

УДК 389.14

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

<sup>1</sup>Дніпродзержинський державний технічний університет

<sup>2</sup>Держспоживстандарт України, Київ

## ОБГРУНТУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ, ОЦІНКИ ЙОГО ПАРАМЕТРІВ І ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ

*Сформульовано і запропоновано наукові і методичні підходи до розв'язання задачі оптимізації функціонування і структури системи метрологічного обслуговування (МО) засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Визначено основні показники надійності ЗВТ, а також витрати на утримування системи МО ЗВТ, достатні для визначення втрат від браку, викликаного застосуванням ЗВТ з прихованою відмовою.*

**Ключові слова:** метрологічне обслуговування, вимірювальна техніка, показники функціонування.

### 1. Розроблення концепції оптимізації процесу метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки

Прискорення науково-технічного прогресу і зростання ефективності виробництва нерозривно пов'язані з поліпшенням якості продукції. Вирішення цієї задачі залежить від перебудови управління і планування, що являється серцевиною управління. Необхідно удосконалити організаційні структури, зокрема системи управління стандартизацією, державною та відомчою метрологічною службою на базі економіко-математичних методів і засобів обчислювальної техніки.

В сучасних умовах ринкової економіки серед багатьох проблем, пов'язаних з забезпеченням як виживання так і розвитку підприємств, організацій, головною та вирішальною є проблема якості продукції, її конкурентоспроможності. Точність і достовірність контролю якості у значній мірі визначається рівнем метрологічного забезпечення – як наукового метода організації виробництва. До того ж стандартизація розглядається як нормативно-правова основа метрологічного забезпечення, а управління якістю – як важлива складова метрологічної практики.

Рівень якості продукції, товарів, послуг – це відносна характеристика їх якості, яка гарантується на порівнянні значень показників якості продукції з базовими значеннями відповідних показників. Для оцінювання рівня якості використовують різні методи. Зокрема, результати спеціальних статистичних спостережень за виробничою та споживчою якістю продукції опрацьовуються методами кореляційного аналізу.

Європейські держави, стимулюючи свою промисловість та захищаючи свої ринки, запропонували концепцію менеджменту якості, яку було втілено у міжнародних стандартах ISO серії 9000, європейських конкурсах з якості та моделях ділової досконалості. Практика свідчить про те, що відповідність системи менеджменту якості цим стандартам є перепускною на світові ринки. Разом з тим, потрібно відзначити, що вимоги стандартів ISO 9000 є універсальними,

а отже носять загальний характер, тому теоретики та практики все частіше розглядають ISO 9000 як необхідну, але не достатню основу випуску конкурентоспроможної продукції. При цьому не треба забувати, що розвиток філософії якості істотно залежить не від стандартів, а від швидкоплинних змін на ринку, конкуренції та науково-технічного прогресу.

У суспільстві повинні діяти механізми, які не тільки сприятимуть вдосконаленню підприємств, але й робитимуть процеси вдосконалення системними, технологічними і незворотними [1 – 5].

Автоматизацію метрологічних систем необхідно розглядати як новий (по суті постановки задачі) науково-технічний напрям, що має на меті подальший розвиток і вдосконалення еталонів, зразкових засобів вимірювальної техніки, перевірочних установок вищої точності. При цьому автоматизацію доцільно розвивати на основі єдиної науково-технічної стратегії, що визначає основну ідеологію, задачі і ресурси. Ця стратегія повинна бути направлена на створення автоматизованої системи забезпечення єдності вимірювань в країні [6 – 12].

Постійно зростаючі вимоги до якості продукції припускають постійне переозброєння і збільшення парку засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Очевидно, чим вищою має бути якість продукції, тим більш досконалим має бути метрологічне забезпечення і відповідно точним ЗВТ. Удосконалення вимірювальної техніки, застосування в ЗВТ нових технічних принципів і спеціалізованих комп'ютерних та інформаційних технологій ускладнює прилади, що вимагає необхідності постійного контролю за станом парку ЗВТ. З іншого боку продукція, що виробляється промисловими підприємствами, внаслідок технічного прогресу стає все складніше, складніше стає технологічний процес її виготовлення, збільшується кількість технологічних стадій виготовлення. До того ж, жорсткі обмеження на матеріальні, трудові, енергетичні і сировинні ресурси збільшують величину втрат на одиницю бракованої продукції. Це вимагає збільшення проміжних контрольних операцій на всіх стадіях циклу виготовлення

виробу та спричиняє істотне збільшення парку ЗВТ, застосування засобів підвищення продуктивності.

Збільшення парку ЗВТ, більш інтенсивний режим їх експлуатації приводить до різкого збільшення об'єму вимірювальної інформації. Крім того, збільшується кількість відмов в приладах. Далі, в процесі експлуатації ЗВТ, парк постійно оновлюється. З'являється неоднорідність в парку. Разом з сучасними зразками контрольно-вимірювальної техніки експлуатуються і застарілі прилади.

На сьогодні експлуатувати парк приладів на сучасному підприємстві, підтримуючи його в необхідному і контрольованому стані, без застосування засобів автоматизації практично неможливо. Забезпечення правильності застосування, термінів перевірки мір і вимірювальних приладів у всіх галузях економіки є одним із ключових завдань метрології. Наразі головні задачі прикладної метрології розв'язуються на основі ієрархічного принципу передачі одиниці вимірювання від еталонів до робочої вимірювальної апаратури і об'єктів вимірювання. Існуюча мережа метрологічних установ і служб забезпечує мінімальну втрату точності при передачі одиниць вимірювання. При цьому необхідно забезпечити мінімальні витрати і втрати [13].

Надійність і ефективність дії ЗВТ знаходиться в прямій залежності від уміння поводитися з ними, вірного транспортування, зберігання, організації профілактики, своєчасності ремонту і перевірки. Все це пред'являє певні вимоги до персоналу, що користується вимірювальними засобами і відповідає за їх зберігання. Сучасні розробки і висока якість ЗВТ, можуть бути зведені нанівець, якщо вони неправильно експлуатуватимуться і зберігатимуться, якщо відношення до вимірювальних приладів буде зневажливе. Метрологічні служби промислових підприємств вирішують великий об'єм задач з метрологічного забезпечення ЗВТ (рис. 1.1) на стадії їх експлуатації. При цьому під експлуатацією ЗВТ розуміють сукупність наступних станів приладів: зберігання, функціонування, перевірка (яка займає 40% метрологічного забезпечення виробництва), відновлення (ремонт, юстирування) і ін. Під метрологічним обслуговуванням ЗВТ розуміється комплекс заходів, які забезпечують їх постійну придатність для застосування з нормованою для них точністю, що включає облік і планування, планування перевірко-ремонтних робіт [14 – 18], контроль стану ЗВТ і вилучення з експлуатації непридатних, перевірку, метрологічну атестацію і ремонт ЗВТ (рис. 1.2).

