

ЗАГАЛЬНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО ПІДСИСТЕМИ ПОСТАЧАННЯ

к.т.н. О.О. Морозов
(подав д.т.н., проф. В.А. Краснобаєв)

Розглядається побудова загальної моделі формування вимог до організаційно-технічних систем, у тому числі підсистеми постачання (ПСП) системи метрологічного забезпечення (СМЛЗ) будь-якого матеріально-технічного об'єкта (об'єктів).

Вступ. Формування вимог до організаційно-технічних систем є одним з головних питань стратегічного управління ними. Предметом стратегічного управління структурою системи, в тому числі ПСП, є питання, які пов'язані з: концептуальними і програмними цілями її розвитку; яким-небудь елементом підсистеми, якщо цей елемент необхідний для досягнення визначених цілей, але в даний момент відсутній або є в недостатньому обсягу; із зовнішніми чинниками, що не контролюються, але мають вплив на розвиток ПСП. Підсистема постачання як система нижчого рівня відносно СМЛЗ, з одного боку, повинна відповідати її меті та завданням функціонування, а, з іншого боку, бути спроможною “реагувати” на будь-які зміни мети та завдань вищої системи. Це вимагає формування таких вимог до ПСП, реалізація яких забезпечить необхідний рівень ефективності функціонування СМЛЗ.

Аналіз стану проблеми формування вимог до ПСП СМЛЗ показує, що на сьогоднішній день практично відсутній єдиний системний підхід (модель) щодо вирішення цієї проблеми [1 – 4]. Отже актуальним є розробка загального методичного підходу (далі – моделі) щодо формування вимог до ПСП СМЛЗ. Розробка такої моделі дозволить з системних позицій вирішувати задачі створення та реорганізації підсистем постачання як невід'ємної складової СМЛЗ. Отже **метою статті** можна визначити розробку загальної моделі формування вимог до ПСП СМЛЗ на основі обраних показників необхідності зміни її структури.

В основу побудови такої моделі доцільно закласти методологічні основи, які надаються у [5, 6], де розглянута проблема визначення показника функціональної ефективності організаційної системи.

На основі цього розгляду у [7] обґрунтований підхід щодо оцінки ефективності функціонування ПСП СМЛЗ будь-якого матеріально-

технічного об'єкта (об'єктів) (далі – СМлЗ). Сутність цього підходу полягає у тому, що існує можливість визначення сукупності поступово породжених множин $D_{\Pi}^V \rightarrow D_{\text{МлОб } \Pi}^V \rightarrow D^V$, однозначно пов'язаних між собою, де D_{Π}^V – змінна у часі множина першочергових (пріоритетних) завдань, вирішуваних підсистемою, яка породжує однозначно пов'язану з нею множину $D_{\text{МлОб } \Pi}^V$ завдань метрологічного обслуговування (МлОб), що підлягають розв'язанню системою метрологічного забезпечення, D^V – множина завдань забезпечення необхідних властивостей $R_j, j = \overline{1, J}$, процесів МлОб (виробничі можливості щодо перевірки та ремонту засобів вимірювання (ЗВ), номенклатура ЗВ, що обслуговується системою та ін.).

Якщо множина кількісних показників цих властивостей $R_j, j = \overline{1, J}$, визначена, то вимоги до процесів МлОб можуть бути записані у вигляді $R_j \geq R_{j\text{доп}}, j = \overline{1, J}$, де $R_{j\text{доп}}, j = \overline{1, J}$, є задані мінімально припустимі їх значення. Під час застосування такого підходу виникає можливість кожному завданню $d_{\text{МлОб } \Pi m}^V \in D_{\text{МлОб } \Pi}^V, m = \overline{1, M}$, поставити множину типових завдань $d_{\text{МлОб } \Pi m}^V \rightarrow \{d_{R_1}, \dots, d_{R_j}, \dots, d_{R_J}\}, m = \overline{1, M}$, забезпечення вимог по показниках $R_j, j = \overline{1, J}$. Тут $d_{R_j} \in D^V$ – завдання управління процесом за j -ю властивістю.

