

# ВИКОРИСТАННЯ СТАТИСТИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПІДТРИМКИ НЕОБХІДНОЇ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ (Огляд)

Ю.К. Бондаренко, Ю.В. Логінова

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: seproz@ukr.net

Для отримання якісної продукції у зварювальному виробництві конструкцій із легких сплавів необхідно знати реальну точність наявного обладнання, визначати відповідність точності обраного технологічного процесу заданої точності виробу, оцінювати стабільність технологічного процесу. Вирішення завдань зазначеного типу проводиться в основному шляхом математичної обробки емпіричних даних, отриманих багаторазовими вимірами або дійсних розмірів виробів, або похибок обробки, або похибки вимірювання. Розглянуті сім нових інструментів контролю якості використовуються для аналізу чисельних даних, що відповідає вимогам TQM (Total Quality Management) – спиратися при прийнятті рішень на операційний аналіз, теорію оптимізації та статистику. Бібліогр. 13, рис. 14.

*Ключові слова:* ризики, неруйнівний контроль, зварні конструкції, зварні шви, персонал, умови виробництва, технологічна документація, система управління якістю

**Вступ.** Якість зварювальної продукції закладається у процесі наукових досліджень, конструкторських і технологічних розробок, забезпечується гарною організацією виробництва та, нарешті, підтримується у процесі експлуатації чи споживання. На всіх цих етапах важливо здійснювати своєчасний контроль і отримувати достовірну оцінку якості продукції. Сучасні виробники намагаються запобігти появі дефектів, ніж усувати їх у готовій продукції. Для того, щоби прийняти правильне рішення, тобто рішення, засноване на фактах, необхідно звернутися до статистичних інструментів, які дозволяють організувати процес пошуку фактів, а саме – статистичного матеріалу. Метод семи інструментів контролю якості застосовують як у виробництві, так і на різних стадіях життєвого циклу продукції. Метою методу є виявлення проблем, що підлягають першочерговому рішенню, на основі контролю чинного процесу, збору, обробки та аналізу отриманого статистичного матеріалу для подальшого покращення якості процесу. Суть методу полягає в тому, що контроль якості – це одна з основних функцій в процесі управління якістю, а збір, обробка та аналіз фактів – найважливіший етап цього процесу. Науковою основою сучасного технічного контролю є математико-статистичні методи. Із безлічі статистичних методів для широкого застосування вибрано лише сім, які зрозумілі та можуть легко застосовуватися фахівцями різного профілю. Вони дозволяють вчасно виявляти та відображати проблеми, встановлювати основні фактори, з яких треба починати діяти, та розподіляти зусилля з метою ефективного вирішення цих проблем.

Впровадження семи методів має починатися з навчання цим методам всіх учасників процесу. Послідовність застосування методів може бути різною залежно від поставленої мети. Ці методи можна розглядати як окремі інструменти і як систему методів. Кожен метод може знаходити своє самостійне застосування залежно від того, до якого класу належить завдання. Сім основних інструментів контролю якості – набір інструментів, які дозволяють полегшити завдання контролю процесів, що протікають, і надати різного роду факти для аналізу, коригування та поліпшення якості процесів.

**Мета роботи** – аналіз значення статистичних методів в управлінні якістю в зварювальному виробництві, семи нових інструментів контролю якості та інших нових методів аналізу, вдосконалення якості шляхом покращення процесу виготовлення продукції або послуг у зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів із використанням неруйнівного контролю та технічної діагностики.

**1. Значення статистичних методів в управлінні якістю у зварювальному виробництві.** Статистичні методи відіграють важливу роль в об'єктивній оцінці кількісних і якісних характеристик процесу, є одним з найважливіших елементів системи забезпечення якості продукції та всього процесу управління якістю у зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів із застосуванням неруйнівного контролю та технічної діагностики.

Існують дві категорії похибок – систематичні та випадкові. У результаті безпосередніх спостережень, вимірювань або реєстрації фактів виходить безліч даних, які утворюють статистичну

сукупність і потребують обробки, що включає систематизацію та класифікацію, розрахунок параметрів, що характеризують цю сукупність, складання таблиць, графіків, які ілюструють процес [1]. На практиці використовують обмежену кількість числових показників, званих параметрами розподілу.

*Сім найпростіших методів статистичного дослідження процесу.* Сучасні статистичні методи є досить складними для сприйняття та широкого практичного використання без поглибленої математичної підготовки всіх учасників процесу. До 1979 р. Союз японських вчених та інженерів (UJSE) зібрав разом 7 досить простих у використанні наочних методів аналізу процесів. При всій своїй простоті вони зберігають зв'язок зі статистикою та дають професіоналам у зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів можливість користуватися їхніми результатами, а за необхідності – вдосконалювати їх [2].

*Причинно-наслідкова діаграма Ісікави.* Дана діаграма є дуже потужним інструментом для аналізу ситуації, отримання інформації про вплив різних факторів на основний процес у зварювальному виробництві. Тут з'являється можливість як виявити чинники, що впливають на процес, так і визначити пріоритетність їхнього впливу [3].

Діаграма типу 5М розглядає такі компоненти якості, як «люди», «обладнання», «матеріал, сировина», «технологія», «управління», а у діаграмі типу 6М до них додається компонент «середовище» (рис. 1).

Що стосується вирішуваної задачі кваліметричного аналізу, то:

– для компоненти «люди» необхідно визначити фактори, пов'язані зі зручністю та безпекою виконання операцій;

– для компоненти «обладнання» – взаємовідносини елементів конструкції виробу, що аналізується між собою, пов'язані з виконанням даної операції;

– для компоненти «технологія» – фактори, пов'язані з продуктивністю і точністю виконуваної операції;

– для компоненти «матеріал» – фактори, пов'язані з відсутністю змін властивостей матеріалів виробу у процесі виконання цієї операції;

– для компоненти «технологія» – фактори, пов'язані з достовірним розпізнаванням помилки процесу виконання операції;

– для компоненти «середовище» – фактори, пов'язані з впливом середовища на виріб та виробу на середовище.