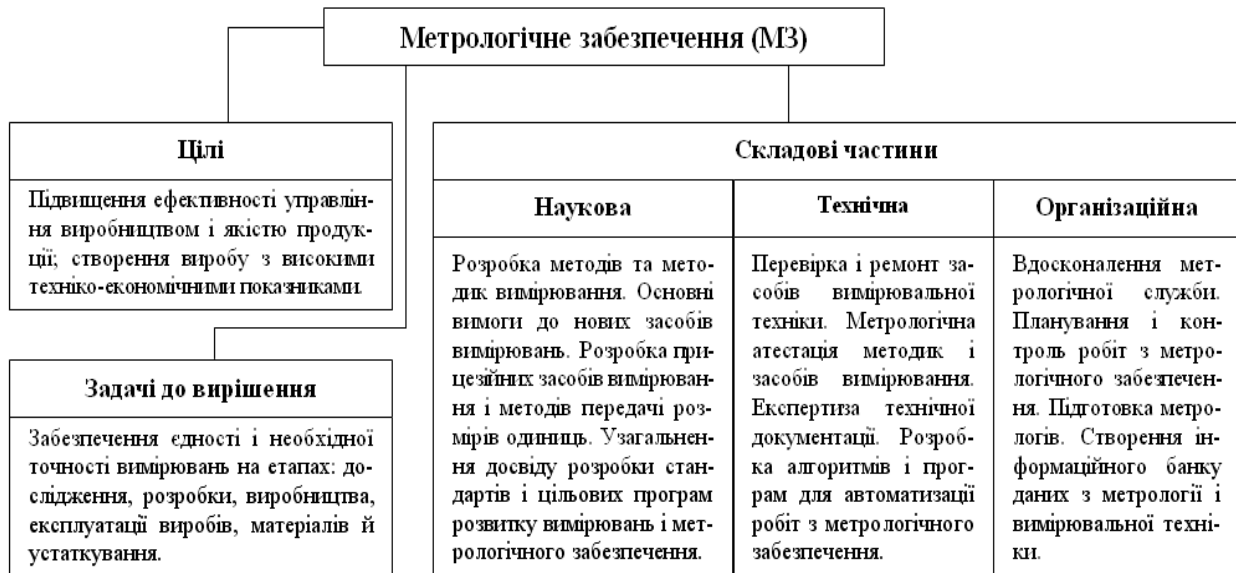


Рис. 1.1. Структура метрологічного забезпечення вимірювань

Такі операції метрологічного обслуговування як облік ЗВТ, визначення термінів і планування періодичних перевірок, вибір ЗВТ за точністю і надійністю, планування поповнення парку ЗВТ, розрахунок чисельності обслуговуючого персоналу, визначення числа перевірочних і ремонтних робочих місць, планування розподілу ЗВТ між підрозділами підприємства, складання заявок на придбання ЗВТ, контроль за станом, перевіркою, ремонтом та ін. здійснюються на підприємстві, як правило без застосування засобів автоматизації. Зазвичай при управлінні обслуговуванням ЗВТ використовуються численні документи, в яких інформація дублюється, так виникають зайві документопотоки.

Ручне виконання операцій і робіт призводить до великих витрат сил і часу метрологічних служб підприємств, до помилок планування і контролю (що може привести до великих втрат, аварій, катастроф), невчасного проведення метрологічних робіт, (при цьому у виробництві вже можливе виникнення браку), неефективному використанню парку ЗВТ (наприклад, прилад може протягом років лежати на складі). Розв'язання ряду задач, наприклад щодо отримання оперативної і довідкової інформації (при цьому можливості людини складають 4-5 біт/сек), визначення структури і оптимізації параметрів метрологічного обслуговування із застосуванням ручної праці є надзвичайно важким і нерациональним.

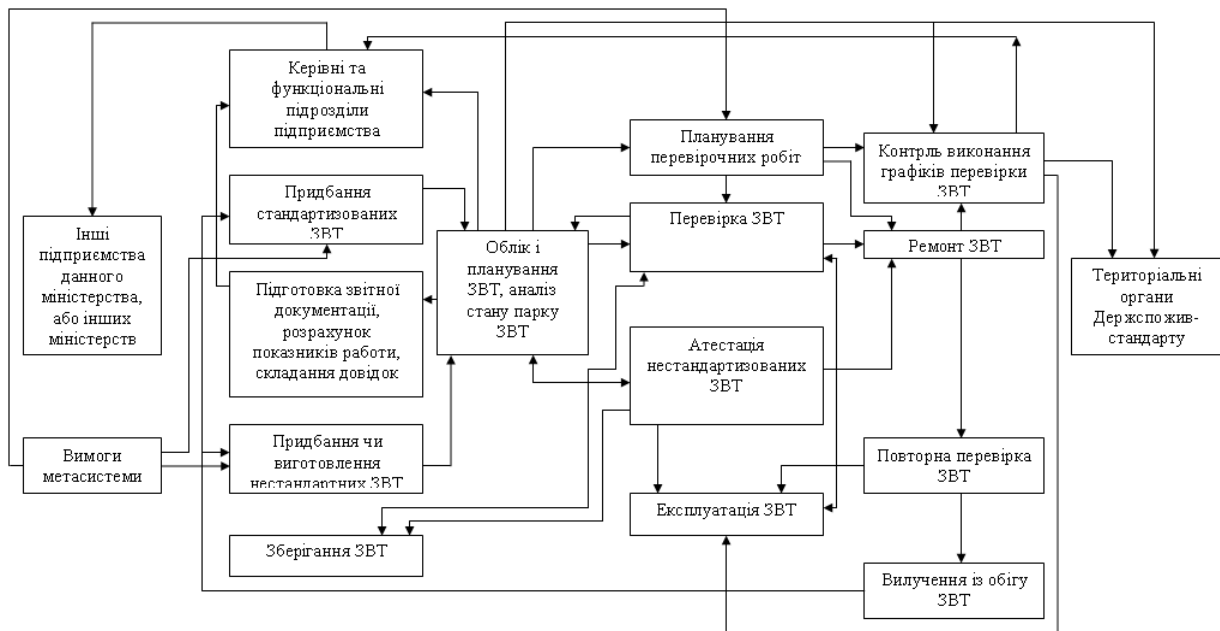


Рис. 1.2. Схема метрологічного обслуговування ЗВТ

Оптимізації і автоматизації розв'язання вищезгаданих задач метрологічного обслуговування ЗВТ призначено систему АРМ «Експерт-метролог» [10].

Задачі, які розв'язує система, можна класифікувати за трьома групами: інформаційно-довідкові, прості розрахункові і складні оптимізаційні.

Критеріями вибору задач обслуговування ЗВТ, які потребують автоматизації, є:

- 1) трудоемкість і вартість їх розв'язання;
- 2) принципова неможливість розв'язання деяких з них за допомогою ручної праці;
- 3) вірогідність і оперативність їх розв'язання;
- 4) системність їх розв'язання;
- 5) психологічні і ергономічні показники.

Критерій ефективності, за яким оцінюються можливості застосування засобів автоматизації залежить від багатьох чинників, зокрема від об'єму парку ЗВТ, його вартості. До чинників, що впливають на критерій, також відносяться частота перевірок ЗВТ, інтенсивність їх експлуатації, вимоги до стану парку ЗВТ з боку виробництва та ін.

У загальному випадку застосування засобів автоматизації можливе, коли

$$\epsilon = \left( \frac{C_1}{W_1} - \frac{C_2 + E_n K_2}{W_2} \right) W_2 > 0, \quad (1.1)$$

де  $C_{1,2}$  – собівартість річного випуску продукції: 1 – за відсутності засобів автоматизації, 2 – за наявності автоматизованої системи;  $K_2$  – одноразові витрати на створення автоматизованої системи;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт відшкодування капітальних вкладень;  $W_2$  – річний випуск продукції в першому та другому варіанті.

Для більшості підприємств машинобудування ця умова виконується при кількості ЗВТ в парку від 10000 одиниць і більше. При цьому, слід пам'ятати, що в собівартості продукції ( $C_1$ ,  $C_2$ ) повинні бути

враховані втрати від браку, інакше річний економічний ефект з великою вірогідністю буде негативним.

По суті, річний економічний ефект є глобальною цільовою функцією в задачах оптимізації параметрів метрологічного обслуговування.

