

В.У. Ігнаткін, Ю.С. Хомош, В.С. Дудніков, О.П. Юшкевич, В.А. Тіхонов

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО
УПРАВЛІННЯ МЕТРОЛОГІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ ЗАСОБІВ
ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ – ЯК ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ
КОЛЕКТИВНОГО КОРИСТУВАННЯ**

Анотація. В якості оцінки ефективності діалогової системи колективного користування, на прикладі системи автоматизованого управління метрологічним обслуговуванням засобів вимірювальної техніки (САУМ03ВТ), використовується відношення середньої реактивності системи до середніх витрат на один запит. Досліджено відношення середньої реактивності цільової системи до середніх витрат на один запит (С). Під реактивністю прийнята величина, зворотна часу проходження запиту у системі. Потік запитів у системі підпорядковується закону розподілення Пуассона. Для дослідження вибраний метод імітаційного моделювання. Одержані: залежності (С) від часу поміж двома сусідніми запитами; залежність витрат на один запит від інтенсивності надходження запитів; залежність витрат на один запит від пропускної спроможності системи та ін. Збільшення ефективності діалогових систем колективного користування можливим шляхом більш повного навантаження більшої потужності інформаційної системи. Вибраний критерій оцінки показує, який запас в пропускній здатності системи є надмірним. Наведено результати розрахунків економічної ефективності від запровадження САУМ03ВТ на кількох підприємствах та НДІ. У загальному випадку методи визначення економічної ефективності САУ різних призначень розрізняються між собою складом елементів невпорядкованості (витрат) і ступенем впливу використаної інформації на стан керованої системи. Основним критерієм оцінки економічної ефективності розробки САУ є зростання прибутку промислового підприємства з урахуванням зростання продуктивності суспільної праці, тобто. переважно з допомогою зниження витрат за виробництво продукції. Як кількісного вираження економічної ефективності створення САУ застосовується річна економія від запровадження САУ і термін окупності додаткових капітальних вкладень. Ключові слова: реактивність системи; імітаційне моделювання; закон Пуассона; пропускна спроможність системи; економічна ефективність; прибуток; термін окупності

Постановка задачі. При побудові автоматизованих інформаційних систем однією з важливих є оцінка ефективності їх функціонування. Це важливо

для визначення раціональної продуктивності системи, коли поряд з вимогами до функціональних можливостей ставиться завдання високоефективного її функціонування [1-4].

У діалогових системах одиницею робочого навантаження є запит. Під реактивністю системи будемо розуміти величину, зворотну часу проходження запиту T_x , тобто $\rho = 1/T_x$.

В якості оцінки ефективності (C) діалогової системи колективного користування будемо розглядати відношення середньої реактивності системи ρ до середніх витрат Z на один запит:

$$C = \frac{\bar{\rho}}{\bar{Z}} = (T_x \times \bar{Z}) \quad (1)$$

Викладення основного матеріалу. У діалогових системах колективного користування, в яких колективним ресурсом є не тільки обчислювальні засоби, а й дані, витрати розподіляються між користувачами пропорційно часу, необхідного для реалізації запитів користувачів, тобто

$$z = k \cdot T_z, \quad (2)$$

де T_z — середній час реалізації однієї заявки, k — коефіцієнт пропорційності.

Таким чином, з точністю до коефіцієнта пропорційності маємо:

$$C = (T_x \cdot T_z)^{-1} \quad (3)$$

Досліджено величина (C) як критерій ефективності діалогової системи колективного користування. У якості методу дослідження обрано метод імітаційного моделювання [5].

Приймемо в якості робочого навантаження потік заявок з розподілом Пуассона, тобто ймовірність надходження наступної заявки складає $P = 1 - e^{-\lambda t}$, де λ — інтенсивність надходження заявок.

Припустимо, що час обслуговування заявки має такий же закон розподілу $P = 1 - e^{-\mu t}$, де μ — середня кількість вимог, які може бути обслужено за одиницю часу. Будемо розглядати випадок системи з одним каналом обслуговування.

Звісно, що в разі, коли $\mu \ll \lambda$ система набуває нестійкий характер, час очікування заявок на обслуговування істотно збільшується, що веде до зниження ефективності функціонування системи за критерієм (C). Випадок, коли $\mu \gg \lambda$ призводить до стану системи, при якому знижується коефіцієнт завантаження обладнання, збільшується час простою, що також веде до зниження критерію (C), тому що простої системи віднесені за рахунок користувачів. Найбільш ці-

кавою видається область параметрів системи, при яких $\mu \approx \lambda$. У цій області і буде вироблено моделювання роботи інформаційної системи.

Зробимо зауваження з приводу фізичного сенсу обраного нами критерію. Величина (С) представляє числове значення реактивності ρ , поділене на величину витрат, тобто оптимізація діалогової системи в сенсі критерію (С), зводиться до пошуку максимальної реактивності, що віддається системою за одиницю витрат.

В процесі моделювання необхідно з'ясувати чи є обрана нами величина (С) об'єктивним критерієм оцінки ефективності функціонування системи. Крім того, необхідно визначити поведінку системи за різними параметрами в переходному процесі, коли $\lambda \approx \mu$.

Робота моделюючого алгоритму являє імітацію процесу надходження заявок в деякі моменти часу t_i , розділені інтервалами випадкової тривалості τ_i , і процесу обслуговування заявок в моменти часу t_j , розділені інтервалами випадкової тривалості Θ_j . В процесі моделювання були виявлені наступні закономірності. Залежність величини (С) від величини інтервалу між двома сусідніми запитами τ для різних значень величини Θ , яка показана на рисунку1 дзвоноподібними кривими. Максимум значень величини (С) для різних Θ як видно з рисунка досягається при $\lambda \approx \mu$, що дає підставу вважати величину (С) об'єктивним критерієм ефективності. Зауважимо, що при зменшенні пропускної здатності системи (збільшення Θ) оптимальне значення величини (С) зменшується.