*Аналіз Парето.* Аналіз Парето отримав свою назву на ім'я італійського економіста Вілфредо Парето (1848–1923 рр.), який показав, що більшість капіталу (80 %) перебуває в руках незначної кількості людей (20 %). Парето розробив логарифмічні математичні моделі, що описують цей неоднорідний розподіл, а математик М.О. Лоренц представив графічні ілюстрації, зокрема кумулятивну криву [4]. Правило Парето – універсальний принцип, який застосовується у безлічі ситуацій, і, без сумніву, – у вирішенні проблем якості у зварювальному виробництві конструкцій. Д. Джуран відзначив універсальне застосування принципу Парето до будь-якої групи причин, що викликають той чи інший наслідок, причому більша ча-

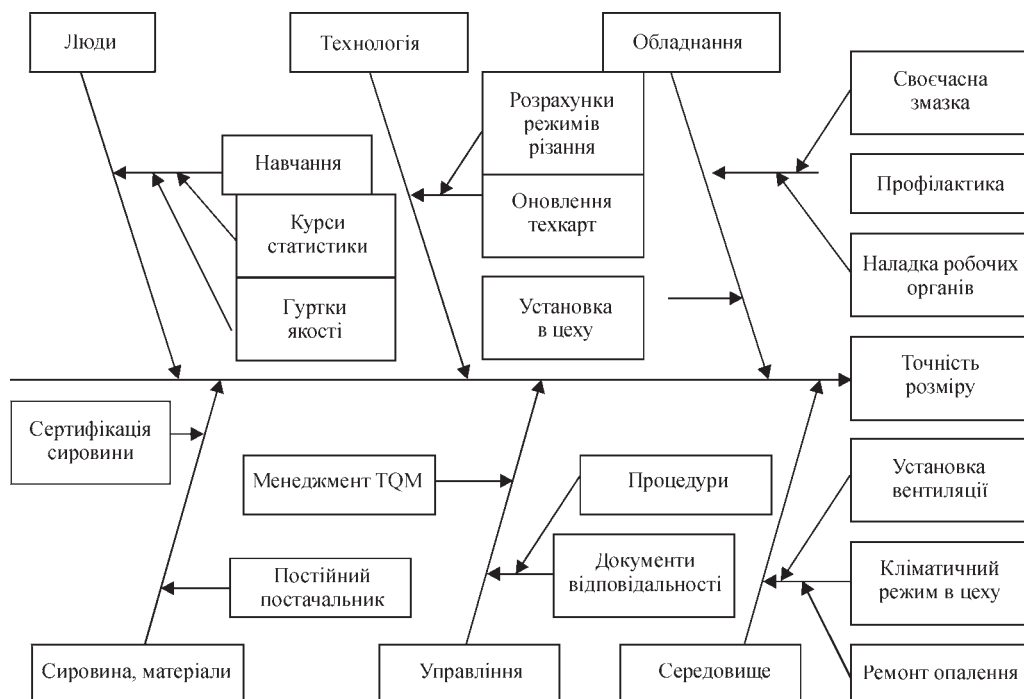


Рис. 1. Причинно-наслідкова діаграма Ісікави [3]

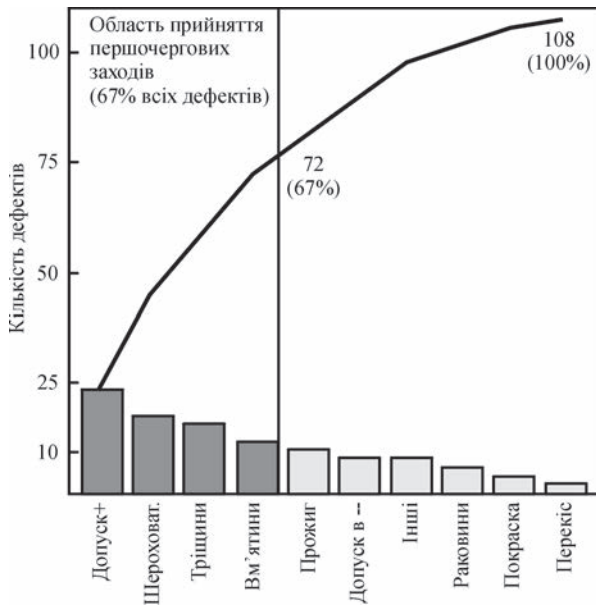


Рис. 2. Діаграма Парето [5]

стина наслідків викликана малою кількістю причин. Аналіз Парето ранжує окремі області за значимістю чи важливістю і закликає виявити та насамперед усунути ті причини, які викликають найбільшу кількість проблем (невідповідностей).

Аналіз Парето, як правило, ілюструється діаграмою Парето (рис. 2, табл. 1), на якій по осі абсцис показано причини виникнення проблем якості у порядку зменшення цих проблем, а по осі ординат – у кількісному вираженні самі проблеми, причому як у чисельному, так і в накопиченому (кумулятивному) відсотковому вираженні [5]. На діаграмі чітко видно область прийняття першочергових заходів, що окреслює причини, які викликають найбільше помилок. Таким чином, насамперед попереджувальні заходи мають бути спрямовані на вирішення саме цих проблем. Виявлення та усунення причин, які спричиняють появу найбільшої кількості дефектів, дозволяє нам, витрачаючи мінімальну кількість ресурсів (гроші, час, люди, матеріальне забезпечення), отримати максимальний ефект у вигляді значного зменшення кількості дефектів у зварювальному виробництві конструкцій.

**Стратифікація.** В основному, стратифікація – процес сортування даних згідно з деякими критеріями чи змінними, результати якого часто показуються у вигляді діаграм та графіків. Ми можемо класифікувати масив даних у різні групи (або категорії) із загальними характеристиками, які називаються змінною стратифікацією. Важливо вста-

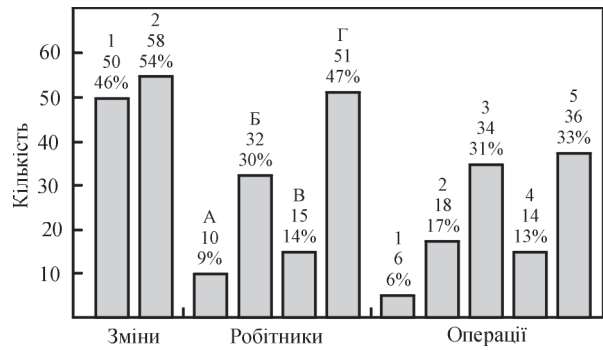


Рис. 3. Приклад аналізу джерела виникнення дефектів [6]

новити, які змінні використовуватимуться для сортування. Стратифікація є основою для інших інструментів, таких, як аналіз Парето або діаграми розсіювання. Таке поєднання інструментів робить їх потужнішими [6].

Візьмемо дані з контрольного листка (табл. 1). На рис. 3 наведено приклад аналізу джерела виникнення дефектів. Усі 108 дефектів (100 %) були класифіковані на 3 категорії – за змінами, робітниками та операціями. З аналізу представлених даних наочно видно, що найбільший внесок у наявність дефектів робить 2-а зміна (54 %) і робочий Г (47%), який працює у цій зміні.

**Гістограма** – інструмент, який дозволяє візуально оцінити розподіл статистичних даних, згрупованих за частотою потрапляння у певний (заздалегідь заданий) інтервал. У класичному варіанті гістограма використовується для визначення проблем за допомогою аналізу форми розкидання значень, центрального значення, його близькості до номіналу, характеру розсіювання (рис. 4).