Безумовно, що вимоги $R_j \geq R_{j\text{доп}}, j = \overline{1, J}$, до процесів МлОб задовольняться тільки при умовах застосування виконавчими елементами СМлЗ справних (працездатних) метрологічної техніки, допоміжного довічного та ремонтного обладнання, ЗІП (далі – засобів метрологічного забезпечення (МлЗ)). Відзначимо, що їх справність (працездатність) підтримується наявністю в потрібній час і місці певної кількості запасів, яка відносно j -ї властивості повинна задовольняти вимозі $Q_j(a(t), t) \geq Q_{j\text{доп}}$. Звідси випливає, що вимоги щодо забезпечення засобами МлЗ необхідно розглядати відносно вимог $R_j \geq R_{j\text{доп}}, j = \overline{1, J}$, до процесів МлОб. При такому підході критерій ефективності функціонування ПСП СМлЗ можна представити у вигляді

$$P_{j\phi} \left[Q(a(t), t) \geq Q_{\text{доп}} \right] \geq P_{j\phi}^{\min}, t \geq 0, j = \overline{1, J}. \quad (1)$$

Такий підхід реалізує положення про те, що ефективність складної

системи залежить від ефективності реалізації загальносистемних властивостей, що належать цій системі.

Тоді адаптація підсистеми постачання до змінного переліку завдань управління процесом по j -й властивості, що виникають під час реформування СМЛЗ, виконується відносно практично незмінних значень вимог $R_j \geq R_{j\text{доп}}$, $j = \overline{1, J}$, і розглядається як процес виконання типових завдань щодо своєчасного і повного забезпечення запасами засобів МЛЗ, які застосовуються у процесах МлОб. Але при цьому виникає питання кількісного визначення вимог до підсистеми постачання.

1. Обґрунтування загальної моделі формування вимог до ПСП.

Для визначення фізичного змісту імовірності $P_{j\phi}[Q(a(t), t) \geq Q_{\text{доп}}]$ розглянемо статистичну модель, яка відображає зміни завдань $d_{R_j} \in D^V$, відповідних їм потреб a в запасах і можливостей підсистеми постачання r щодо їх забезпечення запасами. Можна визначити наступні випадки співвідношення потреб a в запасах і можливостей r : $r < a$; $r = a$; $r > a$.

Випадок $r < a$ ілюструється на рис. 1.

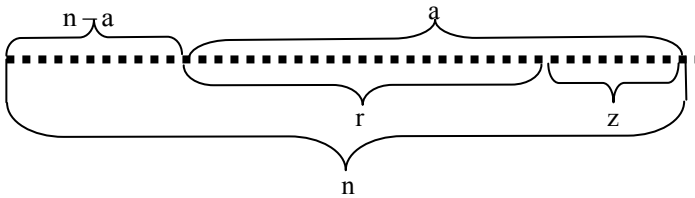


Рис. 1. Ілюстрація дефіциту запасів у z випадках

Нехай в ПСП завдання d_{R_j} з вимогою $R_j \geq R_{j\text{доп}}$ виникало n разів.

Вважаємо, що причиною невиконання такого завдання в розглянутій моделі може бути тільки відсутність запасів $r < a$, які потрібні для його виконання. У такому разі можливі дві ситуації: H_1 – під час вирішення завдання запаси не потрібні; H_2 – під час виконання завдання виникли потреби a в запасах. Події H_1 і H_2 є гіпотезами відносно стану підсистеми, що складають повну групу несумісних подій.

Як бачимо з рис. 1, гіпотеза H_1 реалізовувалась в $(n - a)$ випадках. Відповідно оцінка імовірності $P(H_1)$ її реалізації є $p^*(H_1) = \frac{n-a}{n}$. В межах прийнятих припущень умовна імовірність вирішення завдання під

час справедливості цієї гіпотези $P(d_{R_j} | H_1) = 1$. Аналогічно оцінка імовірності $P(H_2)$ реалізації гіпотези H_2 дорівнює $p^*(H_2) = \frac{a}{n}$.

