

УДК 654.07:517.9

Л.М. Віткін<sup>1</sup>, В.У. Ігнаткін<sup>2</sup>, В.А. Литвиненко<sup>2</sup>, О.І. Білий<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Держспоживстандарт України, Київ

<sup>2</sup>Дніпродзержинський державний технічний університет, Дніпродзержинськ

## МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ КОНТРОЛЬОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ У ПРОЦЕСІ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

*У роботі розглянуто роль та висвітлено основні задачі метрологічної експертизи технічної документації при організації операцій контролю якості. Запропоновано методика та процедуру оптимізації контрольованих параметрів шляхом виключення неінформативних параметрів з застосуванням ймовірносних методів та методів функціонального аналізу.*

**Ключеві слова:** метрологічна експертиза, контроль якості, неінформативні параметри.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Одним з найважливіших напрямів у підвищенні якості продукції є проведення метрологічної експертизи нормативно-технічної, конструкторської і технологічної документації.

При технологічній підготовці виробництва не завжди приділяють належну увагу визначенню параметрів, що підлягають вимірюванню, вибору ЗВТ для контролю і управління технологічними процесами, ефективності використання ЗВТ і ін.

Відсутність на робочих місцях, де параметри технологічних процесів і продукції підлягають контролю, необхідних ЗВТ з вини розробника технічної документації, недостатня ефективність закладених розробником методів вимірювань, приводять до випуску продукції з відхиленням від вимог стандартів і технічних умов. Попередити ці недоліки покликано проведення метрологічної експертизи технічної документації на стадіях її розроблення.

Своєчасно проведена метрологічна експертиза дозволяє виключити можливість помилок в процесі підготовки виробництва, скоротити терміни підгото-

вки документації до виробництва, гарантувати випуск якісної продукції, підвищити ефективність вимірювань, їх точність і достовірність, сприяє застосуванню уніфікованих і автоматизованих ЗВТ і дає значний економічний ефект. Метрологічна експертиза не зводиться до пасивної перевірки документації, вона припускає комплексний підхід до вирішення задач метрологічного забезпечення розроблення, виробництва і експлуатації продукції. За наслідками експертизи до креслень виробів, до технологічних процесів вносять зміни, посилюють допуски на виготовлення, розробляють і виготовляють спеціальні засоби контролю, проектують і виготовляють вимірювальне оснащення. Метрологічна експертиза конструкторської і технологічної документації – це аналіз та оцінка технічних рішень щодо вибору параметрів, які підлягають вимірюванню, встановлення норм точності і забезпечення методами та засобами вимірювань процесів розроблення, виготовлення, випробування, експлуатації та ремонту виробів.

Метрологічну експертизу не слід плутати з метрологічним контролем, який зводиться лише до пере-

вірки метрологічних правил, норм і вимог, встановлених у нормативних документах (наприклад, перевірка вірності найменувань і позначень фізичних величин).

Метрологічна експертиза не є принципово новим видом діяльності. До обов'язків безпосередніх розробників документації, а також керівників відповідних підрозділів і раніше входила експертиза вірності ухвалюваних рішень з огляду на можливість і достовірності вимірювань. Проте, підвищення рівня вимог до метрологічного забезпечення приводить до необхідності проведення такої перевірки спеціально підготовленими метрологами-експертами.

Метрологічна експертиза – частина робіт з метрологічного забезпечення підготовки виробництва і може бути частиною експертизи проектів технічної документації, номенклатури вимірювальних параметрів й оптимальної точності їх вимірювань з метою забезпечення ефективності та достовірності контролю якості й взаємозамінності. Номенклатура вимірювальних параметрів і норм точності вимірювань визначає два найважливіших показника: достовірність контролю та його трудомісткість. Нерідко розробники та технологи намагаються йти шляхом максимального контролю режимів технологічного процесу устаткування й інструменту, не беручи до уваги трудомісткість вимірювальних процесів. Натомість, цей чинник є досить істотним. У середньому трудомісткість контрольно-вимірювальних операцій складає приблизно 10% від загальної трудомісткості виготовлення виробів, а у певних галузях – значно вище.

**Формулювання цілі статі.** При проведенні метрологічної експертизи необхідно ретельно проаналізувати номенклатуру вимірювальних параметрів, встановити можливі кореляційні зв'язки між ними, а також визначити параметри, які можна не вимірювати (обмежитися їх індикацією, або взагалі не контролювати). Надано загальну методику щодо оптимізації номенклатури контрольованих параметрів.