На рис. 4: *a* – все добре, середнє збігається з номіналом, варіабельність у межах допусків; *b* – слід змістити середнє для збігу з номіналом; *v* – слід зменшити розсіювання; *z* – слід змістити середнє та зменшити розсіювання; *d* – слід значно зменшити розсіювання; *e* – змішано дві партії, слід розбити на дві гістограми та проаналізувати їх; *ж* – аналогічно до попереднього пункту, тільки ситуація більш критична; *з* – необхідно зрозуміти причини такого розподілу, «обривистий» лівий край говорить про якісь дії щодо партій деталей; *i* – аналогічно до попереднього [7].

**Діаграми розкиду.** Діаграми розкиду являють собою графіки, які дозволяють виявити кореляцію (статистичну залежність) між різними факторами, що впливають на показники якості у зварювальному виробництві конструкцій. Діаграма будується по двох координатних осях, де по осі абсцис від-

Таблиця 1. Частка кожного виду дефектів у загальній кількості дефектів, які доводяться на один виріб [5]

Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість дефектів	23	18	17	14	9	7	7	6	4	3
Сума дефектів	23 (21%)	41 (38%)	58 (54%)	72 (67%)	81 (75%)	88 (81%)	95 (88%)	101 (94%)	105 (97%)	108 (100%)

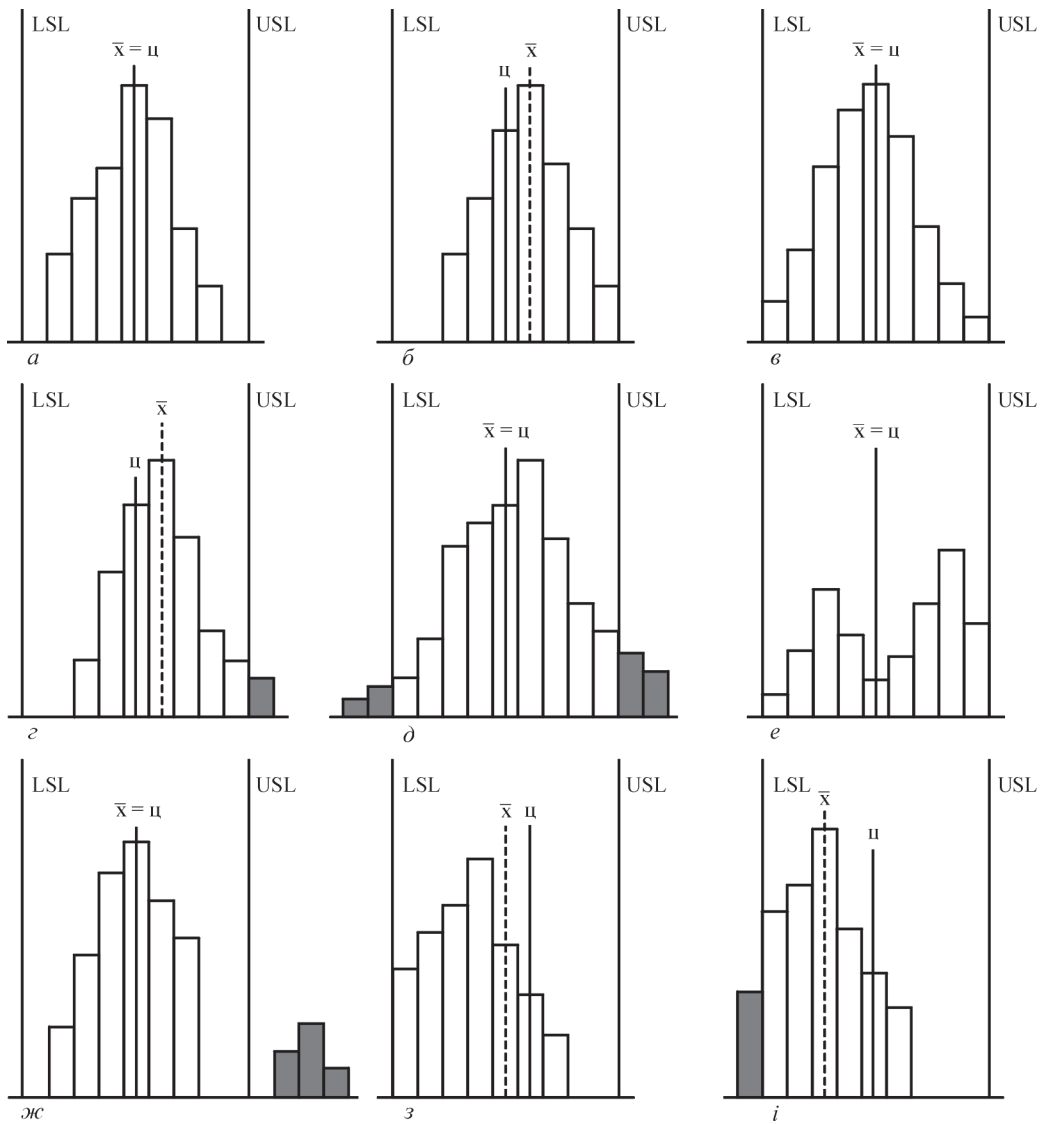


Рис. 4. Варіанти розташування гістограми стосовно технологічного допуску [7]: USL, LSL – верхня та нижня границя поля допуску,  $\mu$  – цільове значення

кладається значення параметра, який змінюється, а по осі ординат – одержуване значення досліджуваного параметра, яке ми маємо у момент використання змінного параметра, і на перетині цих значень ставимо точку. Зібравши досить велику кількість таких точок, ми можемо робити аналіз і висновок. Наведемо приклад. На підприємстві у зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів із застосуванням неруйнівного контролю та технічної діагностики вирішили проводити заняття з основ менеджменту якості. Щомісяця навчання проходило певна кількість робітників. У січні навчання пройшли 2 особи, у лютому 3 особи тощо. Протягом року кількість кваліфікованих працівників зростала і до кінця року досягла 40 осіб. Керівництво дало доручення службі якості відстежити залежність відсотка бездефектної продукції, яка пред'являється з першого разу, кількості рекламцій, які надходять на завод, на продукцію з боку замовників, і витрати електроенергії у цеху від кількості навчених робітників.

Дані по місяцях було занесено в таблицю (табл. 2) і побудовано діаграми розкиду (рис. 5–7). У нашому випадку це пряма лінія. Кількість витраченої електроенергії не має залежності від кількості навчених працівників.