При локальній оптимізації можуть бути використані цільові функції наступного вигляду:

$$1. \quad \Pi_1 = \frac{1}{P_1 + P_2} (C_{зв} + C_{п}(P_3 + P_4) + C_p P_6 + C_{ш} P_2)$$

або

$$\Pi_2 = \frac{1}{P_1 + P_2} (C_{зв} + C_{п}(P_3 + P_4) + \frac{C_p}{M_{зв}} + C_{ш} P_2), \quad (1.2)$$

де  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ ,  $P_6$  – ймовірності перебування ЗВТ в станах відповідно: працездатне і застосовується за призначенням; прихована відмова і застосовується за призначенням; працездатне на перевірці; прихована відмова на перевірці; очікування ремонту; ремонт;  $C_{зв} = E_n \Pi_{зв}$  – одноразові витрати на придбання ЗВТ;  $C_{п}$  – витрати на проведення 1-ї години перевірочних робіт;  $C_p$  – для  $\Pi_1$  вартість однієї години ремонтних робіт, для  $\Pi_2$  витрати на утримання одного ремонтного місця;  $C_{ш}$  – плата за штраф (наприклад, собівартість продукції, що пішла в брак або повернулася з рекламцією внаслідок проведення недостовірних вимірювань);  $M_{зв}$  – число ЗВТ, що припадає на одне ремонтне місце:

2.

$$\Pi_3 = C_{бр} \cdot \left[ 200 \cdot \left( 0,9973 - \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_0^{3 \cdot \delta / \delta_3} e^{-x^2/2} dx \right) \times \left( 1 - \frac{1 - e^{-\lambda}}{\lambda} \right) + C_{эф} \cdot \left[ 100 - \left( \log \frac{e}{\lambda \tau / \pi} \right) \right] \right] \rightarrow \min, \quad (1.3)$$

де  $C_{бр}$  – вартість продукції що випускається;  $C_{эф}$  – вартість метрологічного обслуговування ЗВТ;  $n$  – кіль-

кість перевірок до виявлення відмови;  $\delta_1$  – допустима похибка вимірювання;  $\delta_2$  – максимально можлива похибка вимірювання;  $\lambda$  – інтенсивність відмов;  $\tau$  – періодичність проведення перевірочних робіт.

$$\begin{aligned} & \text{Ц}_4 = C_{\text{вим}} \cdot Z + C_{\text{ЗВ}} \times \\ & 3. \quad \times \left[ 100 - \left( \log 2 \left( \frac{\sqrt{2\pi e} \cdot \sigma}{\Delta} \right) / Z \right) \right] \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (1.4)$$

де  $C_{\text{вим}}$  – вартість вимірювань (без вартості ЗВТ);  $\sigma$  – середнє квадратичне відхилення похибки вимірювання;  $\Delta = (\sigma \tau_p) / (\sqrt{Z} - 1)$  – точність вимірювання;  $Z$  – кількість вимірювань параметра якості продукції.

$$4. \quad \text{Ц}_5 = C_{\text{си}} / T_{\text{окс}} \cdot T_{\text{обс}} + (C_{\text{р1}} + C_{\text{р2}}) \cdot p + C_{\text{ул1}} + C_{\text{ул}} \cdot u \rightarrow \min. \quad (1.5)$$

$$5. \quad \text{Ц}_6 = 1 - \frac{\text{Ц}_5 \cdot T_{\text{обс}}}{\text{Ц}_5 \cdot T_{\text{обс}_{\text{max}}}}, \quad (1.6)$$

де  $T_{\text{обс}}$  – тривалість метрологічного обслуговування ЗВТ;  $T_{\text{окс}}$  – термін експлуатації ЗВТ;  $C_{\text{р1}}$  – вартість одного ремонтного робочого місця;  $C_{\text{р2}}$  – річна зарплата одного фахівця з ремонту;  $C_{\text{ул1}}$  – вартість одного перевірочного робочого місця;  $C_{\text{ул}}$  – річна зарплата одного фахівця з перевірки;  $p$  – кількість фахівців (ремонтних місць);  $n$  – кількість робочих перевірочних місць;  $\text{Ц}_7$  – показник простою ремонтних робочих місць.

$$6. \quad \text{Ц}_7 = T_{\text{ру}} / T_{\text{обс}} \rightarrow 0, \quad (1.7)$$

де  $\text{Ц}_8$  – показник простою ЗВТ.

$$7. \quad \text{Ц}_8 = T_{\text{си}} / T_{\text{обс}} \rightarrow 0, \quad (1.8)$$

$$8. \quad \text{Ц}_9 = T_{\text{обс}} \rightarrow \min,$$

де  $T_{\text{обс}}$  – час обслуговування.

$$9. \quad \text{Ц}_{10} = \frac{n}{p} = \frac{T^{\text{сп}}_{\text{пов}} (1 + p_{\tau})}{p_{\tau} \cdot T^{\text{сп}}_{\text{рем}}} \rightarrow 0, \quad (1.9)$$

де  $\text{Ц}_{10}$  – ритмічність, причому оптимізація розв'язку деяких задач проводиться за декількома критеріями, зокрема, по  $\text{Ц}_5, \text{Ц}_6, \text{Ц}_7, \text{Ц}_8, \text{Ц}_9$  і будується область вибору значень деяких параметрів системи метрологічного обслуговування ЗВТ (СМО ЗВТ).

$$10. \quad \text{Ц}_{11} = \mathcal{E} = \frac{\rho}{Z} \cdot T_x \cdot Z^{-1}, \quad (1.10)$$

де  $\text{Ц}_{11}$  – оцінка ефективності діалогової системи колективного користування - як відношення середньої реактивності системи ( $\rho$ ) до витрат ( $Z$ ) на один запит,  $T_x$  – середній час проходження запиту;  $Z$  – середні витрати на один запит;

$$\mathcal{E} \approx T_x \cdot T_z^{-1}, \quad (1.11)$$

де  $T_z$  – середній час реалізації однієї заявки.

Тобто, як цільову функцію при створенні системи, доцільно обрати функцію вартості (приведених витрат), що враховує витрати на експлуатацію системи і втрати основного виробництва через експлуатацію ЗВТ з метрологічною відмовою. В окремих випадках, як додаткові критерії оптимізації, можуть бути взяті окремі характеристики системи метрологічного обслуговування.

При автоматизації виникають різного плану труднощі та проблеми як науково-технічного, так і організаційного характеру. Перш ніж приступати до автоматизації метрологічного забезпечення:

1) необхідно виконати цілий комплекс попередніх робіт:

1. обстеження парку ЗВТ;
2. дослідження процесу обслуговування;
3. вивчення початкового стану парку ЗВТ;
4. виявлення джерел і споживачів інформації;
5. виявлення закономірностей у фізиці процесів експлуатації приладів, їх відмов і відновлень,

(все це відноситься до проектної стадії створення системи);

2) на стадії проектування необхідно розробити вибір базових засобів автоматизації:

6. на підставі об'єму інформації вибрати ПЕОМ і визначити її продуктивність;
7. склад периферійної техніки;
8. базове програмне забезпечення щодо управління комплексом технічних засобів і обчислювальним процесом;
9. визначити склад інформації;
10. визначити склад функціональних задач системи;

3) на стадії створення системи:

1. придбання на введення в дію обчислювальної техніки;
2. розробка програмного забезпечення системи;
3. створення інформаційної бази;
4. комплексна обробка всієї системи.