### **Викладення основного матеріалу**

Недоліком багатьох документів, які перевіряють в процесі експертизи, є відсутність встановлених норм точності як для параметрів, які контролюють на завершальній стадії виробництва, так і для параметрів технологічних процесів. Обґрунтованість встановлених норм точності необхідно з'ясувати в першу чергу, якщо контроль ускладнюється, або вимагає застосування складних, дорогих ЗВТ і операторів високої кваліфікації. Так, при проведенні метрологічної експертизи креслень експерт може поставити питання про заміну способу встановлення допуску. У всіх документах, що перевіряють, встановлюють вірність форми запису вимірювальних параметрів. Кожен нормований параметр може бути заданий або номінальним значенням з допустимим відхиленням, граничними значеннями, максималь-

ним або мінімальним значенням. Більш прийнятною формою запису є перша. У двох інших випадках експерт повинен вимагати визначення похибки вимірювань з відповідним допуском. При цьому, якщо обмежене максимальне значення, то вимірювальна величина не повинна перевищувати задане значення за вирахуванням похибки вимірювань; якщо ж обмежене мінімальне значення, то вимірювана величина не повинна бути меншою суми заданого значення величини і похибки вимірювань. Межі самої допустимої похибки, повинні бути виражені або в абсолютних значеннях (у одиницях вимірюваної величини), або у відсотках або відносних значеннях. Норму запису вимірювальних параметрів доцільно вказувати в стандарті підприємства.

Не менш важливою задачею метрологічної експертизи є встановлення повноти і вірності вимог до ЗВТ (зокрема до нестандартизованих) і до методик виконання вимірювань. Засоби вимірювальної техніки і методики виконання вимірювань необхідно визначати з урахуванням похибок вимірювань.

Експерт повинен переконатися у тому, що вимоги до методик виконання вимірювань (МВВ) у документації сформульовані правильно. При цьому перевага надається стандартизованим або атестованим МВВ. При проведенні метрологічної експертизи може бути вказано на необхідність атестації МВВ.

При експертизі більшості технологічних і певних конструкторських документів дуже важливим є встановлення того, чи правильно обрано ЗВТ за показниками точності, а також чи забезпечують вони необхідну продуктивність контрольно-вимірювальних операцій. Серійні засоби вимірювальної техніки повинні пройти державні випробування, бути внесені до Держреєстру та випускатися промисловістю. Експерту необхідно перевірити це, використовуючи інформацію Держреєстру і каталоги заводів-виробників.

Обрані ЗВТ повинні бути на підприємстві (або передбачене їх придбання). Вони повинні бути забезпечені відомчою або державною перевіркою.

При оцінці нестандартизованих ЗВТ встановлюють, чи немає можливості їх заміни на ЗВТ, які серійно випускаються.

У подальшому перевіряють правильність посилань на стандартизовані або атестовані МВВ, необхідність включення додаткових вказівок (кількість вимірювальних зразків, температуру, час витримки тощо). Це ж відноситься до державних стандартів і інших НТД, що регламентують вимоги до методів випробувань, перевірки.

Експерт повинен перевірити також правильність позначення ЗВТ. Для серійних ЗВТ повинен бути вказаний номер державного стандарту і позначення ЗВТ за стандартом. Номери стандартів, на які посилаються при виборі ЗВТ, необхідно перевіряти.

Ще однією задачею експертизи є оцінка того, чи дозволяє конструкція виробу контролювати не-

обхідні параметри в процесі виготовлення, випробування, експлуатації і ремонту виробів. Це основна задача метрологічної експертизи креслень. При її вирішенні експерт повинен не тільки визначити придатні для контролю розміри (важкодосяжні внутрішні діаметри, канавки, уступи), але і розміри, вимірювання яких вимагає застосування нестандартизованих ЗВТ. У деяких випадках незначна зміна конструкції може дозволити застосувати для контролю ЗВТ, який серійно випускається.

За великого обсягу вимірювальної інформації експерт повинен визначити доцільність оброблення результатів вимірювань на ЕОМ. У цьому випадку перевіряють наявність стандартних або спеціальних програм оброблення на відповідність їх вимогам, які встановлено для оброблення результатів вимірювань, а також до форм представлення результатів вимірювань.