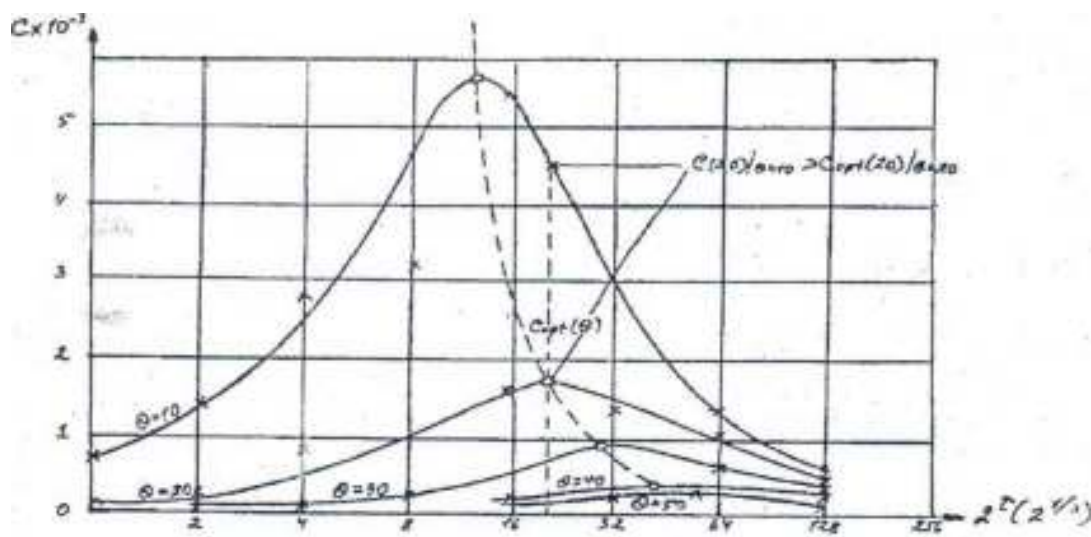


Рисунок 1 – Залежність величини (С) від величини інтервалу між двома сусідніми запитами τ_i для різних значень величини Θ

На рисунку 2 показана залежність величини T_z від величини τ при різних Θ . Як видно, для $\tau \in [1; 16]$ величина T_z практично не змінюється, і тільки при $\tau = 32$ і вище відбувається істотне збільшення T_z . Таким чином витрати на інформаційне обслуговування однієї заявки зменшуються при збільшенні інтенсивності надходження заявок (що може бути досягнуто підключенням нових користувачів).

Рисунок 3 показує залежність витрат на одну заявку від пропускної здатності (або часу обслуговування однієї заявки Θ). Як видно з рисунка при збільшенні пропускної здатності (зменшення величини Θ) витрати віднесені на одну заявку зменшуються.

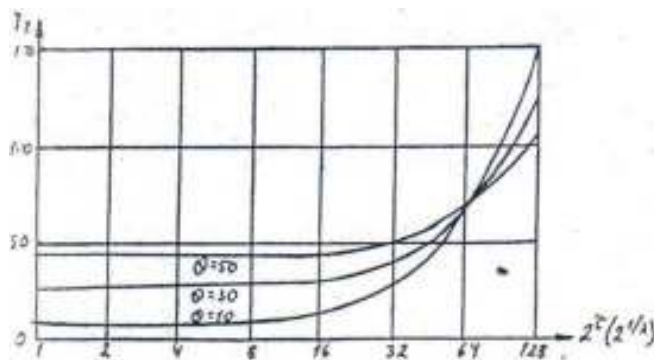


Рисунок 2 -Залежність величини витрат T_z від величини τ

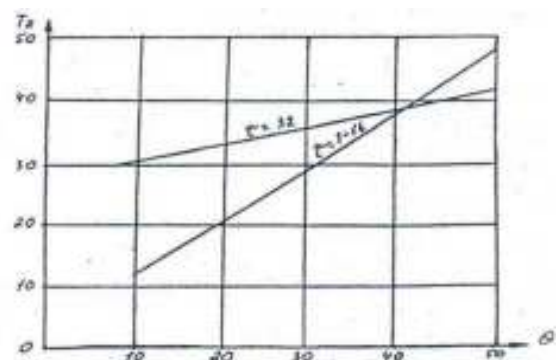


Рисунок 3–Залежність витрат T_z на одну заявку від пропускної здатності

Аналізуючи отримані результати моделювання можна зробити наступні висновки:

1. Величина (C) при виборі відповідної одиниці виміру шляхом підбору коефіцієнта пропорційності k може бути прийнята в якості одного з критеріїв оцінки ефективності функціонування діалогової інформаційної системи. Фізичний сенс критерію визначається збільшенням реактивності системи при збільшенні витрат на обслуговування однієї заявки. Величина, зворотна (C) може бути розглянута як ціна одиниці реактивності системи.

2. При збільшенні інтенсивності надходження заявок, $C_{\max}$ збільшується. Таким чином, збільшення ефективності діалогової системи в сенсі величини (C) можливо шляхом більш повного завантаження більш потужної інформаційної системи. Так система з $\Theta = 10$ навіть наполовину завантажена вважається більш ефективною в сенсі (C), ніж повністю завантажена система з $\Theta = 20$.

3. При збільшенні інтенсивності надходження заявок витрати на обслуговування однієї заявки зменшуються. Однак при зменшенні інтенсивності є деяка нижня позитивна межа, нижче якій витрати не можуть бути. Так, в нашій

моделі при однаковій інтенсивності надходження заявок для всіх $\tau < 16$ витрати практично однакові.