Практично підсистема постачання СМЛЗ здатна задовольняти запасами g потреб. Вважаємо, що величина можливостей g не залежить від виникнення в системі метрологічного забезпечення n завдань і a потреб в запасах засобів МЛЗ. Звідси випливає, що оцінка умовної імовірності вирішення задачі d_{R_j} в цьому випадку визначається у вигляді:

$$p^*(d_{R_j} | H_2) = \begin{cases} \frac{g}{a}, & g < a; \\ 1, & g \geq a. \end{cases} \quad (2)$$

Таким чином, імовірність $P(d_{R_j})$ виконання завдання d_{R_j} при умові, що причиною невиконання такого завдання в розглянутій моделі може бути тільки відсутність запасів, які потрібні для його виконання, визначається за формулою повної імовірності:

$$P(d_{R_j}) = P(H_1) \cdot P(d_{R_j} | H_1) + P(H_2) \cdot P(d_{R_j} | H_2). \quad (3)$$

Під час переходу до оцінок отримуємо:

$$p(d_{R_j}) = \begin{cases} \frac{n-a}{n} + \frac{a \cdot g}{n \cdot a} = 1 - \frac{a-g}{n}, & g < a; \\ \frac{n-a}{n} + \frac{a}{n} = 1, & g \geq a. \end{cases} \quad (4)$$

Природне, що при $g < a$ в $z = (a - g)$ випадках органи управління підсистеми постачання не цікавлять причини невиконання завдань d_{R_j} , тому що їх невиконання за різних причин пов'язано з статистично підтвердженою відсутністю запасів в потрібному місці, в потрібній час, в потрібній кількості. Щодо змісту теорії організації управління запасами, яка надається в [8], це можливо розглядати як результат виникнення нових завдань для органів управління з організації взаємодії між елементами ПСП СМЛЗ, тобто розгортання нових структур $A_j(z, t)$ для зміни можливостей підсистеми. Тому показником ймовірності виникнення завдань, які не були забезпечені запасами в Z випадках (актуальності створення нових структур) є оцінка $p^*(A_j) = z/n$ ймовірності вирішення завдань за j -ю властивістю, які не були забезпечені запасами.

Випадок $g = a$. Ця ситуація нормального функціонування підсисте-

ми постачання, коли потреби задовольняються без дефіциту і залишків запасів засобів МЛЗ, тобто $p(d_{R_j})=1$. Безумовно, що такому значенню відповідає найбільш раціональна структура підсистеми постачання.

Випадок $r > a$. Тут виникає інша ситуація, коли потреби скорочуються, а непотрібні запаси засобів МЛЗ накопичуються, що показано на рис. 2. Це розглядається як виникнення завдань щодо зменшення збитків за рахунок зберігання запасів, які вже не використовуються, і що викликає необхідність згортання потужності непотрібної існуючої структури $A_j(v, t)$. Природне, що в даному випадку органи управління підсистеми постачання не будуть цікавити причини зменшення обсягу потреб під час виконання завдань d_{R_j} в $v = (r - a)$ випадках, а будуть цікавити збитки, що можуть виникнути під час зберігання запасів. Тому показником ймовірності виникнення завдань на згортання (актуальності скорочення структур) є оцінка $p^{**}(A_j) = \frac{v}{r}$ цієї ймовірності, де $0 < v \leq r$.

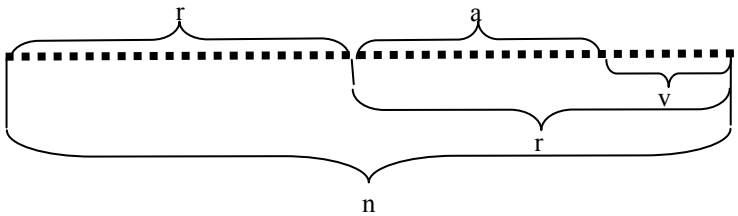


Рис. 2. Ілюстрація перенасичення запасами у v випадках

Звідси оцінка ймовірності $P(d_{R_j})$ виконання завдання d_{R_j} з виразу (3) має вигляд:

$$p(d_{R_j}) = \begin{cases} 1 - p^*(A_j), & p^*(A_j) = \frac{z}{n}, \quad r < a; \\ 1, & r = a; \\ 1, & r > a, \quad p^{**}(A_j) = \frac{v}{r}, \quad 0 < v \leq r. \end{cases} \quad (5)$$

Треба відмітити, що під час стратегічного управління підсистемою ці оцінки середньостатистичні за тиждень, місяць, квартал, рік. Це дозволяє визначати загальні тенденції під час адміністративної управлінської діяльності стосовно оперативного управління. Ці оцінки будуть відображати дефіцит або страховий запас, що описується моделями управління запасами для систем метрологічного забезпечення в [9].