У зв'язку з переходом на Міжнародну систему одиниць (SI) важливою задачею експерта є встановлення правильності найменувань і позначень фізичних величин та їх одиниць.

Експерт повинен ретельно перевірити правильність метрологічної термінології. Часто зустрічається невірне вживання термінів "точність" замість "похибка", "помилка вимірювань" замість "похибки вимірювань", "еталон" замість "зразок", дуже поширено застосування nereкомендованого терміну "замір".

Задачею метрологічної експертизи є також перевірка правильності вказівок щодо проведення вимірювань для забезпечення безпеки праці.

Починаючи метрологічну експертизу на підприємствах, перш за все, необхідно встановити номенклатуру виробів, при розробленні яких проводиться метрологічна експертиза. Ці вироби можуть бути визначені відповідними профільними міністерствами або за їх дорученням головними та базовими організаціями метрологічної служби у відповідних наказах, планах.

У конструкторській і технологічній документації ряду виробів використовуються однотипні технічні рішення, пов'язані з метрологічним забезпеченням (методи і засоби вимірювань, норми точності вимірювань тощо), тому метрологічна експертиза документації на такі вироби повинна проводитися неформально. При встановленні номенклатури документів, які доцільно, в першу чергу, експертувати, слід враховувати результати аналізу стану вимірювань в галузі, дані державного нагляду і відомчого контролю за метрологічним забезпеченням виробництва, результати аналізу причин браку у виробництві.

У першу чергу, слід проводити експертизу документації на щойно виготовлені вироби (у цьому випадку це один з етапів метрологічного забезпечення підготовки виробництва), на експортну продукцію і на вироби, що мають значну кількість рек-

ламацій.

При розробці галузевих документів або документів підприємства, що регламентують організацію і порядок проведення метрологічної експертизи, слід враховувати, що підприємства мають право проводити метрологічну експертизу конструкторської і технологічної документації, яка надійшла від інших організацій і підприємств.

З урахуванням специфіки конкретної галузі слід встановити стадії розробки документації, на яких проводитиметься експертиза.

**Технічне завдання.** На цій стадії встановлюють основне призначення, технічні і тактико-технічні характеристики, показники якості і техніко-економічні вимоги, що пред'являються до виробу, а також виконання необхідних стадій розроблення конструкторської документації, її склад і спеціальні вимоги до виробу, необхідність етапу "технічні пропозиції".

**Технічна пропозиція.** На цій стадії розробляють конструкторські документи, які повинні містити технічні і техніко-економічні обґрунтування доцільності розробки документації виробу на підставі аналізу технічного завдання замовника і різних варіантів можливих рішень виробів.

**Ескізний проект.** На цій стадії в конструкторські документи внесені принципові конструкторські рішення, що дають загальні уявлення про виріб і принцип його роботи, а також дані, що визначають призначення, основні параметри і габаритні розміри виробу.

**Технічний проект,** що є сукупністю конструкторських документів і макетів, які повинні містити остаточні технічні рішення, що дають повне уявлення про пристрій виробу та початкові дані для розробки робочої документації.

**Конструкторська документація** розробляється для дослідного зразка (партії) виробу, призначеного для серійного (масового) або одиничного виробництва (окрім разового виготовлення).

Проводити метрологічну експертизу на всіх перерахованих етапах, як правило, недоцільно, і у кожному випадку необхідно знайти оптимальний варіант. Слід мати на увазі, що метрологічну експертизу документації на ЗВТ треба проводити на стадії технічного завдання. При розробці інших виробів оптимальним є проведення метрологічної експертизи на ранніх стадіях розробки документації, коли ухвалюються принципово конструктивні рішення, від правильності вибору яких багато в чому залежить можливість і економічність метрологічного забезпечення виробництва і експлуатації виробів. Витрати на експертизу при проектуванні виробів компенсуються скороченням витрат на розроблення неоптимальних варіантів, перероблення конструкції, переобладнання виробництва тощо.

Метрологічній експертизі рекомендується надавати такі види документів. Конструкторські: креслення деталей, складальне, габаритне і монтажне креслення, записку пояснення, технічні умови, програму і методику випробувань, розрахунок, експлуатаційні і ремонтні документи. Технологічні: маршрутну і операційну карти, карту ескізів, технологічні інструкції, карту технологічного (типового) процесу, карту типової операції, технологічний регламент.