4. При збільшенні пропускної спроможності системи витрати на обслуговування однієї заявки зменшуються. Залежність між величинами Θ і T_z лінійна. Лінія регресії тим крутіше, чим менше величина τ . Це ще раз підтверджує тезу про те, що більш ефективної діалогової системою є та, яка має більш високу пропускну здатність і є повністю завантажена. Якщо в інформаційну систему ввести документальний і фактографічний контури, то результати дослідження залежностей наведені на рис. 4 і рис. 5, де заштриховані області становлять предмет окремого викладу [2].

На рис.5 обрані залежності (С) від τ для Θ мають однакове відношення затрат між затратами на пошук і затратами на підготовку довідки, яку готує довідкова система (наприклад 1:4), відповідно: 2+8; 4+16; 8+32; 16+64.

На рисунку 5 стрілками вказані T_z при оптимальному (в сенсі С) τ_{opt} . З графіків видно, що, починаючи з τ_{opt} T_z починає збільшуватися істотно і стійко. Тобто критерій (С) показує, який запас в пропускній здатності є надмірною.

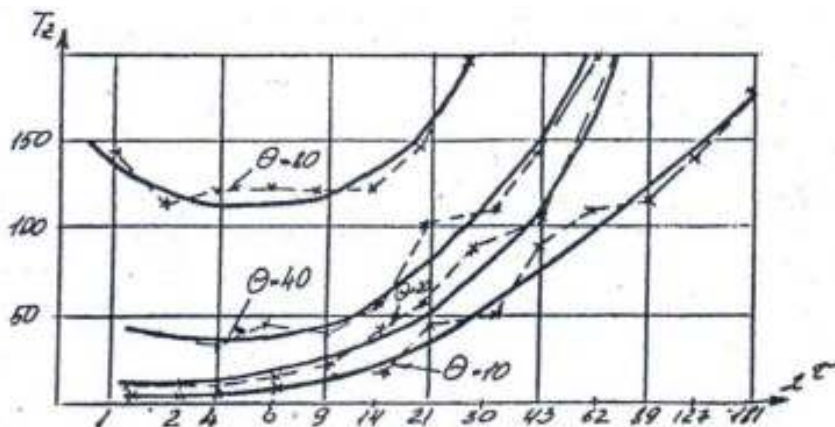


Рисунок 4 – Результати дослідження величини T_z від величини τ

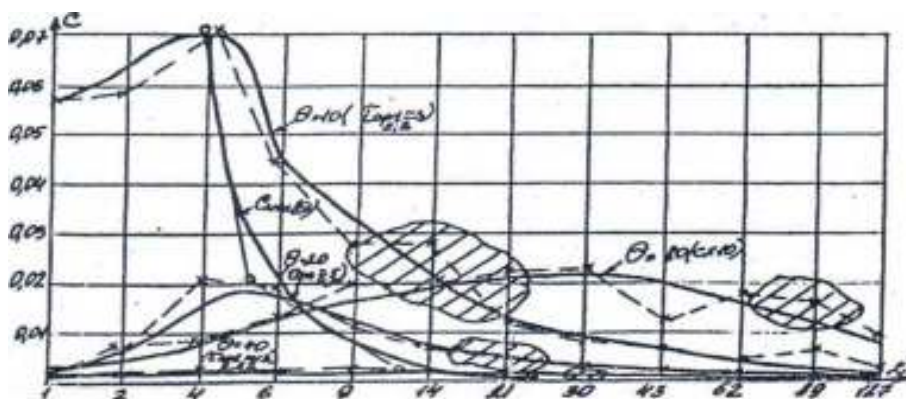


Рисунок 5–Оцінка ефективності функціонування системи (С) від змінної τ

Оцінка ефекту від впровадження системи автоматизованого управління метрологічним обслуговуванням засобів вимірювання на підприємстві. Результати функціонування даної системи як і будь-якої іншої САУ виявляються в джерелах її ефективності при впровадженні. У загальному випадку методи визначення економії ефективності САУ різних призначення значно відрізняються між собою головним чином складом елементів невідповідності (втрат) і ступенем впливу використаної на формації стан керованої системи.

Основним критерієм економічної ефективності розробки та впровадження САУ є зростання прибутку промислового підприємства на основі зростання продуктивності громадської праці, тобто в основному за рахунок зниження витрат на виробництво продукції. Як кількісного вираження економічної ефективності створення САУ приймається річна економія від запровадження САУ і термін окупності додаткових капітальних вкладень. Джерелами економічної ефективності у сфері виробництва при впровадженні САУ є: збільшення випуску продукції; зростання продуктивності праці завдяки кращій організації виробництва; скорочення простоїв та понад урочних робіт, підвищення коефіцієнта завантаження обладнання; зниження браку завдяки підвищенню ритмічності виробництва; зменшення нормованих оборотних засобів; скорочення витрат товарно-матеріальних цінностей; зниження непродуктивних витрат, пов'язаних із зменшенням штрафів, пені, неустойок; скорочення умовно незмінних витрат.

Чинники економії і власне економія за кожним чинником часом можуть бути визначені прямим рахунком. Це, зазвичай, можна зробити для САУ, дають велику економію, де здійснюються розрахунки з оптимізації плану виробництва чи використання САУ супроводжується значним скороченням витрат у виробництві. Економія, одержувана в результаті оптимізації плану виробництва, прямо пропорційна витратам і умовно постійним витратам і цілком входить у загальну економію від САУ. Прибуток, одержуваний від збільшення випуску продукції в результаті оптимізації плану виробництва, також додається до загальної економії у повному обсязі.

Найчастіше на етапі застосування САУ їх ефективність доводиться визначати з допомогою низки прийомів, які у сумі і становлять методіку.

Економічна ефективність САУ визначається річним приростом прибутку у зв'язку з функціонуванням САУ, річним економічним ефектом та ефективністю витрат на її створення.