Таким чином, згідно з описаною статистичною моделлю і прийнятим припущенням, що вимоги по j -й властивості $R_j \geq R_{j\text{доп}}$, $j = \overline{1, J}$, до процесів метрологічного обслуговування задовольняються тільки при умовах застосування справних (працездатних) засобів МЛЗ і що їх справність (працездатність) підтримується наявністю в потрібний час і місці певної кількості запасів, яка відносно j -ї властивості повинна задовольняти вимозі $Q_j(a(t), t) \geq Q_{j\text{доп}}$, виникає можливість розглядати ефективність функціонування підсистеми постачання незалежно від інших факторів, які мають вплив на досягнення потрібного значення цієї вимоги по j -й властивості, наприклад, від кваліфікації персоналу та інших факторів. Отже, вимога j -ї властивості $R_j \geq R_{j\text{доп}}$, $j = \overline{1, J}$, під час врахування ℓ -го незалежного фактора $\ell = \overline{1, L}$ буде розглядатися як:

$$P(d_{R_j}) = \prod_{\ell=1}^L P_{\ell}(d_{R_j}). \quad (6)$$

Але умова незалежності розглядуваних факторів досить умовна і вимагає визначення кореляційних зв'язків, а процедура визначення кореляційних зв'язків доволі складна і потребує спеціальних досліджень. Крім того, при будь-якому результаті цих досліджень (залежності або незалежності між собою факторів) значення імовірності $P(d_{R_j})$ виконання завдання d_{R_j} буде знаходитись в межах $P_{\min}(d_{R_j}) > P(d_{R_j}) > P_{\max}(d_{R_j})$. Тому з деякою величиною помилки пропонується прийняти такий постулат:

- вимоги до ПСП СМЛЗ можна розглядати відносно вимог виконання завдань щодо j -ї властивості;
- за кількісне значення вимоги до підсистеми постачання приймається величина вимоги по j -й властивості, яка є мінімальною межею.

На підставі цього постулату для оцінки ефективності функціонування ПСП СМЛЗ доречно вважати справедливою нерівність (1) у вигляді:

$$P_j \Phi[Q(a(t), t) \geq Q_{\text{доп}}] > P_{\min}(d_{R_j}), \quad 0 \leq t < \infty, \quad j = \overline{1, J}, \quad (7)$$

де $P_{\min}(d_{R_j})$ – значення заданого мінімально припустимого значення j -ї властивості $R_{j\text{доп}}$, $j = \overline{1, J}$.

Звідси формування приближених вимог до ПСП робиться таким чином. Наприклад, для своєчасного метрологічного обслуговування будь-якого матеріального об'єкта необхідно забезпечити запасами метрологіч-

ної техніки процес обслуговування не гірше вимог, які задані до цього процесу, тобто $P_{jз} [Q(a(t), t) \geq Q_{\text{доп}}] > P_c (\tau \leq \tau_{\text{доп}})$, де j є своєчасністю.

Природне, що це є нижня межа вимог. Причина у тому, що значення показників з [9] визначаються як інтегровані і враховують кваліфікацію особового складу та справність (працездатність) згаданої техніки. Вираз (5), згідно з раніше прийнятими припущеннями, враховує тільки справність (працездатність) засобів МлЗ. Це є його недоліком. Взагалі евристичну діяльність особового складу органів управління досить складно формалізувати. Отже вказаний вище недолік є об'єктивною реальністю недостатнього розвитку теорії складних систем. Одним з кроків в формалізації управлінської діяльності є створення моделі прийняття рішення щодо зміни структури організаційної системи, у тому числі систем постачання.

2. Модель прийняття рішення щодо зміни структури ПСП. З попереднього розгляду випливає, що прийняття рішень щодо зміни структури здійснюється на основі середньостатистичних оцінок імовірностей потреб і можливостей. Значення цих оцінок поступово уточнюються. Тому єдиним можливим шляхом прийняття достатньо достовірного рішення є застосування методів теорії розрізнення статистичних гіпотез [10] (рис. 3).