Експертизі можна надавати й інші документи, наприклад, методики виконання вимірювань, науково-технічні звіти, сповіщення про зміни документації, в яких встановлено норми точності або містяться відомості про методи і засоби вимірювань, карти технічного рівня і якості продукції і т.ін.

Конкретні види конструкторських і технологічних документів, підлягаючи експертизі або контролю, повинні бути встановлені залежно від виду виробів і характеру виробництва в галузевих стандартах, стандартах підприємства і наказах підприємства (організації). Як правило, метрологічній експертизі піддають технічні умови, програми і методики випробувань, креслення, інструкції і карти технологічних процесів, а також деякі види експлуатаційних і ремонтних документів.

При організації метрологічної експертизи важливо правильно встановити підрозділ підприємства (організації), на яке буде покладено проведення даної роботи. Експертизу конструкторської і технологічної документації повинні здійснювати підрозділи метрологічної служби підприємств (організацій), конструкторські, технологічні та інші підрозділи, які розробляють документацію, а також служби стандартизації під методичним керівництвом метрологів.

Залежно від специфіки галузі підприємства цю задачу вирішують по-різному. Найчастіше метрологічну експертизу здійснюють силами метрологічної служби підприємства або сторонньої компетентної організації. Така форма проведення метрологічної експертизи підвищує авторитет метрологічної служби на підприємстві та дозволяє накопичувати і обробляти дані про конструкторські рішення і їх метрологічне забезпечення як у виробництві, так і при експлуатації, про атестовані методики контролю і випробувань та ін.

У ряді галузей метрологічну експертизу технічної документації виконують фахівці тих підрозділів, де її розробляють (при цьому метрологічна служба здійснює контроль і методичне керівництво проведенням експертизи). Експертів призначають (уповноважують) наказами підприємства, їх діяльність повинна бути регламентована стандартом підприємства або відповідною інструкцією (положенням). Такий порядок доцільний за великих обсягів документації, що експертується, при невеликій чисельності працівників метрологічної служби підпри-

ємства, а також, якщо документація не підлягає передачі до інших підрозділів. У останньому випадку відділ головного метролога також може проводити метрологічну експертизу технічної документації на особливо відповідальні вироби і на нестандартизовані ЗВТ, які розробляються на підприємстві. В окремих випадках конструкторська і технологічна документація на нестандартизовані ЗВТ, а також технічні завдання підлягають метрологічній експертизі у метрологічних організаціях Держспоживстандарту України.

Своєчасність планування метрологічної експертизи виконує важливу роль. Причому можуть бути складені або окремі плани проведення експертизи, або вона передбачається в планах розроблення документації (з вказівкою термінів і осіб, які проводять експертизу).

У разі окремого планування конструкторські і технологічні підрозділи подають в метрологічну службу пропозиції стосовно переліку найважливішої технічної документації, належної метрологічної експертизи з обґрунтуванням її необхідності. Ці пропозиції приймають та складають річний графік проведення метрологічної експертизи, який затверджує керівництво підприємства.

У графіку повинні бути вказані: тип виробу (продукції), вид документації, етапи її розроблення, підрозділ, що представляє документацію на експертизу, термін її надання, терміни проведення експертизи з урахуванням цінності, складності, обсягу та інших особливостей документації.

Відповідальність за повноту і своєчасність представлення документів на експертизу покладається на керівників підрозділів-розробників документації.

Облік документації, що пройшла метрологічну експертизу, а також зауваження за її результатами, ведуть у спеціальних журналах (рекомендуються окремі журнали для конструкторської і технологічної документації). У журналах вказують найменування і позначення виробу, комплект документів, найменування відділу (організації) - розробника, дату її візування, посаду і прізвище експерта, а також результат експертизи. До журналу може бути доданий список зауважень та пропозицій експерта. Експерт може вносити до перевірених документів спеціальні відмітки про помічені помилки. Ці нотатки зберігаються до підписання оригіналів і знімаються експертом при візуванні документації.

Конструкторську та технологічну документацію, яка пройшла метрологічну експертизу без зауважень (або відкореговану документацію), експерт візує на полі для підшивання першого або головного листа документації.