4) в процесі впровадження системи в постійну експлуатацію виникають проблеми організаційного характеру. Для вирішення цих проблем передбачається стадія дослідної експлуатації (дослідного функціонування);

5) далі необхідно навчити і підготувати фахівців з експлуатації системи в цілому та окремих її компонентів, а також керівників різного рангу, аж до першого керівника. Фахівці навчаються автоматизованій обробки інформації, правилам користування засобами обчислювальної техніки;

6) для кваліфікованого обслуговування ПЕОМ і її пристроїв необхідно визначити уповноважених осіб або сторонню організацію;

7) для ведення машинної інформаційної бази необхідно визначити уповноважених за:

1. створення та коригування баз даних;
2. контролю правильності коригування;
3. забезпечення актуальності даних до моменту розв'язання функціональних задач;

8) при створенні системи належить подолати проблеми суб'єктивного плану – ломки психологічного бар'єру, оскільки у багатьох працівників підприємств (як правило з великим досвідом і стажем) в процесі багаторічної практики виробився «стереотип діяльності» який доводиться руйнувати при переході в автоматизований режим.

Проведений аналіз показав, що в даний час як за кордоном, так і в нашій країні розроблені системи, які автоматизують і механізують певні функції управління метрологічної служби. Вони розроблялися незалежно один від одного і орієнтовані на конкретне підприємство. З цієї причини такі системи різняться за складом задач, методам і принципам їх розв'язання. При цьому, як правило, не враховуються економічні інтереси підприємства, їх вплив на стан парку ЗВТ, а також не враховується статистика відмов при визначенні міжперевірочного інтервалу. Важливо, щоб ЗВТ, що знаходяться в експлуатації на підприємстві, приносили максимальну користь. З цієї точки зору всі задачі системи повинні враховувати, перш за все, саме такі чинники, як вимоги виробництва до парку ЗВТ та реальний стан цього парку.

Тільки тоді можна одержати позитивний ефект. Побудова багаторівневих систем дозволяє тільки підсилити цей ефект, але, аж ні як, не створити його.

Крім питань власного управління метрологічним обслуговуванням має сенс розглядати і автоматизувати задачі дослідження процесу метрологічного обслуговування – аналіз статистики відмов ЗВТ, моделювання різних характеристик процесу метрологічного обслуговування та ін. При цьому в процесі управління вбачається доцільним автоматично уточнювати цілі функціонування системи, критерії оптимальності. З іншого боку, інформація зібрана в процесі автоматизованого рішення, складає початкові дані для подальших нових досліджень і моделювання. При моделюванні можуть бути використані наступні методи:

- 1) теорія масового обслуговування;
- 2) теорія точності і теорія контролю;
- 3) теорія відновлення;
- 4) теорія надійності;
- 5) математична статистика і теорія ймовірності;
- 6) імітаційне моделювання на ПЕОМ;
- 7) математичного програмування;
- 8) Неформальні прийоми синтезу складних систем;
- 9) теорія інформації і теорія алгоритмів;
- 10) теорія складних систем;
- 11) диференціювання узагальнених функцій;
- 12) використання засобів обчислювальної техніки.

Якщо говорити про автоматизацію, то робота системи метрологічного забезпечення (зокрема, системи метрологічного обслуговування ЗВТ (СМО ЗВТ) на підприємстві є складним процесом, який залежить від багатьох випадкових чинників (зміна номенклатури виробів, що випускаються, якість сировини і комплектуючих деталей, вимоги до якості виробів та ін.). З іншого боку, цей процес характеризується власними параметрами – об'ємом і станом ЗВТ, кількістю і станом ремонтних і перевірочних установок, значенням міжперевірочного проміжку.

При дослідженні СМО ЗВТ необхідно вибрати такі його параметри, при яких система, протидіючи випадковим діям і впливам, задовольняла б вимогам виробництва оптимальним (у певному значенні)

чином. Наприклад, в простому випадку слід розглядати величину середнього часу обслуговування ( $T_{\text{обс}}$ ) і визначити її мінімальне значення, як функцію багатьох змінних:

$$T_{\text{обс}} = F(n, p, v, \tau, \theta \dots)$$

при обмеженнях:

$$C(n, p, r, \theta) < S(v),$$

де  $n, p$  – кількості, відповідно, перевірочних і ремонтних робочих місць;  $v$  – об'єм парку ЗВТ;  $\tau$  – величина міжперевірочного проміжку;  $\theta$  – чинник випадкової дії;  $C$  – витрати на метрологічне обслуговування;  $S$  – обмеження на величину витрат.

При цьому, як показали дослідження і аналіз, функції  $F, C, S$  мають нелінійний характер, а  $F$  і  $C$  залежать від випадкової величини (ймовірність відмови ЗВТ). Вивести аналітичну залежність згаданої функції від параметрів є складною задачею [13].

Застосовуючи метод імітаційного моделювання, складається схема функціонування метрологічної служби і на її підставі будується моделюючий алгоритм, а потім програма для ПЕОМ, яка імітує роботу метрологічної служби [17]. Результати роботи програми розглядають як прогнозні значення величин, що встановлюються, при певних значеннях параметрів. Змінюючи значення цих параметрів, знаходимо їх оптимальне значення (або область оптимальних значень).

На підставі аналізу функціонування СМО ЗВТ створюються різні моделі (інформаційні, функціональні, оптимізаційні та ін.).

Наприклад, це можуть бути такі моделі як:

- 1) модель експлуатації ЗВТ;
- 2) тимчасова модель процесу перевірки і ремонту ЗВТ;
- 3) точна модель процесу перевірки і ремонту ЗВТ;
- 4) модель визначення оптимального міжперевірочного інтервалу (мінімум витрат на обслуговування та витрат у виробництві);
- 5) модель оцінювання правильності вибору і ефективного використання ЗВТ (мінімум вартості експлуатації і обслуговування ЗВТ);
- 6) окремі моделі оптимізації і комплексна модель оптимізації параметрів СМО ЗВТ;
- 7) модель оцінки ефективності інформаційно-довідкової системи колективного користування;
- 8) модель аналізу залежностей показників надійності ЗВТ.

При цьому застосовується комплексний підхід розв'язання задач метрологічного обслуговування ЗВТ за допомогою ПЕОМ (рис. 1.3).

Як параметри СМО ЗВТ, використовуються:  $T_n$  – період повторення перевірочних робіт;  $\tau_n$  – час виконання перевірки;  $\tau_b$  – час відновлення ЗВТ в ремонті;  $\alpha_n$  – ймовірність помилкової діагностики прихованої відмови при перевірці;  $\beta_n$  – ймовірність пропуску (невиявлення) прихованої відмови при перевірці;  $\beta_p$  – ймовірність повернення ЗВТ з ремонту з прихованою відмовою (передбачається, що явна відмова при ремонті усувається безумовно).

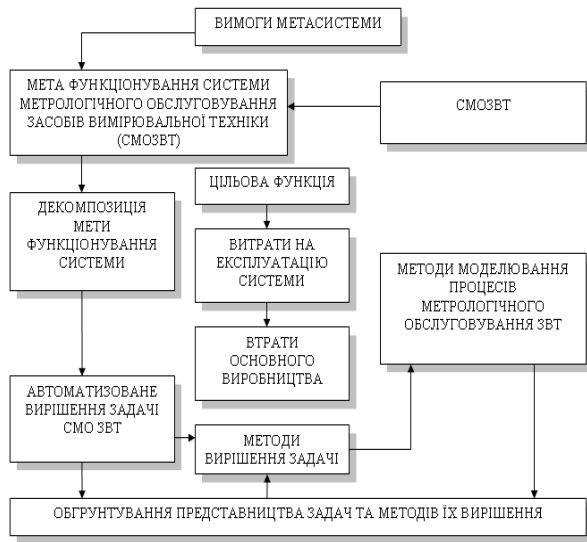


Рис. 1.3. Комплексний підхід вирішення задач метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки

В якості характеристик відмов використовуються:  $T_a$  – середнє напрацювання на явну відмову;  $T_c$  – середнє напрацювання на приховану відмову.

Вказані величини є параметрами розподілу ймовірностей виникнення відмов.