**Контрольні карти.** Контрольні карти – спеціальний вид діаграми, вперше запропонований В. Шухартом у 1924 р. Вони відображають характер зміни показника якості у часі, наприклад, стабільності отримання розміру виробу. По суті контрольні карти показують стабільність технологічного процесу, тобто знаходження середнього значення параметра в інтервалі значень, які допускаються, що складається з верхньої і нижньої межі допуску. Дані цих карт можуть сигналізувати про те, що параметр наближається до межі допуску і необхідно вже приймати запобіжні дії ще до того, як параметр вийде у зону браку. Тобто такий метод контролю дозволяє запобігти появі браку ще на стадії його зародження у зварювальному виробництві [9]. Існує сім основних типів карт:

Таблиця 2. Дані кількості навчених робітників, % бездефектності, кількості рекламаций, витрати енергії по місяцях [8]

Місяці	Кількість навчених робітників	% бездефектності	Кількість рекламаций	Витрата енергії, кВт
січень	2	77	124	146
лютий	5	74	136	138
березень	9	78	120	134
квітень	15	81	115	115
травень	22	85	110	136
червень	26	93	90	140
липень	28	95	82	137
серпень	28	96	63	129
вересень	29	98	59	141
жовтень	33	98	51	129
листопад	35	99	45	137
грудень	40	99	38	153

1. Відхилення середньоквадратичного відхилення середнього значення  $x-S$ .
2. Відхилення розмахів  $x-R$ .
3. Відхилення індивідуальних значень  $x$ .
4. Коливання числа дефектів.
5. Коливання числа дефектів на одиницю продукції  $u$ .
6. Коливання числа дефектних одиниць продукції  $pn$ .

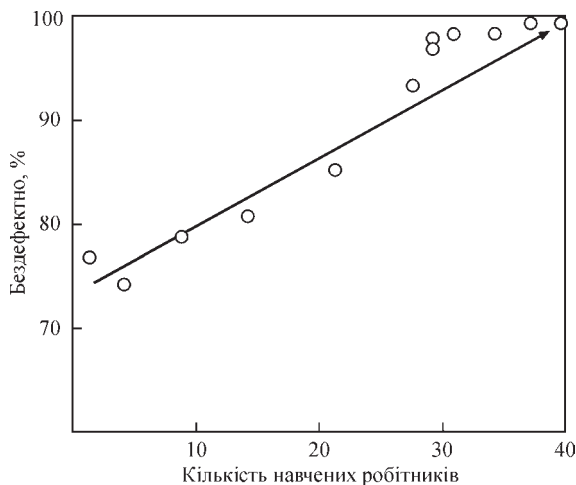


Рис. 5. Залежність відсотку бездефектності від кількості навчених робітників [8]

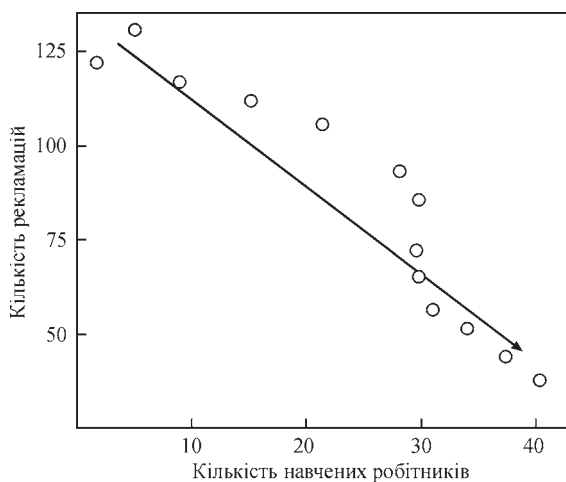


Рис. 6. Залежність кількості рекламаций від кількості навчених робітників [8]

7. Коливання частки дефектної продукції.

Усі карти можна розбити на дві групи. Перша контролює кількісні параметри якості, які становлять безперервні випадкові величини – розміри, маса тощо. Друга – для контролю якісних альтернативних дискретних параметрів (є дефект – немає дефекту) (табл. 3, 4).

Наприклад, карта  $x-S$ . Коливання середнього арифметичного значення, коридор допуску є величиною  $3S$  (для нормального розподілу) або  $tS$  (для розподілу Ст'юдента), де  $S$  – середньоквадратичне відхилення середнього. Середина коридору – середнє арифметичне значення першого виміру. Значення цієї карти найбільш достовірні та об'єктивні. Загальний вигляд контрольної карти показано рис. 8.

**2. Сім нових інструментів контролю якості та інші нові методи аналізу у зварювальному виробництві.** Ці інструменти контролю якості ви-

Таблиця 3. Основні типи контрольних карт [9]

Кarti кількісні			Кarti якісні			
			Число дефектів у вибірці		Число дефектних виробів	
$x-S$	$x-R$	$x$	$C$	$u$	$pn$	$p$
$n$ велике	$n$ мале	$n = 1$	$n$ постійне	$n$ різне	$n$ постійне	$n$ різне

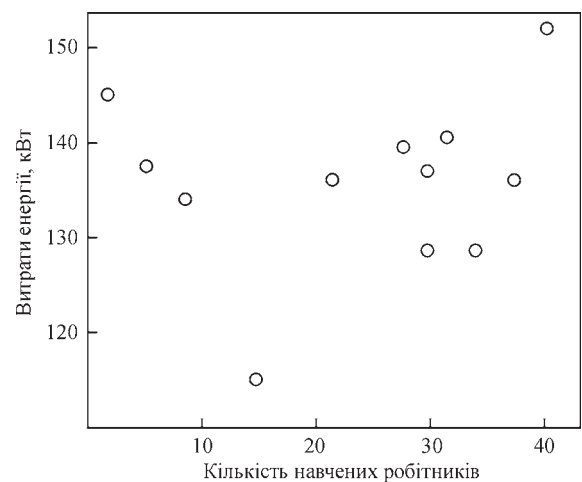


Рис. 7. Залежність кількості витраченої електроенергії від кількості навчених робітників [8]

Таблиця 4. Значення середнього параметра та верхньої і нижньої меж допуску [9]

Карта	Середнє	Верхня границя	Нижня границя
$x - S$	$X_{cp}$	$X_{cp} + tS$	$X_{cp} - tS$
$x - R$	$R_{cp}$	$D3 \cdot R_{cp}$	$D4 \cdot R_{cp}$
$x$	$X_{cp} R_{cp}$	$X_{cp} + 2,66 \cdot R_{cp}$	$X_{cp} - 2,66 \cdot R_{cp}$
$C$	$C_{cp}$	$C_{cp} + 3\sqrt{C_{cp}}$	$C_{cp} - 3\sqrt{C_{cp}}$
$u$	$u_{cp}$	$u_{cp} + 3\sqrt{\frac{u_{cp}}{n_{cp}}}$	$u_{cp} - 3\sqrt{\frac{u_{cp}}{n_{cp}}}$
$pn$	$p_{cp}$	$pn_{cp} + 3\sqrt{pn_{cp}(1 - p_{cp})}$	$pn_{cp} - 3\sqrt{pn_{cp}(1 - p_{cp})}$
$p$	$p_{cp}$	$pn_{cp} + 3\sqrt{\frac{p_{cp}}{n_{cp}}(1 - p_{cp})}$	$pn_{cp} - 3\sqrt{\frac{p_{cp}}{n_{cp}}(1 - p_{cp})}$