Результати метрологічної експертизи, за якими потрібне оформлення змін до технічної документа-

ції або розроблення заходів щодо підвищення ефективності метрологічного забезпечення, а також результати метрологічної експертизи технічної документації, що надійшла від інших організацій та підприємств, мають міститись в експертному висновку.

Метрологічна служба або метролог щорічно здійснює систематизацію підсумків метрологічної експертизи, аналіз впливу робіт на техніко-економічний ефект діяльності підприємства, науково-технічний рівень розробленої та виданої технічної документації. Узагальнені дані оформляють у вигляді звіту про заходи щодо подальшого вдосконалення метрологічного забезпечення виробництва, НДР і ДКР. Реалізація особливо важливих заходів, розроблених на основі аналізу, здійснюється у відповідності з наказом керівництва підприємства.

Авторами пропонується методика та процедура для встановлення раціональної номенклатури параметрів, що підлягають контролю при виготовленні й експлуатації виробів. Для цього конструктору (розробнику виробів), технологу (розробнику технологічних процесів їх виготовлення), або експерту (оцінюючому раціональність вибраної номенклатури) в загальному випадку необхідно мати в своєму розпорядженні таку інформацію:

- 1) значення допусків ( $X_{H1}, X_{B1}$ ) на належні контролю параметри ( $X_1$ );
- 2) числові характеристики розподілів значень параметрів в межах заданих допусків, при серійному виготовленні виробів – середніми значеннями  $X_1$  і середніми квадратичними відхиленнями  $V_{X1}$ ;
- 3) види законів розподілу значень параметрів;
- 4) дані про наявність кореляційних зв'язків між параметрами і значеннями попарних коефіцієнтів кореляції;
- 5) допустимі значення ймовірності помилок контролю, ( $P_{iД}$ ).

Зазвичай, на стадії проектування виробів конструктор-розробник не має в своєму розпорядженні такої вичерпної інформації, зокрема він не має даних про види і характеристики законів розподілу значень параметрів, які залежать від технології виготовлення виробів. Лише, маючи параметричну модель виробу, можна приблизно оцінити ступінь корельованості тих або інших його параметрів. Тому, на цій стадії можливо здійснити лише наближені розрахунки (зробивши ряд спрощуючих допущень), які у міру накопичення статистичних даних можуть бути уточнені в процесі експертизи конструкторсько-технологічної документації.

Найпростіша реальна задача, вирішити яку необхідно для раціонального вибору номенклатури контрольованих параметрів, виключення надмірних параметрів при розробленні й експертизі нормативних документів, полягає в наступному. Потрібно,

по-перше, визначити ймовірність того, що якщо вимірюване в процесі контролю виробу відхилення параметра  $X_1$  ( $X_2$ ) знаходиться у межах заданих допусків. По-друге, значення параметра  $X_2$  ( $X_1$ ) також знаходиться в межах заданих для нього допусків. Пропонований нижче підхід відрізняється від представленого у роботі [1], який передбачав застосування матричного аналізу та теорії графів для оптимізації показників взаємодійних процесів, за якими здійснюється ефективний контроль і управління цими процесами в рамках діючої в організації системи управління якістю за стандартом [2].

Події, відповідні найменшому значенню цієї ймовірності визначаються нерівностями:

$$\begin{aligned} X_{H2}(X_{H1}) = X_2(X_1) = \\ = X_{B2}(X_{B1})/X_1(X_2) = X_{H1}(X_{H2}); \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} X_{H2}(X_{H1}) = X_2(X_1) = \\ = X_{B2}(X_{B1})/X_1(X_2) = X_{B1}(X_{B2}), \end{aligned} \quad (2)$$

що означає: відхилення параметра  $X_2$  (або  $X_1$ ) знаходиться в межах заданих допусків  $X_{H2}$  (або  $X_{H1}$ ),  $X_{B2}$  (або  $X_{B1}$ ), коли (за умови, що) вимірне відхилення іншого параметра  $X_1$  (або  $X_2$ ) лежить на нижній (1) або верхній (2) межах допусків.