Річний приріст прибутку (або економію) розраховують за формулою [6,7]

$$\Xi_{\text{пр}} = \left(\frac{A_2 - A_1}{A_1} \right) \Pi_1 + \frac{(C_1 - C_2)}{100} \cdot A_2, \quad (4)$$

де A_1, A_2 – річні обсяги продукції до і після впровадження САУ, грошових одиниць; C_1, C_2 – витрати на виробництво реалізованої продукції до і після впровадження САУ; Π_1 – прибуток від продукції до застосування САУ, грошових одиниць.

Річна економія від функціонування САУ використовується для розрахунку річного економічного ефекту і відображається у планах за собівартістю продукції та фінансових планах підприємств та галузей народного господарства.

Річний економічний ефект показує ступінь економічної ефективності САУ з урахуванням витрат на її створення та визначається за формулою:

$$\Xi = \left[\left(\frac{A_2 - A_1}{A_1} \right) \Pi_1 + \frac{C_1 - C_2}{100} \cdot A_2 \right] \cdot E_{\kappa} K^a, \quad (5)$$

де E_{κ} – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень у даній галузі; K^a – капітальні вкладення, пов'язані зі створенням та використанням САУ, грошових одиниць.

Ефективність витрат визначається розрахунковим коефіцієнтом ефективності витрат

$$E_p = (\Xi_{\text{пр}} / K^a) \cdot E_{\kappa} \quad (6)$$

або терміном окупності витрат

$$T = K^a / \Xi_{\text{пр}}. \quad (7)$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності E_p зіставляється з нормативним значенням E_{κ} і у разі, коли розрахунковий коефіцієнт більший за нормативний, САУ вважається ефективною. Як правило, розрахунковий коефіцієнт ефективності САУ має суттєво перевищувати нормативний для цієї галузі.

Термін окупності витрат T на САУ є показником, що характеризує період часу, протягом якого загальні витрати відшкодовуються за рахунок економії поточних витрат та додаткового прибутку від реалізації продукції.

При розрахунку фактичної економічної ефективності САУ використовуються фактичні дані про зміну показників – виробничо-господарської діяльності у зв'язку з її впровадженням (див.табл.1-4). Основними складовими економічного ефекту від функціонування системи САУМОЗВТ є: скорочення докуме-

нтів управління (обліку, контролю, планування), що складаються вручну, та їх уніфікація; покращення організації та підвищення якості планування МО парку ЗВТ; ефективне використання ЗВТ зі зниженою класністю; зниження відсотка браку, викликаного використанням ЗВТ, яке відмовило (метрологічно) при контролі виробленої промислової продукції; зниження трудомісткості управлінських процесів. Отже, річна економічна ефективність системи може бути розрахована за формулою:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{к.б.}} + \mathcal{E}_{\text{и}} + \mathcal{E}_{\text{з.п.}} + \mathcal{E}_{\text{сс}} + \mathcal{E}_{\text{уд.}} - 3 \cdot K_2 \quad (8)$$

$$\mathcal{E}_{\text{к.б.}} = \left\{ \left[\frac{\Phi}{\Phi - B \cdot \frac{b_{\text{н}}}{100} \cdot T_{\text{з.б}}} - 1 \right] \left[H + \left(E_{\text{н}} + \frac{a_0}{100} \right) K \right] + B \cdot \frac{b_{\text{н}}}{100} \cdot T_{\text{з.б}} \cdot C_{\text{р}} \right\} \quad (9)$$

де — економічна ефективність підвищення якості перевірочних робіт і зниження відсотка браку продукції Φ річний фонд часу роботи обладнання; B — річний випуск виробів, $b_{\text{н}}$ — зменшення випадків шлюбу продукції % ($b_{\text{н}} = \frac{H_{\text{бн}}}{H_{\text{ге}}} \cdot 100$); $T_{\text{з.б}}$ — час виявлення та заміну браку на наступних стадіях технологічного процесу виготовлення продукції чи споживача, H — річна сума умовно-постійних витрат при випуску продукції, a_0 — середня амортизація, % (~13%), K — капітальні вкладення; $C_{\text{р}}$ — вартість одиниці часу працівника; $\mathcal{E}_{\text{и}} = ([\Sigma C_{\text{р2}} - \Sigma C_{\text{р1}}] \cdot N)$ — економічна ефективність від застосування ЗВТ зниженої класності, $\Sigma C_{\text{р2}}$, $\Sigma C_{\text{р1}}$ — суми вартості ЗВТ відповідно підвищеної та зниженої класності; N — кількість ЗВТ; — економія від уніфікації документів; $\mathcal{E}_{\text{з.п.}} = ([\text{Ч} - \Delta\text{Ч}] \cdot 3_{\text{п}} \cdot 12)$ — економічна ефективність від умовного вивільнення чисельності штату у зв'язку зі зниженням трудомісткості управлінських процесів, Ч — чисельність персоналу; $\Delta\text{Ч}$ — чисельність персоналу після вивільнення, $3_{\text{п}}$ — середня зарплата одного працівника (~185 руб); $\mathcal{E}_{\text{сс}} = (\mathcal{E}_{\text{з.п.}} \cdot K_1)$ — економія відрахування на соцстрах, K_1 — відсоток відрахувань на соцстрах (~14%), 3 — одноразові витрати на проектування, підготовку та впровадження САУ, включаючи НДР та ДКР, K_2 — нормативний коефіцієнт (~15%).

Термін окупності

$$T = \frac{3}{(\mathcal{E}_{\text{к.б.}} + \mathcal{E}_{\text{и}} + \mathcal{E}_{\text{з.п.}} + \mathcal{E}_{\text{сс}} + \mathcal{E}_{\text{уд.}})} \quad (10)$$

Викладена вище методика розрахунку економічного ефекту враховує всі його складові (на цьому етапі створення системи).