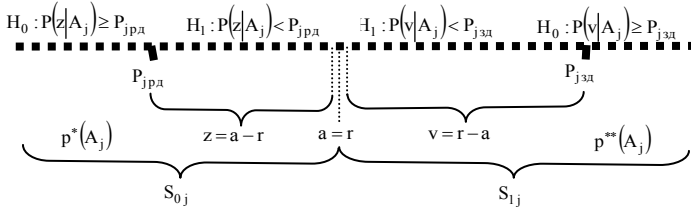


Рис. 3. Схема гіпотез

Тут оцінки $p^*(A_j)$ і $p^{**}(A_j)$ є фактично показниками-провісниками щодо прийняття рішень. Множина їх значень (апостеріорних даних про потреби і можливості) створює підмножини S_{0j} і S_{1j} , що використовуються у схемі розрізнення статистичних гіпотез про необхідність розгортання або згортання структур. В якості правила, згідно з яким на основі конкретних значень $p^*(A_j)$ і $p^{**}(A_j)$ приймається гіпотеза H_0 або гіпотеза H_1 , що конкурує з H_0 , застосовується нерандомизований критерій $P_{jрд}$ для початку розгортання і $P_{jзд}$ для початку згортання структурних підрозділів. При цьому передбачаються заданими їх мінімально припустимі рівні, перевищення яких визначає необхідність реорганізації. Очевидно, що завдання їх значень є прерога-

тивною вищого органу управління. Це вид вимог до розвитку підсистеми постачання, які раніше розглядалися в моделях управління цією підсистемою.

Такий підхід надає можливість практичного застосування виразу (5) в іншій формі. Для цього передбачається наявність:

а) алгоритму, що дозволяє за обмеженими статистичними даними про результати експлуатації (або моделювання) підсистеми оцінювати для кожного моменту t будь-який з варіантів виразу (5);

б) алгоритму, що забезпечує у разі невиконання нерівностей (5) знаходження керуючих впливів, які переводять підсистему з фактичного стану в бажаний.

Звідси алгоритм прийняття рішення про необхідність розгортання нової структури має вигляд задачі розрізнення гіпотези

$$H_0 : P(z | A_j) \geq P_{jрд} \quad (8)$$

проти альтернативи

$$H_1 : P(z | A_j) < P_{jрд} \quad (9)$$

Відповідно, необхідність згоргання існуючої структури визначається за схемою

$$H_0 : P(v | A_j) \geq P_{jзд} \quad (10)$$

проти альтернативи

$$H_1 : P(v | A_j) < P_{jзд} \quad (11)$$

По суті, справедливість виразу (8) показує, що у підсистемі відсутня потрібна структура, тобто відсутні потрібні зв'язки між структурними підрозділами ПСП або відсутні самі підрозділи. Аналогічно справедливість виразу (10) відповідає події, що у випадках потреби не виникають, а запаси засобів МЛЗ для їх забезпечення є. Тому потрібно згоргання структури, тобто існуючі зв'язки між структурними підрозділами підсистеми постачання або самі підрозділи не потрібні.

Алгоритм для вирішення цієї задачі наведений в роботі [11]. Його використання дає органу управління (керівнику) інструмент, що забезпечує можливість прийняття обґрунтованих керуючих рішень в процесі реформування та функціонування підсистем постачання.

Неважко бачити, що використання даного підходу робить процес розвитку структури постачання засобів МЛЗ керованим, оскільки всі рішення, що приймаються в цьому напрямі, базуються на безперервно здійснюваному контролі ефективності підсистеми постачання. Але такий підхід надає можливість під час стратегічного управління структурою в часі застосувати тільки апостеріорну інформацію про існуючу величину

виконання потреб. На підставі такої інформації можна прогнозувати величину подальших змін потреб і можливостей забезпечення, але визначити шляхи розвитку структури ПСП без оцінки процесів організації всередині підсистеми досить проблематично.

Висновки. 1. Вирази (5) і (7) є загальною імовірнісною моделлю, яка відображає зв'язок параметрів потреб $a(t)$, можливостей $r(t)$ і залишків $v(t)$ засобів МлЗ. Одночасно вирази (8), (9), (10) і (11) є іншою формою виразу (5) для прийняття рішень щодо зміни структури ПСП СМлЗ.