користують для аналітичного вирішення проблем, тобто у ситуації, коли дані доступні, і щоби вирішити проблему, їх потрібно проаналізувати. Метою створення цих інструментів було отримання можливості застосування методів контролю якості всім персоналом виробництва на будь-якій ділянці роботи. Сім нових інструментів контролю якості (або сім інструментів управління процесом удосконалення) наступні:

- діаграма родинних зв'язків;
- діаграма взаємин;

- деревоподібна діаграма;
- лінійна діаграма;
- матрична діаграма;
- аналіз матричних даних;
- схема програми процесу вирішення.

Сім нових інструментів контролю якості відносяться до методів обробки головним чином словесних (описових) даних. Застосування цих інструментів є особливо ефективним, коли їх використовують як методи для найповнішої реалізації планів на основі системного підходу в умовах співпраці всього колективу підприємства. Ці інструменти були складено спільноту UJSE [10]. Розглянемо зміст цих методів та можливості їх застосування у зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів.

Діаграма родинних зв'язків – це свого роду форма мозкового штурму. Діаграма використовується як засіб збору даних у результаті обговорення (ідеї, погляди, думки) та групування інформації за природними ознаками взаємин. Це – творчий інструмент (рис. 9).

Діаграма взаємовідношень – розкриває логічні зв'язки та послідовність проходження описуваних факторів. Вона призначена для виявлення логіч-

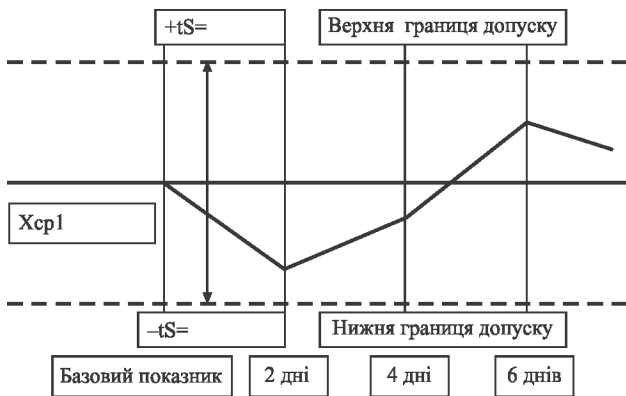


Рис. 8. Загальний вигляд контрольної карти [9]

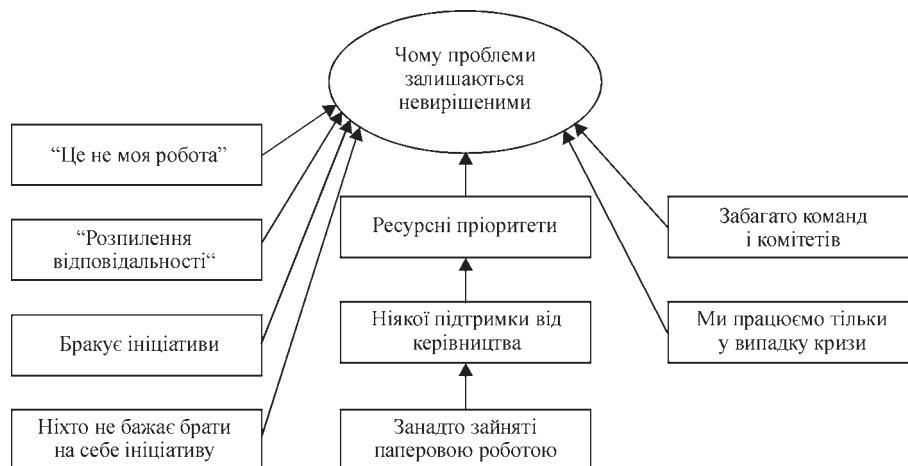


Рис. 9. Діаграма родинних зв'язків [11]



Рис. 10. Діаграма взаємовідношень [11]

них зв'язків між ідеями, згрупованими у діаграмі родинних зв'язків. Це – творчий інструмент, у якому є і логічні аспекти (рис. 10).

*Деревоподібна діаграма* – перешкоджає тенденції стрибкоподібного руху у вирішенні проблеми. Вона використовується для:

- відображення повного переліку видів діяльності, необхідних для досягнення бажаної мети;
- визначення факторів, пов'язаних із проблемою.

Будується у вигляді багатоступінчастої деревоподібної структури, елементами якої є засоби та способи розв'язання (рис. 11).

*Лінійна діаграма* (стрілоподібна діаграма, мережевий графік) – використовується на етапі складання оптимальних планів тих чи інших заходів після того, як:

- визначено проблеми, які потребують вирішення;
- намічено необхідні заходи;
- визначено терміни та намічено хід здійснення запланованих заходів.

За допомогою цього інструменту можна провести аналіз операцій, що повторюються, для підвищення їх ефективності.

*Матрична діаграма* – призначенням цього інструменту є продемонструвати взаємовідносини між завданнями, функціями і характеристиками та оцінити їхню відносну значимість. Ця діаграма є ключовим моментом «Будинку якості». На прикладі оцінюється діяльність компанії «Х» порівняно з двома конкурентами (табл. 5).

*Аналіз матричних даних.* Це єдиний з семи інструментів управління, який призначений для аналізу числових даних. Він потребує статистичних відомостей і наочно подає дані матричної діаграми [11].

*Схема програми процесу розв'язання.* Дана схема застосовується для опису кожної події та непередбачених обставин, які можуть виникнути на шляху проходження від констатації проблеми до її вирішення (рис. 12).