Нині через відсутність низки вихідних даних розрахунків ефективності (фактичної) виробляється дещо спрощеним способом. Так, згідно з цим способом, економічний ефект визначають за формулами:

$$\Xi = Z_1 - Z_2, \quad (11)$$

де Z_1 — річні експлуатаційні витрати під час ручної обробки, Z_2 — загальні річні експлуатаційні витрати під час запровадження САУ.

$$Z_1 = T \cdot C_{н.ч}, \quad (12)$$

де T — трудомісткість, нормо-год / рік; $C_{н.ч.}$ — вартість однієї нормо-години, грошових одиниць.

$$C_{н.ч.} = \frac{Z_{п.} (1 + HP + OC)}{T_{г.}}, \quad (13)$$

де $Z_{п.}$ — середня заробітна плата на місяць; HP — накладні витрати, %; $T_{г.}$ — середня кількість годин на місяць; OC — відрахування на соцстрах, %.

$$T = N \cdot T_{уд}, \quad (14)$$

де N — кількість одиниць ЗВТ; $T_{уд}$ — трудомісткість, нормо-год, на один прилад, по всіх розв'язуваних задач; $T_{уд} = T_1 + T_2 + \dots + T_n$, n — кількість розв'язуваних задач.

$$Z_2 = Z'_2 + K \cdot E_n, \quad (15)$$

де Z'_2 — річні експлуатаційні витрати під час застосування САУ; K — витрати використання САУ; E_n — нормативний коефіцієнт.

$$Z'_2 = Z_{еом} + Z_{п.д.}, \quad (16)$$

де $Z_{еом}$ — загальна вартість вирішення завдань на ЕОМ; $Z_{п.д.}$ — витрати на підготовку даних на рік

$$Z_{еом} = \left(\sum_{i=1}^n T_{i3} \right) \cdot \Pi_{ч.еом}, \quad (17)$$

де n — кількість розв'язуваних завдань; T_{i3} — час на одне (i -е) завдання; $\Pi_{ч.еом}$ — вартість однієї години роботи ЕОМ.

$$Z_{п.д.} = T_{год} \cdot C_{н.ч.}, \quad (18)$$

де $T_{год}$ — час, необхідний на підготовку даних на рік;

$C_{н.ч.}$ — вартість однієї нормо-год.

Отже,

$$K = Z_{п.} \cdot (1 + HP + OC) \cdot 12. \quad (19)$$

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= T_{\text{зад}} \cdot C_{\text{ч.еом}} + T_{\text{год}} \frac{Z_{\text{п}}}{T_{\text{ч}}} (1 + \text{НР} + \text{ОС}) + Z_{\text{п}} (1 + \text{НР} + \text{ОС}) \cdot 12 \cdot E_{\text{н}} = \\
 &= \left(\sum_{i=1}^n T_{\text{из}} \right) \cdot C_{\text{ч.еом}} + [Z_{\text{п}} \cdot (1 + \text{НР} + \text{ОС})] \left[(T_{\text{год}} / T_{\text{ч}}) + 12 \cdot E_{\text{н}} \right]
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

де $T_{\text{зад}}$ – час, необхідний на виконання задач на ЕОМ.

Тоді

$$\begin{aligned}
 \mathcal{E} = Z_1 - Z_2 &= N \cdot T_{\text{уд}} \frac{Z_{\text{п}}}{T_{\text{ч}}} (1 + \text{НР} + \text{ОС}) - n \cdot T_{\text{з}} \cdot C_{\text{ч.еом}} + \\
 &+ [Z_{\text{п}} \cdot (1 + \text{НР} + \text{ОС})] \left[(T_{\text{год}} / T_{\text{ч}}) + 12 \cdot E_{\text{н}} \right]
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

В економічну ефективність, що розраховується за формулою, слід включити економію від підвищення якості сукупності вимірювань у виробництві промислової продукції і ефект від поліпшення умов експлуатації ЗВТ.

Термін окупності може бути розрахований за формулою

$$T = (Z_2 + K) / Z_1 \tag{22}$$

Наведемо приклади розрахунку фактичного річного економічного ефекту від застосування системи на конкретних підприємствах.

Приклад 1. Розрахунок економічної ефективності від застосування системи на Ступинському металургійному комбінаті. Вихідні дані для розрахунку становлять: $Z_{\text{п}} = 161$ грошових одиниць., $T_{\text{г}} = 174$ год, $\text{НР} = 123\%$, $\text{ОС} = 14\%$, $N = 3000$ шт., $T_{\text{уд}} = 0,21$ нормо-год, $E = 0,15$, $n = 6$, $T_{\text{из}} = 0,05$ год. $C_{\text{ч.еом}} = 60$ грошових одиниць. $T_{\text{год}} = 9$ год.

Підстановка цих даних у вихідну формулу дала такі результати: $\mathcal{E} = 13091,4$ грошових одиниць., а термін окупності $T = 0,33$ року (розрахунок зроблено по цінах 80-х років минулого століття).

Приклад 2. Розрахунок економічної ефективності від застосування системи НДІРФ ім. Л. А. Расплетіна. Вихідні дані для розрахунку становлять: $N = 2500$ шт., $Z_{\text{п}} = 185$ грошових одиниць., $T = 124$ год., $\text{НР} = 190\%$, $\text{ОС} = 14\%$, $E_{\text{н}} = 0,15$, $n = 6$, $T_{\text{из}} = 0,05$ год, $C_{\text{ч.еом}} = 60$ грошових одиниць., $T_{\text{год}} = 9$ год.

Підстановка цих даних у вихідну формулу дала наступний результат: $\mathcal{E} = 18\,575,5$ грошових одиниць. (розрахунок зроблено по цінах 80-х років минулого століття).