Загальним принципом розв'язання вказаної задачі є визначення умовної ймовірності:

$$\begin{aligned} P_{11}(X_{H2} = X_2 = X_{B2}/X_1); \\ P_{12}(X_{H2} = X_2 = X_{B2}/X_1 = X_{B1}), \end{aligned} \quad (3)$$

або

$$\begin{aligned} P_{21}(X_{H1} = X_1 = X_{B1}/X_2); \\ P_{22}(X_{H1} = X_1 = X_{B1}/X_2 = X_{B2}). \end{aligned} \quad (4)$$

Якщо отримані значення ймовірності  $P_{11}$  і  $P_{12}$  більше (або рівні) допустимому значенню  $P_{Д}$ , то доцільно здійснювати контроль лише параметра  $X_1$ , не контролюючи параметр  $X_2$ , тобто параметр  $X_2$  із раціоналізованої номенклатури, виключається. Якщо  $P_{21}$  і  $P_{22}$  більше або рівне  $P_{Д}$ , то виключається  $X_1$ . Значення  $P_{Д}$  може бути прийнято рівним  $P_{Д} = 1 - P_2$ , де  $P_2$  – ймовірність помилки контролю другого роду, яка залежить від прийнятих методу і засобів контролю виключаємого параметра.

Ймовірність помилки контролю першого роду виключеного параметра при цьому можна не враховувати, оскільки при виході значень залишеного контрольованого параметра за межі допусків, виріб вже буде забраковано.

Припустимо, що сумісний розподіл значень  $X_1, X_2$  підкоряється нормальному закону розподілу з густиною:

$$\varphi(\tilde{O}_1, \tilde{O}_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_{\tilde{O}_1}\sigma_{\tilde{O}_2}\sqrt{1-r_{12}^2}} X \times$$

$$\times \text{EXP} \left\{ \frac{1}{2(1-r_{12}^2)} \cdot \left( \frac{(X_1 - \bar{X}_1) 2r_{12}(X_1 - \bar{X}_1)(X_2 - \bar{X}_2)}{\sigma^2 \cdot X_1 \sigma_{X_1} \cdot \sigma_{X_2}} + \frac{(X_2 - \bar{X}_2)^2}{\sigma_{X_2}^2} \right) \right\}$$

Тоді умовні розподілення значень  $X_1, X_2$ :

$$\varphi(\tilde{O}_2/\tilde{O}_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{\tilde{O}_2}\sqrt{1-r_{12}^2}}} X \times$$

$$\times \text{EXP} \left\{ \frac{1}{2(1-r_{12}^2)} \cdot \left( \frac{(X_2 - \bar{X}_2)}{\sigma^2} - r_{12}^2 \frac{(X_1 - \bar{X}_1)}{\sigma_{X_1}} \right) \right\};$$

$$\varphi(\tilde{O}_1/\tilde{O}_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{\tilde{O}_1}\sqrt{1-r_{12}^2}}} X \times$$

$$\times \text{EXP} \left\{ -\frac{1}{2(1-r_{12}^2)} \left( \frac{X_1 - \bar{X}_1}{\sigma_{X_1}} - r_{12}^2 \frac{X_2 - \bar{X}_2}{\sigma_{X_2}} \right) \right\}. \quad (6)$$

Отже, в даному випадку для аналізу надмірності номенклатури контрольованих параметрів необхідно оцінити наступні умови ймовірності: при  $r_{12} > 0$  (позитивна кореляція):

$$D_{11}^+(\tilde{O}_{12} \leq \tilde{O}_2/\tilde{O}_{11}) =$$

$$= 1 - \int_{-\infty}^{\tilde{O}_{11}} \varphi(\tilde{O}_2/\tilde{O}_{11}) dX_2 =$$

$$= 1 - \tilde{O} \left( \frac{\tilde{O}_{11} - \tilde{O}_2 - r_{12} \cdot \sigma_{X_2}/\sigma_{\tilde{O}_1} \cdot (\tilde{O}_{11} - \bar{O}_1)}{\sigma_{\tilde{O}_2}\sqrt{1-r_{12}^2}} \right).$$

Другу границю ( $X_2 = X_{B2}$ ) опускаємо, оскільки ймовірність нерівності  $X_2 > X_{B2}$  при  $X_1 = X_{H1}$  і позитивному коефіцієнті кореляції дуже мала:

$$P_{11}^+(X_2 \leq X_H/X_1 = X_H) =$$

$$= 1 - \int_{X_M}^{\infty} \varphi_1(X_2/X_H) dX_2 =$$

$$= 1 - \Phi \left( \frac{\bar{X}_2 - X_{H2} + r_{12} \cdot \sigma_{X_2}/\sigma_{X_1} \cdot (X_{H1} - \bar{X}_1)}{\sigma_{X_2}\sqrt{1-r_{12}^2}} \right);$$