Методи забезпечення високої якості технічного обслуговування (ТО) у кожній організації з технічного обслуговування (ОТО) застосовуються свої, але, незалежно від статусу, відомчої підпорядкованості та форми власності підприємства, у кожному з них створюється система управління і забезпечення якості ТО (скорочено «Система управління якістю» – СУЯ ТО). Вона являє собою

Таблиця 5. Результат дослідження думки споживачів [10] (показники виведені за десятибальною системою)

Вимоги споживача	Конкурент 1	Конкурент 2	Компанія «Х»
Гнучкі терміни постачання	7	6	3
Продукція без дефектів	8	5	3
Ефективна система роботи з рекламациями	9	6	2

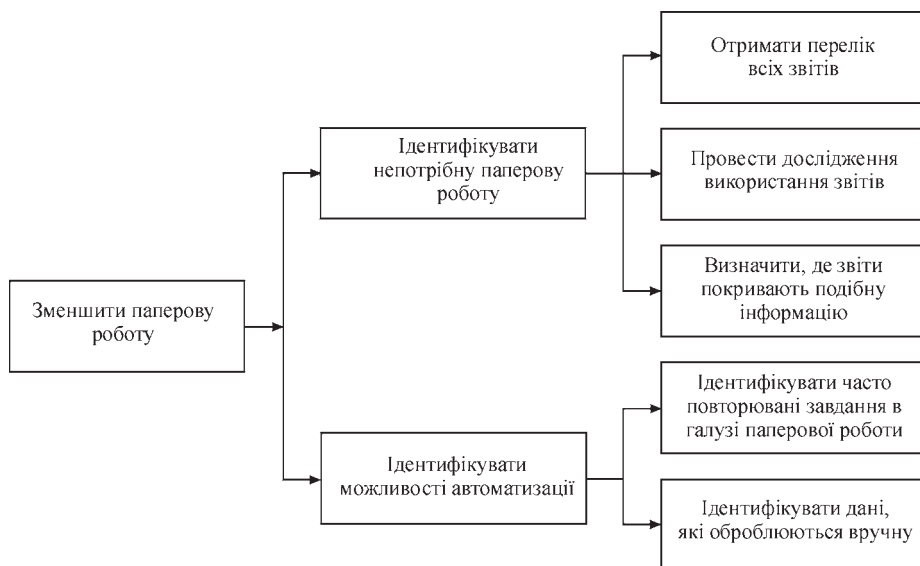


Рис. 11. Деревоподібна діаграма [11]

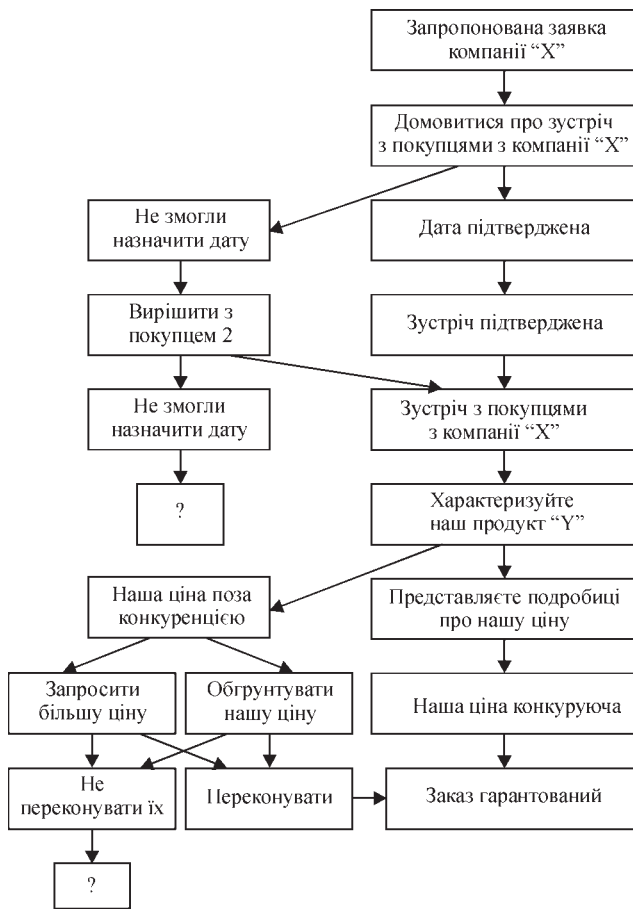


Рис. 12. Схема програми процесу вирішення, який описує, як забезпечити вигравш замовлення [12]

сукупність організаційної та виробничої структури організації з ТО, де розподілені повноваження і відповідальність щодо забезпечення потрібного рівня якості ТО, а також процесів і ресурсів, необхідних для здійснення політики організації у галузі якості технічного обслуговування, наприклад, авіаційної техніки (ТО АТ). Перелік і послідовність виконання робіт щодо створення, впровадження та функціонування СУЯ організації з ТО АТ є аналогічними тим, які застосовуються в авіакомпаніях та аеропортах. Організації з технічного обслуговування необхідно визначити бізнес-процеси та розробити їх організаційно-технологічні схеми (блок-схеми, карти). Розробка організаційно-технологічних схем супроводжується аналізом існуючої системи управління та внесенням, у разі необхідності, змін у виробничий процес і в організаційну структуру відповідно до вимог ISO 9001:2015. Приклад карти процесу СУЯ «Виконувати роботи з ТОіР АТ» наведено на рис. 13.

СУЯ ОТО охоплює всі стадії виробничого процесу ТО: матеріально-технічне забезпечення, розробку виробничих процесів; виконання всіх технологічних операцій; контроль стану АТ і якості її ТО; метрологічне забезпечення; забезпечення та аналіз надійності АТ; здавання АТ у ремонт і приймання її від ремонтних підприємств; освоєння нової техніки; розміщення, зберігання, транспортування та охорону АТ.