Якщо говорити про непрямі складові ефективності застосування системи, то слід зазначити таке. Перше позитивне зрушення після впровадження системи спостерігається в частині систематизації вимірювальної техніки, наведення

порядку в обліку ЗВТ. Оскільки для системи потрібна інформація про наявність різних ЗВТ, їх стан, технічні характеристики, то її впровадженню передують етапи паспортизації вимірювальної техніки. Це призводить до наведення ладу у вимірювальному господарстві. Наступне, що приносить використання системи автоматизації

МОЗВТ — це наведення порядку в організації перевірочних робіт, що можна зробити і вручну, але з величезними витратами; ЕОМ видає графік перевірки приладів за місяцями та підрозділами. Перший графік передається в метрологічну службу для планування перевірочних робіт, інший — підрозділам для планування пред'явлення наявних у них ЗВТ на перевірку. Графік складається з урахуванням рівномірного завантаження метрологічної служби. Це сприяє виробництву перевірочних робіт та найкоротші терміни. З іншого боку, регулярні перевірки ЗВТ сприяють підтримці їх високих технічних характеристик, що, у свою чергу, позитивно позначається на якості продукції, що випускається. У разі відхилень у перевірочних роботах (прилад не пред'явлений вчасно на перевірку або підлягає списанню за результатами перевірки) система видає відповідну інформацію як заявок придбання приладів замість списаних чи попереджень підрозділам про зрив термінів пред'явлення ЗВТ на перевірку. Це сприяє своєчасному оновленню парку ЗВТ, підтримці його у задовільному технічному стані, виконавчій дисципліні підрозділів, що експлуатують ЗВТ тощо.

Далі в процесі функціонування системи накопичується статистика відмов ЗВТ, на її підставі провадиться перерахунок міжперевірочного інтервалу (МПІ) з урахуванням різних критеріїв (якості продукції, що випускається, економічних показників тощо). Подальше планування процесу перевірочних робіт проводиться на підставі нового МПІ, що призводить до зниження втрат на перевірочні роботи, покращення комплексних показників роботи метрологічної служби підприємства.

Система дозволяє розраховувати виробничі площі під метрологічні служби, визначати трудомісткість виконання робіт з метрологічного обслуговування. Причому визначається верхня та нижня межі трудомісткості виконання таких робіт. Т. е. можна оцінити, до якої величини можна скоротити трудомісткість виконання перевірочних робіт за рахунок раціональної організації та суміщення робіт, освоєння суміжних професій і т.п.

Оптимізація вироблення керуючих рішень в САУМОЗВТ заснована на базі моделей (або однієї комплексної багатопараметрової моделі) процесів обслуговування ЗВТ за конкретними приватними критеріями (або за декількома

критеріями одночасно — багатокритеріальна оптимізація) згідно з методом декомпозиції загальної мети функціонування системи (рисунк 6). Для схеми на рис. 6 характерні три етапи; 1) процес налаштування та коригування моделей під поточний стан об'єкта (СМОЗВТ) або на вимогу ззовні; 2) процес коригування моделей за недосягнення цілей оптимізації; 3) програвання (перебір) на моделях варіантів керуючих рішень, порівнювання їх між собою за певним критерієм (критеріями), запам'ятовування найкращого та видача керуючого рішення.

Таким чином, раціональна САУМОЗВТ промисловими підприємствами має будуватися як інформаційно-довідкова система, як правило, на базі ЕОМ.