$$P_{11}^+(X_{H1} \leq X_1/X_2 = X_{H2}) =$$

$$= 1 - \int_{X_M}^{\infty} \varphi_2(X_1/X_{H2}) dX_1 =$$

$$= 1 - \Phi \left( \frac{\bar{X}_{H1} - X_1 + r_{12} \cdot \sigma_{X_1}/\sigma_{X_2} \cdot (X_{H2} - \bar{X}_2)}{\sigma_{X_1}\sqrt{1-r_{12}^2}} \right); \quad (9)$$

$$P_{22}^+(X_1 \leq X_{H2}/X_2 = X_{B2}) =$$

$$= 1 - \int_{X_M}^{\infty} \varphi_2(X_1/X_{H2}) dX_1 =$$

$$= 1 - \Phi \left( \frac{\bar{X}_1 - X_{H2} + r_{12} \cdot \sigma_{X_1}/\sigma_{X_2} \cdot (X_{H2} - \bar{X}_2)}{\sigma_{X_1}\sqrt{1-r_{12}^2}} \right).$$

При  $r_{12} < 0$  (негативна кореляція):

$$P_{11}^-(X_{H2} \leq X_2/X_1 = X_{B1}) =$$

$$= 1 - \Phi \left( \frac{\bar{X}_{H2} - X_2 - r_{12} \cdot \sigma_{X_2}/\sigma_{X_1} \cdot (X_{B1} - \bar{X}_1)}{\sigma_{X_2}\sqrt{1-r_{12}^2}} \right); \quad (11)$$

$$P_{12}^-(X_2 \leq X_{B2}/X_1 = X_{H1}) =$$

$$= 1 - \Phi \left( \frac{\bar{X}_2 - X_{B2} - r_{12} \cdot \sigma_{X_2}/\sigma_{X_1} \cdot (X_{H1} - \bar{X}_1)}{\sigma_{X_2}\sqrt{1-r_{12}^2}} \right); \quad (12)$$

$$P_{21}^-(X_{H1} \leq X_1/X_2 = X_{B1}) =$$

$$= 1 - \Phi \left( \frac{\bar{X}_{H1} - X_1 - r_{12} \cdot \sigma_{X_1}/\sigma_{X_2} \cdot (X_{B2} - \bar{X}_2)}{\sigma_{X_1}\sqrt{1-r_{12}^2}} \right); \quad (13)$$

$$P_{22}^-(X_1 \leq X_{B1}/X_1 = X_{H2}) =$$

$$= 1 - \Phi \left( \frac{\bar{X}_1 - X_{B1} + r_{12} \cdot \sigma_{X_1}/\sigma_{X_2} \cdot (X_{H2} - \bar{X}_2)}{\sigma_{X_1}\sqrt{1-r_{12}^2}} \right); \quad (14)$$

де  $\tilde{O}(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-r^2/2} dt$  – нормована функція Лапласа.

Кожна з цих ймовірностей порівнюється з  $P_D$ . Якщо  $D_{11}^+(D_{11}^-)$  та  $D_{12}^+(D_{12}^-)$  більше  $P_D$ , то параметр  $X_1$  є збитковим (так як з ймовірністю, більшою  $P_D$ , виріб буде правильно признано придатним по цьому параметру  $X_1$ ) і з раціональної номенклатури виключається; якщо  $D_{21}^+(D_{21}^-)$  та  $D_{22}^+(D_{22}^-)$  більше  $P_D$  то збитковим являється параметр  $X_2$ .

В окремих випадках може виявитися, що всі ймовірності  $P_{11}, P_{12}, P_{21}, P_{22}$  більші  $P_D$ . Тоді питання про виключення того або іншого параметра з числа контрольованих розв'язується, виходячи з техніко-економічних міркувань. Наприклад, шляхом зіставлення складності або вартості процесів контролю.

Нижче (табл. 1) наведено результати вимірювань відхилень від колоподібності (ГОСТ 8.474-82) ( $\Delta X_3$ ) торцевого діаметру 30-ти латунних трубок номінальним діаметром 30 мм і відхилень ( $\Delta X_2$ ) від циліндричності на базовій довжині 100 мм.