Створення моделей (моделювання) має декілька цілей. Так наприклад, на стадії проектування метою моделювання є визначення критеріїв оптимальності і переліку показників роботи системи. На наступних стадіях моделювання необхідне для оцінювання впливу характеристик парку ЗВТ і характеристик СМО ЗВТ на показники роботи системи, наприклад рис. 1.4 [13].

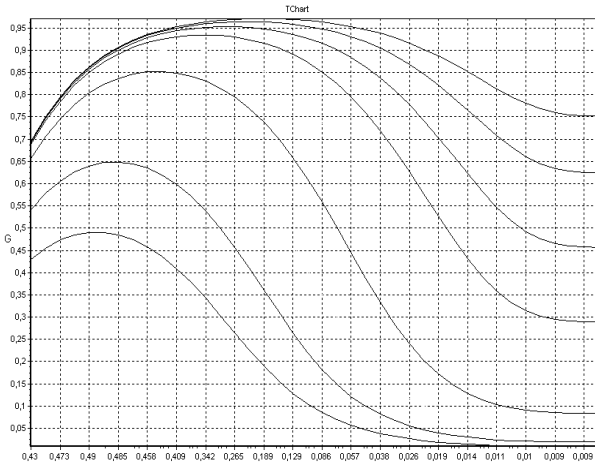


Рис. 1.4. Залежність коефіцієнта готовності ( $K_r$ ) від міжперевірочного інтервалу ( $T_n$ ) при різних значеннях математичного очікування прихованих відмов ( $T_c$ ) (масштаб логарифмічний)

## 2. Оцінювання і контроль метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки при виробництві складних технічних виробів

Вирішення задач оцінювання й контролю метрологічної надійності ЗВТ, які використовуються для

контролю виробничих процесів у виробничих системах, повинно кореспондуватись з головними завданням самого виробництва – забезпечення необхідного об'єму випуску виробів при мінімальних витратах. Метрологічне обслуговування можна розглядати в цьому аспекті як підсистему забезпечення виробництва. Склад, структуру і стратегію керування цією підсистемою визначають витрати, пов'язані з її утриманням на виробництві, а також витрати, викликані випуском бракованої продукції через застосування дефектних ЗВТ (з метрологічною відмовою). Постановка задачі оптимізації МО ЗВТ [19 – 23] не може, таким чином, розглядатися у відриві від самого виробництва. Фактично, чим краще працює МО ЗВТ, тим нижчі витрати від браку, але вищі витрати на утримання МО ЗВТ, і навпаки. Оптимізація функціонування і вибору структури МО ЗВТ складається у виборі значень параметрів метрологічного обслуговування, що забезпечують компроміс між втратами від виробництва бракованої продукції й витратами на утримання МО ЗВТ, тобто в досягненні мінімуму загальних витрат [13].

Таким чином, задача оптимізації функціонування і організації структури МО ЗВТ розпадається на дві відносно самостійні задачі: дослідження й аналіз самої системи МО ЗВТ; вивчення й аналіз впливу вибору структури й правил функціонування МО ЗВТ на витрати виробництва.

Основне коло питань у рішенні першої задачі, як правило, складається із задач вибору показників метрологічної надійності ЗВТ й вивчення їхнього поведіння при варіації параметрів МО ЗВТ у середині обраної структури. Інші питання значно слабкіше пов'язані з поставленою тут задачею оптимізації й далі не розглядаються. Вирішення другої задачі складається у виявленні залежностей компонентів витрат на виготовлення виробів виробничої програми від показників надійності ЗВТ. Тут необхідно відповісти на питання про те, які компоненти витрат на виробництво продукції, як і якою мірою залежать від показників надійності ЗВТ. Щоб відповісти за ці питання, необхідно знати не тільки особливості МО ЗВТ, але й організаційно-виробничу структуру об'єкта, усередині якого функціонує система метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки (СМО ЗВТ).

Тут варто зробити зауваження: якщо СМО ЗВТ при вилученні ЗВТ на перевірку, або якщо буде потреба виконання ремонту, надає користувачеві таке ж ЗВТ з обмінного фонду, то користувача цікавить тільки вірогідність показань ЗВТ. За недостатності обмінного фонду, або за його відсутності, виникає питання про готовність ЗВТ виконувати роботу за призначенням в довільний момент часу, за винятком регламентних перерв на робочих місцях. Конкретна ситуація визначається способом організації використання обмінного фонду в конкретній виробничій системі. Щоб чітко розрізнити поняття готовності й вірогідності та визначити міру їхнього впливу на підсумкові витрати при виробництві продукції, розглянемо часову діаграму функціонування ЗВТ, наведену на рис.2.1.

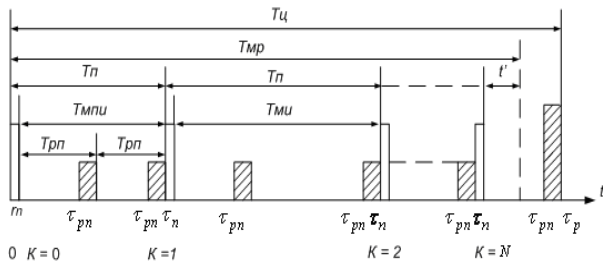


Рис. 2.1. Часова діаграма функціонування ЗВТ

Нехай у деякий момент  $t = 0$  ЗВТ повертається із чергового ремонту або надходить зі складу. Першою справою, його перевіряють. Це перевірка номером  $K=0$ . Потім ЗВТ або віддають користувачеві або направляють до обмінного фонду, якщо воно працює, або в ремонт, якщо зареєстровано приховану або явну відмову. Тривалість перевірки позначена  $\tau_{п}$ . Протягом міжперевірочного проміжку ( $T_{мпи}$ ) ЗВТ перебуває в користувача в експлуатації. Період виконання перевірочних робіт  $T_{п} = T_{мпи} + \tau_{п}$ . При  $\tau_{п} \ll T_{мпи}$ ,  $T_{п} \approx T_{мпи}$ . Далі проводиться чергова перевірка з номером  $K=1$  і т.д. Перебуваючи в користувача в експлуатації, ЗВТ не увесь час застосовується за призначенням, тому що можуть мати місце регламентні перерви тривалістю  $\tau_{рп}$ . Вони тривають одна за одною з періодом  $T_{рп}$ . Це пов'язано як з нецілодобовою роботою підприємства, так і з іншими особливостями організації виробництва.

Рано чи пізно ЗВТ буде відправлено в черговий ремонт (тут для спрощення викладу не розглядається система планово-попереджувальних ремонтів – ППР) або при виявленні прихованої відмови в ЗВТ, або з появою явної відмови. Нехай математичне очікування міжремонтного інтервалу є  $T_{мр}$ . Якщо  $N_{п}$  номер останньої перевірки, після якої ЗВТ ще відправляють в експлуатацію, то  $t'$  – це інтервал часу від її закінчення до відправлення ЗВТ в ремонт.

На відміну від перевірок, які проводяться періодично (з періодом  $T_{п}$ ), потреба в ремонті виникає в міру виявлення в ЗВТ прихованих відмов або виникнення явних. Це приводить до утворення черги на ремонт, що характеризуються математичним очікуванням часу очікування ремонту  $\tau_{ож}$ . Ремонт характеризується часом відновлення  $\tau_{р}$ . Ремонт завершується цикл ЗВТ з тривалістю  $T_{ц}$ . Тривалість циклу:  $T_{ц} = T_{мр} + \tau_{ож} + \tau_{р}$

Під час регламентних перерв ЗВТ може піддаватися профілактичному плановому ремонту. Однак у цьому випадку час очікування є нульовим, тому що ремонт плановий і для нього повинен бути запланований необхідний ресурс. Якщо на підприємстві є достатній обмінний фонд ЗВТ, то з погляду користувача ЗВТ, коефіцієнт готовності й коефіцієнт вірогідності збігаються:  $K_{г} = K_{в}$ .