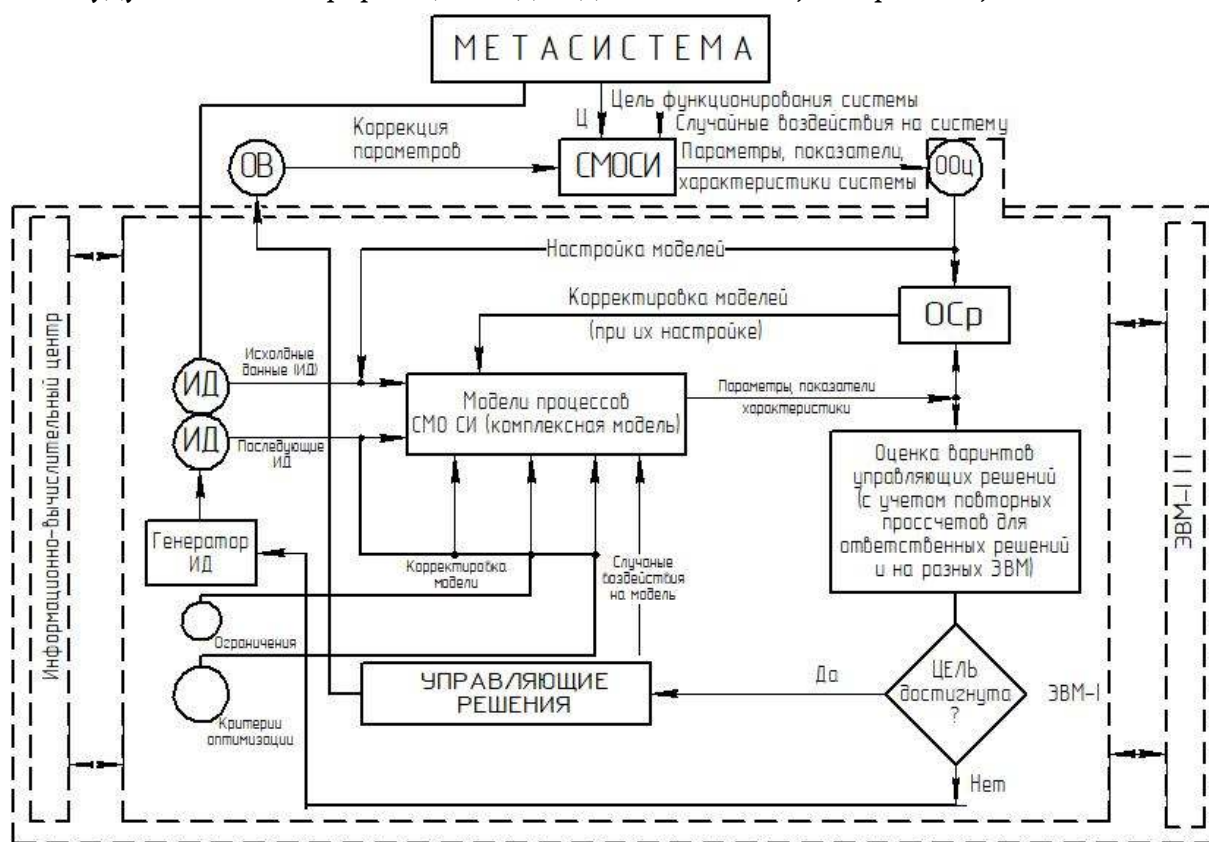


Рисунок 6 — схема оптимального (у певному сенсі) вироблення керуючих рішень в САУМОЗВТ: ОВ — орган впливу; ІД- вхідні дані; ООЦ — орган оцінки стану; ОСР— орган порівняння [8]

Розробка програмного забезпечення може проводитись із застосуванням мови програмування PL/1. Інформаційне забезпечення може будуватися як у вигляді системи лінійних наборів даних, так і із застосуванням СУБД. Таким вимогам задовольняє система автоматизації метрологічного обслуговування САУ МОЗВТ, опис якої наведено у [9].

Розрахунок економічної ефективності, одержаної в результаті втілення першої черги автоматизованої системи ЗВТ на Дніпровському машинобудівному заводі. (розрахунок зроблено по цінах 80-х років минулого століття). Результати розрахунків економічної ефективності наведено у таблицях 1-4.

Таблиця 1

Основні техніко-економічні показники

Найменування показників	До впровадження заходів	Після впровадження заходів
Трудомісткість річної програми нормо-год.	22016,2	7477
Трудомісткість річної програми чол-год.	22016,2	7477
Кількість виробничих робочих, необхідні виконання плану, чол.	10,6	3,6
Виробіток на одного робітника, нормо-год.		
Собівартість за статтями витрат, що змінюються, грошових одиниць.	2077	2077
Умовно-річна економія від зниження собівартості, грошових одиниць.	16048	6293
Річний економічний ефект, грошових одиниць.	—	9755
Додаткові капітальні вкладення, грошових одиниць.	—	9661
Окупність додаткових капітальних вкладень, рік.	—	626
		0,06

Таблиця 2

Собівартість за статтями витрат, що змінюються

Стаття затрат	До впровадження заходів	Після впровадження заходів	Результат (економія, перевитрата)
Основна заробітна плата, грошових одиниць.	14004	5820	-8724
Додаткова заробітна плата (8%), грошових одиниць.	1120	422	-698
Витрати, пов'язані з роботою обладнання, грошових одиниць.	924	376	-548
Амортизаційні відрахування	—	64	+64
Поточний ремонт та утримання обладнання	—	151	+151
ВСЬОГО	16048	6293	9755

З табл. 2 видно, що економія від зниження собівартості становить 9755 грошових одиниць.

Уточнений розрахунок економічної ефективності та розрахунок терміну окупності капітальних вкладень від запровадження САУМОЗВТ проводиться за формулою

$$\Xi = (C_1 - C_2) \cdot E \cdot K$$

де C_1 - собівартість за змінними статтями витрат до впровадження, що дорівнює 16048 грошових одиниць.; C_2 - собівартість за змінними статтями витрат після застосування, що дорівнює 6293 грошових одиниць.; E - нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності капітальних витрат, що дорівнює 0,15; K - капітальні витрати на придбання технічних засобів, рівні 626 грошових одиниць.

Річна економічна ефективність $S = 9661$ грошових одиниць.

Окупність капітальних витрат визначається за формулою $T = K / (C_1 - C_2)$ і дорівнює 0,06 року.

Таблиця 3

Розрахунок кількості виробничих робітників та фонду заробітної плати

Найменування показників	До впровадження заходів	Після впровадження заходів
Трудомісткість річної програми, чол-ч.	22016,2	7477
Виконання норм, %		
Трудомісткість річної програми з урахуванням виконання норм, чол-год.	104,6 21048	104,6 7148
Річний фонд часу одного робітника,		
Кількість виробничих робітників, чол.	1986	1986
Основна заробітна плата, грошових одиниць.	10,6	3,6
Додаткова заробітна плата, грошових одиниць.	14004	5280
Відрахування на соціальне страхування, грошових одиниць.	1120 924	422 376
ВСЬОГО	16048	6078

Витрати на поточний ремонт та утримання обладнання становлять 151 грошова одиниця.

Вартість обладнання та амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Балансова вартість, грошових одиниць.		Амортизаційні відрахування.\	
		Одиниці	Всього	%	Сума, грошових одиниць.
Устаткування, яке застосовується після впровадження технічних засобів	1	626	626	10,2	63,8

Висновки:

1. В якості оцінки ефективності діалогової системи колективного користування САУМОЗВТ використовується відношення середньої реактивності системи до середніх витрат на один запит.

2. Збільшення ефективності діалогових систем колективного користування можливо шляхом більш повного навантаження більшої потужності інформаційної системи.

3. Вибраний критерій оцінки показує який запас пропускної здатності системи є надмірним.

4. Наведено результати розрахунків економічного ефекту від запровадження САУМОЗВТ на кількох промислових підприємствах та НДІ.

5. Запропоновано схему оптимальної (у певному сенсі) вироблення керуючих рішень в САУМОЗВТ.