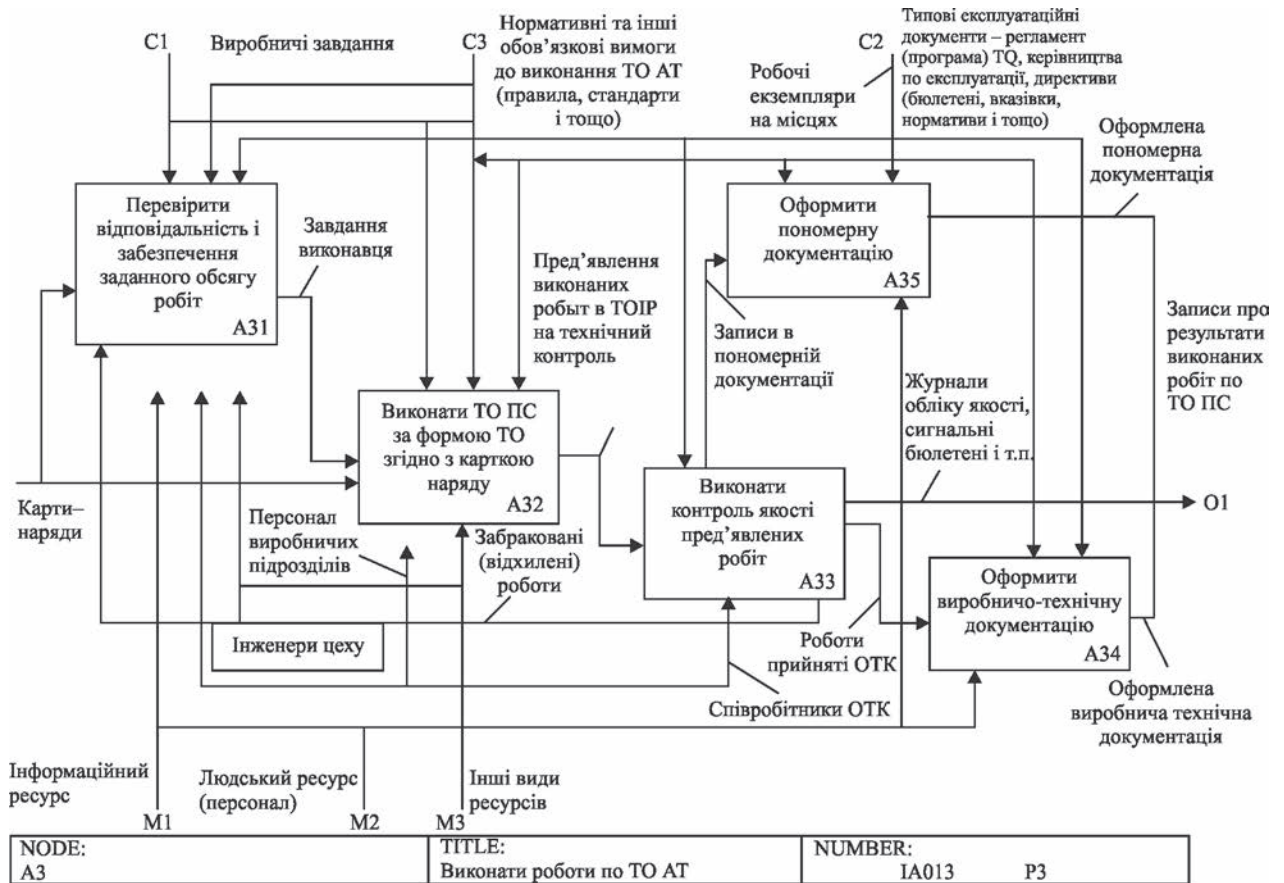


Рис. 13. Карта процесу СУЯ «Виконувати роботи з ТОіР АТ» [13]



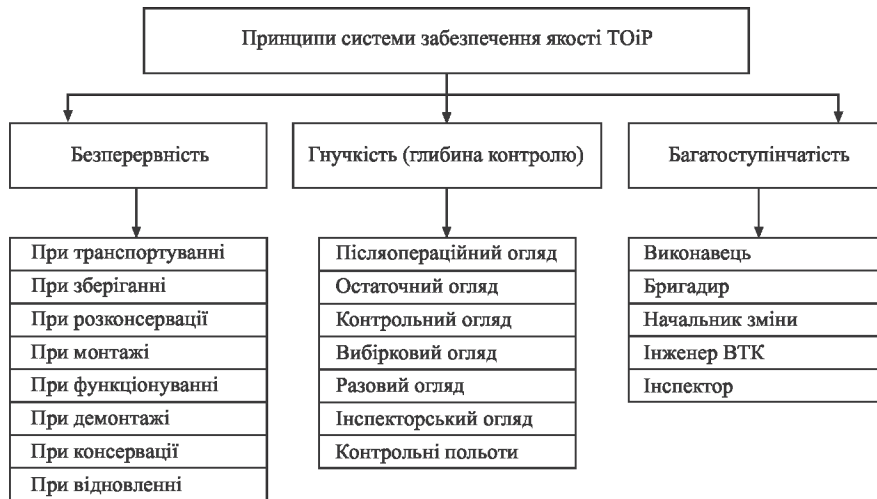


Рис. 14. Принципи системи забезпечення якості ТОiP [13]

Основні принципи забезпечення якості показано на рис. 14. Загальне керівництво СУЯ ТО здійснює начальник ОТО, який визначає політику у галузі якості ТО АТ і забезпечує її погодженість з іншими напрямками діяльності авіапідприємства; розподіляє фінансові, матеріальні та інші ресурси підприємства; визначає відповідальність і повноваження підрозділів організації і службових осіб у галузі якості АТ; особисто бере участь у періодичних перевірках якості ТО в усіх підрозділах організації.

Заступником начальника з якості є начальник ВТК. У деяких ОТО може бути організовано службу управління якістю, до складу якої входять і ВТК. У цьому випадку заступником начальника з якості є директор управління якістю. Заступник начальника з якості забезпечує загальне керівництво з якості ТО; збір, узагальнення та аналіз інформації про якість ТО АТ; розробку заходів з підвищення якості; розробку коригувальних впливів при появі відхилень від заданих норм і контроль за їх виконанням; підготовку СУЯ ТО до сертифікації в організації з ТО. При цьому він організує і контролює доведення політики організації у галузі якості ТО до кожного робітника; розробку, впровадження і контроль за функціонуванням СУЯ ТО, що забезпечує реалізацію політики з якості; перевірку, аналіз ефективності СУЯ та її удосконалення; діяльність підрозділів організації у галузі якості ТО АТ; рекламаційно-претензійну роботу та здійснення взаємозв'язку з постачальниками з питань стабільного забезпечення якісним обладнанням і авіаційно-технічним майном; роботу з аналізу витрат та економіки якості ТО АТ.

Виняткове право скасовувати рішення заступника начальника з якості надається тільки начальнику організації. Заступник начальника з якості є членом Ради з безпеки польотів і має право контролювати якість матеріалів і роботи підрозділів підприємства, що не входять у структуру органі-

зації з ТО, якщо ці роботи впливають на якість ТО АТ і БзП, а також надавати пропозиції керівництву з питань якості ТО.

### Висновки

1. Існує сім інструментів управління якістю.
2. Діаграма зв'язку виділяє центральну проблему і визначає її зв'язки з факторами, які на неї впливають.
3. Деревоподібна діаграма розбиває завдання на базові елементи та показує логіку і послідовність зв'язків між ними.
4. Матриця пріоритетів або матричний аналіз даних перегрупує інформацію, представлена в матричній діаграмі, таким чином, щоби підкреслити силу кореляційного зв'язку між змінними.
5. Діаграма процесу виконання програми показує події та можливі варіанти на шляху від постановки задачі до її вирішення.
6. Розгортання функції якості поєднує у собі матричні діаграми і матричний аналіз. Діаграма, яка при цьому отримується, називається «Будинком якості» або розгортанням «Функції Якості».