Однак за відсутності обмінного фонду потрібно врахувати відправлення ЗВТ в ремонт - непланове вилучення ЗВТ в користувача. Тоді коефіцієнт готовності визначається:

$$K_{г} = K_{в} \cdot T_{мр} / T_{ц} \quad (2.1)$$

Це означає, що рівень технічної надійності (яка нижче метрологічної) визначається організацією використання обмінного фонду.

У виразі (2.1) відношення  $T_{мр} / T_{ц}$  визначає частку часу, запланованого на використання ЗВТ по призначенню (у користувача), за період часу рівний  $T_{ц}$ . Нехай  $K_{р}$  - коефіцієнт резервування ЗВТ, тобто відношення фактичної кількості ЗВТ на підприємстві до необхідної кількості ідеальних ЗВТ (безвідмовних), необхідних для реалізації виробничої програми;

Завжди  $K_{р} \gg 1$ . Покажемо, що при  $K_{р} \leq T_{ц} / T_{мр}$  для  $K_{г}$  справедливо:

$$K_{г} = T_{мр} / T_{ц} \cdot K_{р} \cdot K_{в} \quad (2.2)$$

Дійсно, при  $K_{р} = 1$  вираз (2.2) співпадає з виразом (2.1). При  $K_{р} = T_{ц} / T_{мр}$ ,  $K_{г} = K_{в}$ , тобто при достатньому обмінному фонді  $K_{г}$  збігається із  $K_{в}$ .

Нехай тепер вся кількість ЗВТ складається з  $\pi_1 + \pi_2 + v$  одиниць, де  $\pi_1$  - необхідне число ідеальних ЗВТ, для яких зарезервовано ЗВТ в обмінному фонді, таке що:  $K_{р1} = \pi_1 + v / \pi_1 = T_{ц} / T_{мр}$ , де  $\pi_2$  - кількість ЗВТ, не забезпечених обмінним фондом, тобто  $K_{р2} = 1$ .

Середній коефіцієнт готовності по всіх ЗВТ:

$$K_{г} = \pi_1 \cdot K_{г1} + \pi_2 \cdot K_{г2} / \pi_1 + \pi_2 \quad (2.3)$$

Прийmemo  $K_{г1} = K_{в}$ ,  $K_{г2} = K_{в} \cdot T_{мр} / T_{ц}$ . Тоді для  $K_{г}$ , одержуємо:

$$K_{г} = K_{в} \cdot \pi_1 + \pi_2 \cdot T_{мр} / T_{ц} / \pi_1 + \pi_2 \quad (2.4)$$

Виносячи за дужки  $T_{мр} / T_{ц}$ , маємо:

$$K_{г} = K_{в} \cdot T_{мр} / T_{ц} \cdot \pi_1 \cdot T_{ц} / T_{мр} + \pi_2 / \pi_1 + \pi_2 \quad (2.5)$$

заміняючи  $T_{ц} / T_{мр}$  на  $\pi_1 + v / \pi_1$ , одержуємо:

$$K_{г} = K_{в} \cdot T_{мр} / T_{ц} \cdot \pi_1 + \pi_2 + v / \pi_1 + \pi_2 \quad (2.6)$$

Так як за визначенням

$$K_{р} = \pi_1 + \pi_2 + v / \pi_1 + \pi_2,$$

то підтверджується справедливність виразу (2.2). При значеннях коефіцієнта резервування  $K_{р}$ , більших  $T_{ц} / T_{мр}$ , росту значень  $K_{г}$  не відбувається. Але надлишковий обмінний фонд можна використати при виконанні перевірочних робіт для заміни ЗВТ, що перевіряється. При цьому, однак, виникає деяка неоднозначність у визначенні  $K_{г}$ .

Вираз (2.2) отриманий відповідно до визначення  $K_{г}$  за припущенням, що перевірки є окремим випадком регламентних перерв і на час виконання перевірочних робіт використання ЗВТ не планується. Наявність обмінного фонду ЗВТ, достатнього для заміни в користувача на час перевірки ЗВТ, що перевіряється, змушує розглядати перевірки як корисний час, у який передбачається експлуатація ЗВТ. Через випадковий характер виникнення відмов у деяких ситуаціях при вилученні ЗВТ на перевірку в

обмінному фонді може не бути потрібного ЗВТ. Це можна розцінювати як неготовність ЗВТ. Тоді вираз для  $K_r$  має вигляд:

$$K_r = K_b \frac{T_{mp}}{T_{ц}} \cdot \frac{T_{п} - \tau_{п}}{T_{п}} K_p. \quad (2.7)$$

Тут відношення  $T_{п} - \tau_{п} / T_{п}$  відповідає за зниження  $K_r$  через планування застосування ЗВТ за призначенням в проміжки часу проведення перевірочних робіт у випадку недостатності обмінного фонду.

Значення величини  $K_r$  може бути доведено до значення  $K_b$  при коефіцієнті резервування:

$$K_p = \frac{T_{ц} \cdot T_{п}}{T_{mp} \cdot T_{п} - \tau_{п}} > \frac{T_{ц}}{T_{mp}}. \quad (2.8)$$

Зазначений підхід буває виправданий, коли деяке зниження коефіцієнта готовності  $K_r$  компенсується збільшенням коефіцієнта технічного використання ЗВТ  $K_{тв}$ , точніше його варто було б назвати коефіцієнтом використання робочого часу.

$$K_{тв} = \frac{T_{mp}}{T_{ц}} \cdot \frac{T_{п} - \tau_{п}}{T_{п}} K_p. \quad (2.9)$$

Цей вираз змінюється від  $\frac{T_{mp}}{T_{ц}} + \frac{T_{п} - \tau_{п}}{T_{п}}$  при

$$K_p=1 \text{ до } 1 \text{ при } K_p = \frac{T_{ц} \cdot T_{п}}{T_{mp} \cdot T_{п} - \tau_{п}}.$$

На відміну від  $K_r$  вираз для  $K_{тв}$  у випадку, коли перевірки розглядають як регламентні перерви в роботі користувача, і у випадку, коли їх розглядають як час запланований для використання ЗВТ за призначенням, однаковий. Однак варто пам'ятати, що в першому випадку  $K_{тв}$  обмежений зверху значенням  $T_{п} - \tau_{п} / T_{п}$  при  $K_p = T_{mp} / T_{ц}$  й тільки лише в другому випадку може перевищити це значення і може бути доведений до 1.

Введених показників надійності ЗВТ ( $K_r$ ,  $K_b$ ,  $K_{тв}$ ) досить, щоб сформулювати постановку задачі про визначення залежності втрат від браку, викликаного застосуванням за призначенням ЗВТ з прихованою відмовою.

Нехай на підприємстві існує  $P_{рм}$  типів робочих місць за виготовлення продукції, де використовуються ЗВТ. Нехай, далі,  $P_k$  – кількість робочих місць  $k$ -го типу,  $k = 1, \dots, P_{рм}$ . Парк ЗВТ підприємства нарахує  $M_{зв}$  типів ЗВТ. У кожному  $j$ -му типі ЗВТ є  $n_j$  одиниць ЗВТ ( $j = 1, \dots, M_{зв}$ ). Можна вказати, якого типу й у якій кількості повинні бути встановлені ЗВТ на робочому місці деякого типу. Позначимо це число  $q_{jk}$ ,  $j \in 1, \dots, M_{зв}$ ,  $k \in 1, \dots, P_{рм}$ .