2. Негативним моментом задачі розрізнення гіпотез є можливість помилок першого або другого роду і необхідність їх перевірки. Тому потрібно завдання рівня значимості критерію максимально припустимого значення ймовірності помилки першого роду і критерій мінімізації ймовірності помилки другого роду під час різних уточнень.

3. Позитивним є застосування простих гіпотез відносно j -ї властивості тому, що їй відповідає лише один розподіл випадкових величин можливостей $r(t)$ або залишків $v(t)$ запасів. Завдання перевірки простої гіпотези вирішується згідно з теоремою Неймана-Пірсона.

4. Застосування запропонованої моделі прийняття рішення щодо зміни структури ПСП СМлЗ дозволяє наочне відображати:

а) причини реорганізації підсистеми постачання, якими є протиріччя між потребами, можливостями і наявністю запасів засобів МлЗ в існуючій структурі ПСП на підставі використання показників-провісників у вигляді оцінок $p^*(A_j)$ і $p^{**}(A_j)$ імовірностей необхідності змін в структурі;

б) оцінки імовірностей можна поступово уточнювати за рахунок накопичення даних про виникнення зростання, задоволення і зменшення потреб у засобах МлЗ;

в) можливість побудови логістичної моделі [12] для стратегічного управління структурою підсистеми постачання у вигляді стохастичної моделі обслуговування, яка відображає процес зародження та гибелі потреб певного виду запасів, відносно яких виконуються зміни в організації структури підсистеми.

За допомогою інформації про можливості підсистеми може бути оцінений ступінь раціональності її структури з альтернатив, які розроблені експертами з урахуванням вимог вищої системи. Для переходу до такої моделі потрібно перейти до розгляду конструкції "потреби – організація – можливість". Дійсно, взаємозв'язок потреб і можливості у часі має вигляд протиріччя, яке усувається під час організації виконання завдань. Для цього і визначається стратегія управління структурою. Звідси вини-

кає нове завдання визначення методів оцінки процесів організації всередині підсистеми постачання. Це питання може бути розглянуто через оцінку рівня організованості структури підсистеми.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники / Г.П. Богданов и др. / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.*
2. *Крещик В.В. Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 200 с.*
3. *Журавлёв В.И. Принципы системной метрологии. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинград. отд-ние, 1991. – 59 с.*
4. *Кузнецов В.А., Ялунина Т.В. Метрология (теоретические, прикладные и законодательные основы). – М.: ИПК "Изд-во стандартов", 1998. – 336 с.*
5. *Методы планирования и развития структур сложных систем. – Саратов: Изд-во Сарат. университета, 1990. – 256 с.*
6. *Месарович М., Мако Д., Такахара Й. Теория иерархических многоуровневых систем / Пер. с англ. – М.: Мир, 1970. – 340 с.*
7. *Морозов О.О. Обґрунтування підходу щодо оцінки ефективності функціонування підсистеми постачання // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ "ХАИ", 2002. – Вып. 7. – С. 154 – 158 .*
8. *Шуенкин В. А., Донченко В. С., Константинов С.Н., Шапировский В.Ю. Математические модели управления запасами: Учебное пособие для студентов по спец. «Прикл. математика». – К.: ООО «Международ. фин. агентство», 1997. – 302 с.*
9. *Морозов О.О. Спосіб оптимального розподілу ресурсів у ієрархічній системі // Вісник ХДТУСГ. – Х.: ХДТУСГ, 2002. – Вып. 10. – С. 409 – 412.*
10. *Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдудевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1988. – Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.*
11. *Кудрицкий В.Д., Курмаз Ю.П. Последовательные статистические выводы о фактическом состоянии сложных систем по данным эксплуатации // Электронное моделирование. – 1990. – № 4. – С. 65 – 69.*
12. *Логистика: Учебное пособие / Под ред. Б.А. Аникина. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 145 с.*

Надійшла 21.04.2003

МОРОЗОВ Олександр Олександрович, канд. техн. наук, с.н.с., начальник Наукового метрологічного центру (військових еталонів). У 1982 році закінчив Харківське вище військово командно-інженерне училище ім. Маршала Радянського Союзу Крилова М.І. Галузь наукових інтересів – аналіз та синтез складних організаційно-технічних систем.