### Список літератури

1. Аскарів Е.С. (2007) *Управление качеством. Учебное пособие*. Изд-во 2. Алматы, Pro service.
2. Имаи М. Кайдзен (2004) *Ключ к успеху японских компаний*. Москва, Альпина Бизнес Букс.
3. Пономарев С.В., Мищенко В.Я. (2005) *Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества*. Москва, РИА «Стандарты и качество».
4. Уилер Д., Чамберс Д. (2021) *Статистическое управление процессами*. Москва, Альпина Паблишер.
5. ДСТУ ISO 9001:2015 *Системы управления качеством. Требования* (ISO 9001:2015, IDT).
6. Глудкин О.П., Горбунов Н.М., Гуров А.И., Зорин Ю.В. (1999) *Всёобщее Управление качеством: Учебник для вузов*. Глудкин О.П. (ред.). Москва, Радио и связь.
7. (2000) *Управление качеством: Т.2. Принципы и методы всеобщего руководства качеством. Основы обеспечения качества*. Под общей редакцией Азарова В.Н. Москва, МГИЭМ (ISBN 5-8125-0085-1).
8. Ван дер Вейк Г. (1999) *Бенчмаркинг. Управление наукой в странах УС*. Т.3. Москва, Наука.

9. Потап'євський А.Г., Бондаренко Ю.К., Логінова Ю.В., Артюх К.О. (2019) Аналіз ризиків на технічну безпеку джерел живлення та зварних конструкцій з використанням НК і ТД для виробництва. *Технічна діагностика та неруйнівний контроль*, 4, 58–66. DOI: <https://doi.org/10.15407/tdnk2019.04.07>
10. Бондаренко Ю.К., Ковальчук О.В., Логінова Ю.В. (2020) Дослідження впливу джерел ризиків на технічну безпеку зварних конструкцій при експлуатації при впровадженні стандарту ДСТУ ISO 9001:2015. *20-та Міжнародна науково-практична конференція з діючими семінарами «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика» (КСК-20), м. Одеса, 2020 р.*
11. Бондаренко Ю.К., Логінова Ю.В. (2022) Вдосконалення якості шляхом покращення процесу виготовлення продукції або послуг в зварювальному виробництві конструкцій з легких сплавів. *Сварщик*, 1, 34–45.
12. Бондаренко Ю.К., Ковальчук О.В., Логінова Ю.В. (2020) Исследование влияния источников рисков на техническую безопасность сварных конструкций при эксплуатации и внедрении стандарта ДСТУ ISO 9001:2015. *Там же*, 5, 41–48.
13. Радько О.В., Мельник В.Б. (2020) *Процеси та системи управління якістю в авіації. Навч. посібник*. Київ, НАУ.
5. DSTU ISO 9001:2015 *Quality management systems. Requirements* (ISO 9001:2015, IDT) [in Russian].
6. Gludkin, O.P., Gorbunov, N.M., Gurov, A.I., Zorin, Yu.V. (1999) *Total quality management: Manual for higher education inst.* Ed. by O.P. Gludkin. Moscow, Radio i Svyaz [in Russian].
7. (2000) *Quality management. Vol. 2: Principles and methods of total quality management. Fundamentals of quality assurance.* Ed. by V.N. Azarov. Moscow, MGIEM (ISBN 5-8125-0085-1).
8. Van der Veik, G. (1999) *Benchmarking. Science management in EU countries.* Vol. 3. Moscow, Nauka.
9. Potapievskiy, A.G., Bondarenko, Yu.K., Loginova, Yu.V., Artyukh, K.O. (2019) Analysis of risks for technical safety of power sources and welded structures with application of NDT&TD for production. *Tekh. Diagnost. ta Neruiniv. Kontrol*, 4, 58–65 [in Ukrainian]. DOI:<https://doi.org/10.15407/tdnk2019.04.07>
10. Bondarenko, Yu.K., Kovalchuk, O.V., Loginova, Yu.V. (2020) Investigation of the impact of risk sources on the technical safety of welded structures during operation in the implementation of the standard DSTU ISO 9001: 2015. *In: Proc. of 20th Int. Sci.-Pract. Conf. on Quality, Standardization, Control: Theory and Practice (Odesa, Ukraine, 2020)* [in Ukrainian].
11. Bondarenko, Yu.K., Loginova, Yu.V. (2022) Improvement of quality by means of optimization of manufacturing process of products or services in welding production of light alloy structures. *Svarshchik*, 1, 34–45 [in Ukrainian].
12. Bondarenko, Yu.K., Kovalchuk, O.V., Loginova, Yu.V. (2020) Investigation of the impact of risk sources on the technical safety of welded structures during operation in the implementation of the standard DSTU ISO 9001: 2015. *Ibid*, 5, 41–48 [in Russian].
13. Radko, O.V., Melnik, V.B. (2020) *Processes and quality management systems in aviation: Manual*. Kyiv, NAU [in Ukrainian].

**References**

**USE OF STATISTICAL METHODS TO SUPPORT THE REQUIRED QUALITY OF WELDED PRODUCTS (Review)**

Yu.K. Bondarenko, Yu.V. Loginova

E.O. Paton Electric Welding Institute of NASU, 11 Kazymyr Malevych str., 03150, Kyiv, Ukraine. E-mail: seproz@ukr.net

To obtain quality products in welding industry of light alloy structures, it is necessary to know the real accuracy of the existing equipment, determine the correspondence of the selected technological process to the specified accuracy of the product, and assess the stability of the technological process. The mentioned type of problems is solved, mainly, by mathematical processing of empirical data, obtained by multiple measurements or actual product dimensions, or processing errors, or measurement error. The considered seven new quality control tools are used for analysis of numerical data that corresponds to the requirements of TQM (Total Quality Management) – to rely on operational analysis, optimization theory and statistics, when making decisions. 13 Ref., 17 Fig.

*Keywords: risks, nondestructive testing, welded structures, welds, personnel, manufacturer's terms, technological documentation, quality control system*

Надійшла до редакції 18.03.2022 р.

**НОВА КНИГА**



*Недосєка А.Я., Недосєка С.А.*

Основи розрахунку і діагностики зварних конструкцій. Глава 7. Більш складні питання теорії – К.: Видавництво «ІНДПРОМ», 2021. – 94 с., 62 рис., 3 табл.

Сьома глава підводить підсумок досліджень авторів в області застосування АЕ технології при оцінці стану конструкцій. У ній сформульовано і зосереджено основні наукові гіпотези та досягнення авторів. Наведені матеріали є складнішими в освоєнні і при використанні в розрахунках і практиці контролю потребують підвищеної уваги. Останній параграф глави присвячено прикладу практичного використання розробленої методики при діагностуванні двох великогабаритних посудин, що показав цілком задовільні результати.

Книга призначена для студентів, аспірантів і викладачів машинобудівних спеціальностей вузів, для спеціалістів, які проходять перепідготовку на курсах підвищення кваліфікації за напрямом «Технічна діагностика», а також для інженерів підприємств і організацій, які працюють у галузі контролю та діагностики конструкцій.

ISBN 966-95315-1-4