Наукова новизна: Запропоновано метод вироблення оптимальних (у певному сенсі) керуючих рішень в САУМОЗВТ — як приклад реалізації конкретної системи підтримки прийняття рішень (СППР) та оптимізації процесів метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки на промислових підприємствах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стогний А.А. Об основных принципах построения автоматизированных информационных систем // Управляющие системы и машины, 1972, №2. -- С.5-10.
2. Мордань В.И. О реализации документального контура многоцелевой информационно-справочной системы// Управляющие системы и машины, 1984, №1. -- С.93-98.

3. Дж.Мартин Организация баз данных в вычислительных системах. – М.: Мир, 1980. –662 с.
4. Ігнаткін В.У. та інші. Математичне забезпечення технічних засобів вимірювання і контролю. Монографія за науковою редакцією професора В.У.Ігнаткіна,.- Кам'янське, ДДТУ, 2019. – 340с.
5. Шеннон Р. Иммитационное моделирование систем.– Искусство и наука.- М.: Мир, 1978. – 418 с.
6. Методика оценки экономической эффективности отраслевых автоматизированных систем управления (ОСАУ) в промышленных министерствах, всесоюзных и республиканских промышленных объединениях (утв. 31 июля 1974 г.ОН№485/109/40).
7. Отраслевой справочник нормативов времени для нормирования труда работников отдела метрологии промпредприятий и объединений/ Минприбор СССР. – М., 1984 г.
8. Ігнаткін В.У. Особливості аналізу динамічної погрішності при оцінці метрологічної надійності засобів вимірювання. //Метрологія і прилади, 2019, №2. -- С. 20–30.
9. Ігнаткін В.У. Автоматизована система метрологічного обслуговування на промислових підприємствах. Міжнародна науково-практична конференція «Прикладні науково-практичні дослідження», м. Івано-Франківськ, «Симфонія», 5-7 квітня 2017. – С. 86.

REFERENCES

1. Stogny. A.A. On the basic principles of building automated information systems // Control systems and machines, 1972, no. 2. – P. 5-.10.
2. Mordan V.I. On the implementation of the documentary contour of a multi-purpose information and reference system / / Control systems and machines, 1984, No. 1. – P. 93-98.
3. J. Martin. Organization of databases in computing systems. - M.: Mir, 1980. -662 p.
4. Ignatkin V.U. and others. Mathematical security of technical methods of vimiryuvannya and control. Monograph for the scientific editorial staff of Professor V.U.
5. Shannon R. Simulation modeling of systems. - Art and science. - M.: Mir, 1978. - 418 p.
6. Methodology for assessing the economic efficiency of sectoral automated control systems (OASU) in industrial ministries, all-Union and republican industrial associations (approved July 31 1974, No. 485/109/40).

7. Industry directory of time standards for labor rationing of employees of the department of metrology of industrial enterprises and associations / USSR Ministry of Instruments. - M., 1984.
8. Ignatkin V.U. Peculiarities of the analysis of the dynamic error in the assessment of the metrological reliability of the measurements. //Metrology and fittings, 2019, No. 2. – P. 20–30.
9. Ignatkin V.U. The system of metrological service at industrial enterprises has been automated. International Scientific and Practical Conference "Applied Scientific and Practical Research", Ivano-Frankivsk, Symphony, April 5-7, 2017. - P. 86.

Received 27.06.2022.

Accepted 01.07.2022.

Evaluation of efficiency of the automated control system of metrological maintenance of measuring instruments - as informatic information

As an assessment of the effectiveness of the dialog system of collective use, on the example of the system of automated control of metrological maintenance of measuring equipment (SACMMME), the ratio of the average reactivity of the system to the average cost per request is used. The ratio of the average reactivity of the target system to the average cost per request (C) is studied. Under the reactivity is the value inverse of the time of the request in the system. The flow of queries in the system obeys the Poisson distribution law. The method of simulation modeling is chosen for research. Obtained: time dependences (C) between two adjacent queries; the dependence of the cost of one request on the intensity of requests; the dependence of the cost of one request on the bandwidth of the system, etc. Increasing the efficiency of shared dialogue systems is possible through a fuller load of more information system power. The selected evaluation criterion shows which margin in the system bandwidth is excessive.

The results of calculations of economic efficiency from the introduction of SACMMME at several enterprises and research institutes are given. In the general case, the methods of determining the economic efficiency of ACS for different purposes differ in the composition of the elements of disorder (loss) and the degree of influence of the information used on the state of the managed system. The main criterion for assessing the economic efficiency of ACS development is the growth of profits of industrial enterprises, taking into account the growth of productivity of social labor, ie. mainly by reducing production costs. The annual savings from the introduction of ACS and the payback period of additional capital investments are used as a quantitative expression of the economic efficiency of ACS creation.

Ігнаткін Валерій Устинович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно- інтегрованих технологій Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, Україна.

Ignatkin Valeri Ustinovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Automation and Integrated Computer Technologies at Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine.

Хомош Юрій Степанович – кандидат економічних наук, доцент, директор Дрогобицького фахового коледжу нафти та газу.

Khomosh Yury Stepanovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Director of the Droghobychiev Professional College of Oil and Gas.

Дудніков Володимир Степанович – кандидат технічних наук, доцент кафедри мехатроніки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Dudnikov Volodymyr Stepanovich – Candidate of Engineering Sciences (PhD in engineering sciences), associate professor of the department of mechatronics at Oles Honchar Dnipro National University.

Юшкевич Олег Павлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри мехатроніки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Yushkevich Oleh Pavlovych – Candidate of Engineering Sciences (PhD in engineering sciences), associate professor of the department of mechatronics at Oles Honchar Dnipro National University.

Тіхонов Василь Андрійович – директор Дніпровського фахового коледжу радіоелектроніки.

Tikhonov Vasyl Andriyovich - is the director of the Dnipro Vocational College of Radio Electronics.