Тоді втрати від браку можна виразити таким чином:

$$C^{бр} = \sum_{j=1}^{M_{зв}} 1 - K_{Bj} \sum_{k=1}^{P_{рм}} q_{jk} \cdot P_k \cdot C_{jk}^{бр}, \quad (2.10)$$

де  $K_b$  – коефіцієнт вірогідності показань ЗВТ  $j$ -го типу;  $C_{jk}^{бр}$  – внесок у втрати від браку на робочому місці  $k$ -го типу при використанні ЗВТ  $j$ -го типу.

Незважаючи на простоту виразу (2.10), у ньому нетривіальною компонентою виступає величина  $C_{jk}^{бр}$ . Остання залежить від множини факторів: типу виробництва виробничої програми, технологічних процесів, складу основного й допоміжного устаткування і його компанування на виробничих площах, стратегії керування виробництвом і т.ін., тобто від організаційно-виробничої структури. Вивчення поводження величини  $C_{jk}^{бр}$  – цілий самостійний напрям, пов'язаний з аналізом організаційно-виробничої структури підприємства, що виходить за рамки дійсної роботи. Для вирішення задач оптимізації параметрів МО ЗВТ з метою зниження загальних витрат на виробництво продукції можна вважати, що значення величин  $C_{jk}^{бр}$  є вхідними даними, що характеризують типовий виробничий процес. При цьому допускається, що з боку виробничої системи на величини  $K_r$ ,  $K_b$  і  $K_{тв}$  можуть бути накладені обмеження.

Як цільову функцію рекомендується взяти суму втрат від браку й суму витрат на утримання і функціонування МО ЗВТ. Щоб обґрунтувати такий вибір цільової функції, варто зробити зауваження. Для цього уточнимо поняття втрат від браку. В загальному випадку всі витрати виробництва компенсуються з прибутку від реалізації продукції. Оскільки вартість товару не може перевищити його споживчу вартість, відповідно не залежить від того, в яких цінах (договірних, оптових або роздрібно встановлених) реалізується продукція, ці ціни завжди обмежені. Виробничі потужності підприємства й організація виробництва накладають обмеження на випуск продукції в одиницю часу. Таким чином, прибуток підприємства обмежений.

Якщо на певному робочому місці у виробі виникає брак, то або цей виріб не буде реалізовано, підприємство буде виплачувати штрафні санкції чи усувати брак за свій рахунок. Так чи інакше, це еквівалентно втраті частини прибутку від реалізації. Частина цих витрат, що доводиться на дане робоче місце й даний тип використовуваного ЗВТ, є втратами від браку. Наведені до одиниці часу ці втрати відповідають позначеним вище  $C_{jk}^{бр}$ . При цьому матеріальні витрати на випуск бракованої продукції компенсуються з доходів від реалізованої продукції. Таким чином, введення величини  $C_{jk}^{бр}$  можна розглядати, як витрати на виробництво бракованої продукції.

Відповідно задачу визначення втрат від браку можна сформулювати в такий спосіб.

Нехай інтенсивність реалізації продукції здійснюється в грошових одиницях, що отримують в одиницю часу. За відсутності виробництва бракова-



них виробів позначимо її  $V$ . За наявності у виробках браку інтенсивність виручки  $V_0$  можна представити як  $V_0 = V_p + V_{бр}$ , де  $V_p$  – виручка від реалізованої продукції  $V_{бр}$  – очікуваний прибуток від бракованих виробів, якби вони не містили браку. Частина  $V_{бр}$ , пов'язана з використанням на робочих місцях ЗВТ з прихованими відмовами, є  $C^{бр}$ . Отже, задачею визначення втрат від браку через дефектну роботу ЗВТ є визначення величини  $C^{бр}$  як частки потенційної виручки, недоотриманої внаслідок наявності у виробках браку через застосування ЗВТ з прихованими відмовами. Остаточним рішенням цієї задачі є визначення штрафних функцій  $C_{jk}^{бр}$  для відомої організаційно-виробничої структури і формулювання обмежень на показники надійності ЗВТ -  $K_r, K_b, K_{тв}$ .

Для визначення витрат на утримування системи МО ЗВТ розглянемо спочатку таку організацію МО ЗВТ, за якої всі перевірочні й ремонтні роботи виконуються усередині підприємства – замкнуту систему. Нехай у системі МО ЗВТ є  $M_{пв}$  типів фахівців з перевірки і  $v_l$  фахівців кожного типу,  $l = 1, \dots, M_{пв}$ . Спеціалізацію фахівця з перевірки можна задати булевим вектором  $b_l$ ;  $b_l = b_{l1}, b_{l2}, \dots, b_{lm}$ , де  $b_{lj} = 1$ , якщо фахівець типу  $l$  перевіряє ЗВТ  $j$ -го типу, і  $b_{lj} \neq 0$  - в іншому випадку. Нехай також є  $M_{рм}$  типів фахівців з ремонту,  $P_\gamma$  фахівців кожного типу ( $\gamma = 1, \dots, M_{рм}$ ). Спеціалізація ремонтника також може бути задана булевим вектором  $\vec{d}_\gamma = d_{\gamma 1}, d_{\gamma 2}, \dots, d_{\gamma M_{рм}}$ , де  $d_{\gamma j} = 1$ , якщо він може виконувати ремонт ЗВТ  $j$ -го типу, і  $d_{\gamma j} = 0$  - в іншому випадку. Нехай, далі є  $N_{пв}$  типів перевірочних установок по  $U_\xi$  установок кожного типу,  $\xi = 1, \dots, N_{пв}$ , і  $N$  типів ремонтних установок по  $\omega_\xi$  установок типу,  $\xi = 1, \dots, N_{рм}$ . Типи установок описуються булевими векторами за аналогією з фахівцями:  $\vec{f}_\xi$  – для перевірочних установок і  $\vec{g}_\xi$  – для ремонтних.

Перевірочні й ремонтні установки, приміщення які вони займають, а також самі ЗВТ є частиною основних фондів підприємства. Фахівці з перевірки і ремонтники є трудовими ресурсами підприємства. У процесі виконання перевірочних і ремонтних робіт споживаються енергія й запасні покупні комплектуючі вироби. Це основний склад витрат на утримування і функціонування СМО ЗВТ. Витрати покриваються з доходів від реалізації підприємством своєї продукції, так само як і втрати від браку. Отже, задача визначення витрат на утримування і функціонування МО ЗВТ складається у визначенні витрат за зазначеними компонентами. Ці витрати складаються з амортизаційних відрахувань на реновацію ЗВТ, амортизаційних відрахувань на реновацію й ремонт перевірочних і ремонт-

них установок і приміщень, де перебувають самі установки, відрахувань на повну заробітну плату фахівців з перевірки і ремонту ЗВТ, прямих матеріальних витрат на проведення перевірочних ремонтних робіт і накладних витрат, податку на працівників і т.ін.

Річні амортизаційні відрахування на реновацію ЗВТ можна представити:

$$A_{ск}^r = \sum_{j=1}^{M_{си}} K_{рj} n_j H_j^H / 100\% (K_{сиj}^{перв} - K_{сиj}^п), \quad (2.11)$$

де  $H_j^H$  – норма амортизації на реновацію для ЗВТ  $j$ -го типу в %;  $K_{сиj}^{перв}$  – початкова вартість придбання ЗВТ  $j$ -го типу (ціна + доставка + монтаж);  $K_{сиj}^п$  – ліквідаційна вартість ЗВТ  $j$ -го типу;  $K_{рj}$  – коефіцієнт резервування ЗВТ  $j$ -го типу.