Результати вимірювань відхилень від колоподібності торцевого діаметру латунних трубок

$\Delta X_1$	0,91	-0,14	0,89	0,72	-0,64	0,94	-0,92	1,04	-0,31	-0,21
$\Delta X_2$	-0,42	0,11	0,34	0,36	-0,28	0,52	-0,39	0,26	0,13	-0,29
$\Delta X_1$	0,48	0,52	-0,74	-0,82	0,31	0,71	-0,18	-0,48	0,91	0,74
$\Delta X_2$	0,31	0,31	-0,26	-0,38	-0,14	0,44	0,26	0,18	0,41	0,31
$\Delta X_1$	0,32	0,64	-0,48	-0,44	0,79	0,52	0,55	0,68	-0,67	-0,32
$\Delta X_1$	0,16	0,20	-0,56	-0,19	0,38	0,25	0,25	0,20	0,11	-0,18

Оброблення представлених даних дає наступні результати:

$$\bar{\Delta X}_1 = 0,17 \text{ мм};$$

$$\tilde{\sigma}_{\Delta X_1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{30} (\Delta X_{1i} - \bar{\Delta X}_1)^2}{29}} = 0,63 \text{ мм};$$

$$\bar{\Delta X}_2 = 0,17 \text{ мм};$$

$$\tilde{\sigma}_{\Delta X_2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{30} (\Delta X_{2i} - \bar{\Delta X}_2)^2}{29}} = 0,30 \text{ мм};$$

$$\tilde{r}_{12} = \sum_{i=1}^{30} (\Delta X_{1i} - \bar{\Delta X}_1)(\Delta X_{2i} - \bar{\Delta X}_2) = 0,66.$$

Розрахунок за формулами (8)...(10) при заданих допустимих відхиленнях  $\bar{\Delta X}_{1Д} = \pm 1 \text{ мм}$ ;  $\Delta X_{2Д} = \pm 0,5 \text{ мм}$ :

$$D_{11}^+ = 0,9014; \quad D_{12}^+ = 0,7690;$$

$$D_{21}^+ = 0,66090; \quad D_{22}^+ = 0,7014.$$

У даному випадку при ймовірності помилки контролю другого роду  $D_2 \leq 25\%$  параметр  $X_2$  (циліндричність трубки) є надлишковим та з раціоналізованої номенклатури контрольованих параметрів його слід виключити.

### Висновки

1. Розглянуто та систематизовано основні задачі й етапи метрологічної експертизи технічної документації.

### РОЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОДУКЦИИ

Л.М. Виткин, В.У. Игнаткин, В.А. Литвиненко, О.И. Билый

*В работе рассмотрена роль и изложены основные задачи метрологической экспертизы технической документации при организации операций контроля качества. Предложены методика и процедура исключения неинформативных контролируемых параметров продукции.*

**Ключевые слова:** метрологическая экспертиза, контроль качества, неинформативные параметры.

### ROLE OF METROLOGICAL EXAMINATION OF TECHNICAL DOCUMENTATION DURING ORGANIZATION OF CONTROL OF PARAMETERS OF PRODUCTS

L.M. Vitkin, V.U. Ignatkin, V.A. Litvinenko, O.I. Bilyi

*In work a role and lighted up basic tasks of metrological examination of technical document is considered during organization of operations of control of quality. Offered method and procedure of exception of the uninforming controlled parameters.*

**Keywords:** metrological examination, control of quality, uninforming parameters.

2. Запропоновано методику та процедуру оптимізації контрольованих параметрів якості продукції шляхом виключення неінформативних параметрів з використанням імовірнісних методів та методів функціонального аналізу.

3. Наведено приклад практичного використання розробленої методики оптимізації контрольованих параметрів якості латунних трубок діаметром 30 мм.

4. Запропоновано методику можна використовувати для будь-яких форм встановлення допусків (наприклад, для односторонніх допусків).

5. Для великої кількості параметрів запропоновано використовувати кореляційні матриці, просте перебирання комбінацій параметрів, матричний аналіз та теорію графів [1].

### Список літератури

1. Віткін Л.М. Методика визначення ключових показників процесів системи управління якістю / Л.М. Віткін, Г.І. Хімичева // *Радиоэлектроника и информатика: научно-технический журнал*. – Х.: ХНУРЕ, 2005. – № 1. – С. 63-66.
2. ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. Вимоги.

Надійшла до редколегії 24.09.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.П. Захаров, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків.