 3.

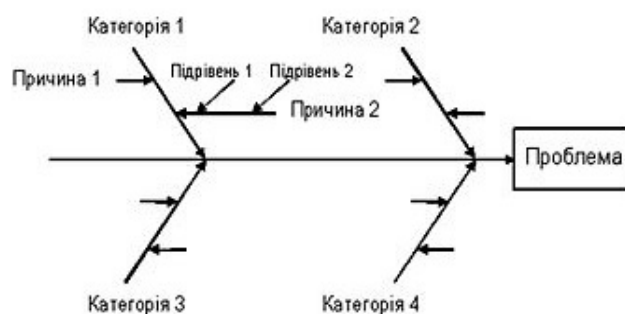


Рис. 2. Причинно-наслідкова діаграма

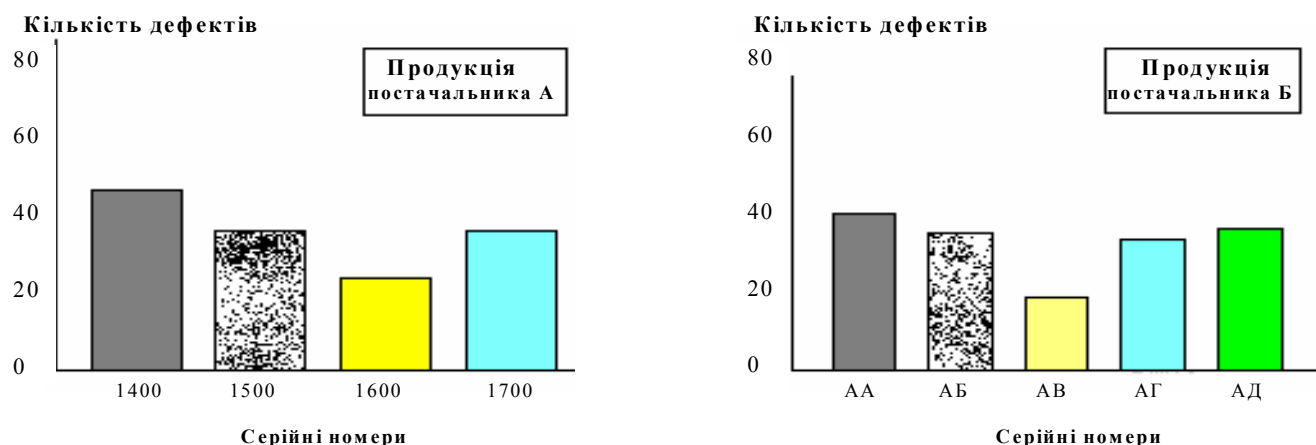


Рис. 3. Стратифікація дефектності виробів за різними ознаками (кількість дефектів на кожну тисячу готових виробів)

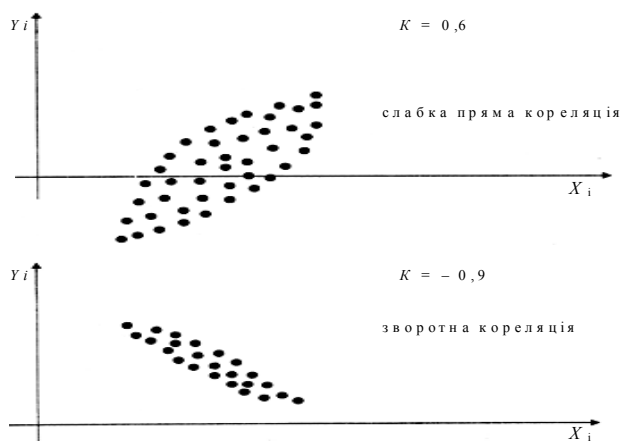


Рис. 4. Приклади поведінки “хмари експериментальних точок” за різних значень коефіцієнта кореляції  $K$

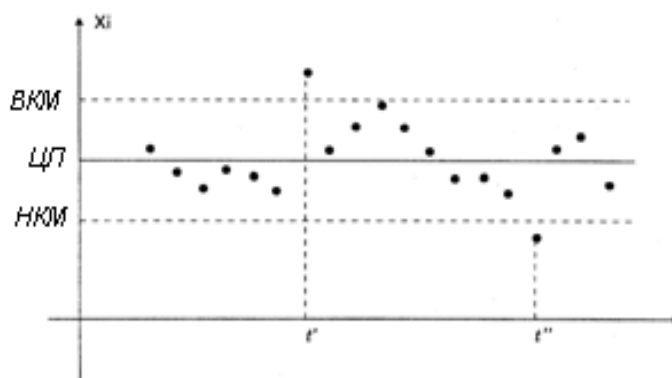


Рис. 5. Контрольна карта з однією вибіркою

**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. Що ближче точки розташовуються до діагональної лінії, то більша залежність двох зазначених параметрів. Взаємозв’язок буває позитивний, негативний або відсутній взагалі (рис. 4).

**Графіки та контрольні карти.** Графіки – це прості схеми характеристики якості стосовно часу.

Контрольні карти мають центральну лінію (ЦЛ), яка є бажаним середнім рівнем, та дві лінії з назвами: верхня контрольна межа (ВКМ) та нижня контрольна межа (НКМ) (рис. 5).

Досліджуючи зміну даних з плином часу, стежать, щоб точки графіка не вийшли за контрольні межі. Якщо є викид однієї або декількох точок за контрольні межі, це сприймається як інформація про відхилення параметрів чи умов процесу від встановленої норми [5, 8].

Для розв’язання конкретних задач з аналізу якості виробничих процесів велику увагу звертають на практичне використання методів математичної статистики, застосовуючи електронні таблиці Excel, системи Statistica [8] і SAP (System Analysis and Program Development) [9].

**Виклад основного матеріалу.** Бажання виробників поліпшити якість своєї продукції пояснюється жорсткою конкуренцією на ринку. У зв'язку з цим наявні 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, спрямованих 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 вміння 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 дають змогу 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 поліпшення 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 для управління 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 зі стандартом, їх застосування може допомогти в ро-

зумінні змінюваності (відхилень) і, тим самим, сприяти підприємствам у вирішенні проблем з якості та підвищенні результативності та ефективності їхньої діяльності. Статистичні методи сприяють кращому використанню наявних даних для прийняття рішень, а також можуть допомогти у вимірюванні, описуванні, аналізі та моделюванні цієї змінюваності, навіть за порівняно обмеженої кількості даних. Статистичний аналіз цих даних може допомогти у забезпеченні кращого розуміння природи, масштабу та причин змінюваності, сприяючи вирішенню виробничих проблем та запобіганню проблемам, які можуть виникнути внаслідок цієї змінюваності, а також спонукати до постійного покращення якості продукції.

Основні статистичні методи управління якістю стандартизовані. Огляд статистичних методів, які рекомендують застосовувати, впроваджуючи стандарти 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 найпоширеніших статистичних методів, а саме: описова статистика (1); планування експериментів (2); перевірка гіпотез (3); вимірювальний аналіз (4); аналіз можливостей процесу (5); регресійний аналіз (6); аналіз надійності (7); вибірковий контроль (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 можна виконати завдяки впровадженню на підприємствах статистичних методів. Важливою складовою статистичного управління є здійснення заходів щодо покращення роботи підприємства на кожному етапі виробництва. Це дасть змогу 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. Розділи: 4.1; 5.6.2; 8.1; 8.2.3; 8.4 вимагають здійснення моніторингу, вимірювання, порівняння та аналізування показників якості процесів, однак самі методи не вказуються [12].

У табл. 2 наведено галузі застосування статистичних методів, вказаних у ДСТУ ISO/TR 10017:2005

відповідно до показників якості процесів за ДСТУ ISO 9001:2009. Назви граф відповідають номеру статистичного методу з вищевказаних.

Таблиця 2

**Статистичні методи, які застосовуються в управлінні якістю виробничих процесів**

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

Індексація рядків відповідає таким елементам системи якості відповідно до стандарту ISO 9001:2009: А – аналіз з боку керівництва, який охоплює 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 цих процесів (п.п. 8.4).

**Висновок.** Статистика істотно допомагає вирішувати традиційні інженерні й виробничі проблеми. Вона полегшує обробку, аналіз та використання інформації. Сім основних статистичних методів аналізу допомагають подати дані в зручному для узагальнення та аналізу вигляді. Застосування цих методів дає змогу зробити достовірні й коректні висновки, добитись розуміння у пошуку причин виявлення дефектів, а отже, забезпечити більшу конкретність і ефективність розроблених 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 у вимогах міжнародних стандартів ISO серії 9000.

1. Васильков В.Г. *Організація виробництва: навч. посіб.* – 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.* – 2000. – № 6. – С. 59–62. 8. Векслер Е.М. *Менеджмент якості: ентропійний і статистичний підходи: навч.-метод. посіб.* – К.: Наша справа, 2004. – № 7. – 265 с. 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.*