Аналогічно визначаються амортизаційні відрахування на установки та завдання для виконання перевірочних і ремонтних робіт:

$$A_{пр}^r = \sum_{\xi}^{N_{пв}} U_{\xi} H_{\xi}^q / 100\% (K_{пв\xi}^{перв} - K_{пв\xi}^п) + \sum_{\zeta}^{N_{рм}} W_{\zeta} H_{\zeta}^q / 100\% (K_{рм\zeta}^{перв} - K_{рм\zeta}^п) + H_{п}^q / 100\% (K_{п}^{перв} - K_{п}^п), \quad (2.12)$$

де  $H_{\xi}^q$  – норма амортизації на реновацію і ремонт перевірочних установок  $\xi$ -го типу, %;  $H_{\zeta}^q$  – теж саме для ремонтних установок  $\zeta$ -го типу;  $H_{п}^q$  – теж саме для приміщень, де знаходяться ремонтні і перевірочні установки; в лапках відповідно початкові і ліквідаційні вартості.

Річні відрахування на заробітну плату працівникам СМО ЗВТ:

$$Z^r = O^r (1 + P_{cc} / 100\%) (1 + P_{доп} / 100\%), \quad (2.13)$$

де  $O^r$  – основна річна зарплата фахівця з перевірки;  $P_{cc}$  – відсоток відрахувань на соціальне страхування;  $P_{доп}$  – відсоток відрахувань на додаткову зарплату.

Накладні витрати визначаються як нарахування на середньорічну основну заробітну плату працівників СМО ЗВТ:

$$H^r = P_n / 100\% O^r, \quad (2.14)$$

де  $P_n$  – відсоток накладних витрат.

Вказані річні витрати для розв'язання задач оптимізації доцільно привести до іншої одиниці – до години, так як більшість параметрів СМО ЗВТ, вимірюються в годинах. Тоді приведені витрати:

$$I_1 = (A_{си}^r + A_{пр}^r + Z^r + H^r) / F_{сг}, \quad (2.15)$$

де  $F_{сг}$  – середньорічний фонд робочих годин підприємства. При ремонті витрати на матеріали – величина випадкова і залежить від того, наскільки серйозна відмова виникла в ЗВТ, які компоненти ЗВТ потребують заміни:

$$C_j^p = C_{gj}^{PM} \tau_p + C_j^3, \quad (2.16)$$

де  $C_j^p$  – витрати на один ремонт ЗВТ;  $C_{gj}^{PM}$  – годинна ставка детермінованих матеріальних витрат на ремонт ЗВТ  $j$ -го типу;  $C_j^3$  – випадкова величина витрат на заміняємі при ремонті компоненти ЗВТ  $j$ -го типу.

Вибір той чи іншої оцінки залежить від конкретної ситуації і типів ЗВТ. Це необхідно враховувати при побудові залежностей матеріальних витрат від параметрів СМО ЗВТ.

### Висновки

1. Сформульовано і запропоновано наукові і методичні підходи до розв'язання задачі оптимізації функціонування і структури системи МО ЗВТ.
2. Визначено основні показники надійності ЗВТ, а також витрати на утримання системи МО ЗВТ, достатні для визначення витрат від браку, викликаного застосуванням ЗВТ з прихованою відмовою.

### Список літератури

1. Віткін Л., Сухенко А. Нові методичні документи з розроблення та впровадження систем керування якістю // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2006. – № 2. – С. 59-65.
2. Віткін Л., Сухенко А., Польшаков В., Миленко М. Системи управління якістю та системи екологічного управління: впровадження у світі та Україні // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2006. – № 6. – С. 43-52.
3. Віткін Л.М. Стратегія “блакитного океану” у сфері якості // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2007. – № 4. – С. 45-49.
4. СУЯ: нові підходи до проведення аудитів // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2008. – № 1. – С. 33-36.
5. Віткін Л.М. Менеджмент якості та навколишнього середовища: Посібник для самостійної роботи студентів. – К.: Ун-т економіки та права “КРОК”, 2007 – 459 с.
6. ГОСТ 8.565-99. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок установления и корректировки межповерочных интервалов.
7. Игнаткин В.У. Автоматизированная система контроля, учета и планирования деятельности метрологической службы предприятия // Управляющие системы и машины, 1976. – № 2. – С. 35-39.

8. Игнаткин В.У. Автоматизация метрологического обслуживания средств измерений промышленного предприятия. – М: Изд-во стандартов, 1988. – 208 с.

9. Игнаткин В.У. Реализация АСУ «Метролог» средствами диалоговой системы обработки данных «ДИСОД» // Сб. рефератов депонированных рукописей, НИИЭИР, рег.3-8380, 1987.

10. Игнаткин В.У. Методические вопросы разработки и внедрения АСУ «Метролог» // Метрологическая служба в СССР. – 1986. – Вып.4. – С. 56-61.

11. Автоматизированная информационно-управляющая система государственной метрологической службы // Сб. научн. тр. ВНИИМС, М. Изд-во ВНИИМС, 1982. – 48 с.

12. Сажин С.Г. и др. Интеллектуальные методы диагностики информационно-измерительных каналов АСУТП // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 6. – С. 22-28.

13. Игнаткин В.У. Определение и анализ зависимостей показателей надежности средств измерений // Измерительная техника, 1988. – № 7 – С. 11-13.

14. Методические указания. РД 50-330-82.

15. МИ 377-86.

16. МИ 185-79.

17. Библиографический указатель “Депонированные рукописи”, 1983. – №9.

18. Рекомендации по межгосударственной стандартизации “Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений” РМГ 74-2004.

19. Кондратов В.Т. Особенности и состояние проблемы метрологической надежности средств измерений // Украинський метрологічний журнал. – 2007. – № 2. – С. 15-21.

20. Віткін Л.М., Ігнаткін В.У., Литвіненко В.А. Комп'ютерне коригування міжперевірочних інтервалів ЗВТ за критерієм мінімуму витрат // Системи обробки інформації. – 2008. – № 3(73). – С. 24-29.

21. Віткін Л.М., Ігнаткін В.У. Використання функцій розподілу ймовірностей для контролю статистично керованих процесів // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2008. – № 2(17) – С. 80-88.

22. Виткин Л.М., Игнаткин В.У. Некоторые аспекты выбора и использования информации // Системи обробки інформації. – 2008. – № 1(68). – С. 11-14.

23. Виткин Л.М., Игнаткин В.У. Модель взаимосвязи ценности и старения информации // Системи обробки інформації. – 2007. – № 9(67). – С. 141-143.

Надійшла до редколегії 6.10.2008

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

### ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ОПТИМИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ОЦЕНКИ ЕГО ПАРАМЕТРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Л.М. Виткин, В.У. Игнаткин, В.А. Литвиненко

Сформулированы и предложены научные и методические подходы к решению задачи оптимизации функционирования и структуры системы метрологического обслуживания (МО) средств измерительной техники (ЗВТ). Определены основные показатели надежности ЗВТ, а также расходы на удерживание системы МО ЗВТ, достаточные для определения потерь от нехватки, вызванной применением ЗВТ со скрытым отказом.

**Ключевые слова:** метрологическое обслуживание, измерительная техника, показатели функционирования.

### GROUND OF CONCEPTION OF OPTIMIZATION OF METROLOGY MAINTENANCE OF FACILITIES MEASURING TECHNIQUE, ESTIMATIONS OF HIS PARAMETERS AND INDEXES OF FUNCTIONING

L.M. Vitkin, V.U. Ignatkin, V.A. Litvinenko

Formulated and offered scientific and methodical approaches to the decision of task of optimization of functioning and structure of the system metrology maintenance (MM) of facilities measuring technique (FMT). Certainly basic reliability of FMT indexes, and also charges on retaining systems of MM FMT, sufficient for determination of losses on a shortage, caused application of FMT with the hidden refusal.

**Keywords:** metrology service, measuring technique, indexes of functioning.