

УДК 658.052

О.О. Морозов, В.С. Харченко

## АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ: СТРУКТУРА, МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

*Розглянуті проблеми управління системами метрологічного забезпечення складних організаційно-технічних систем. Показана доцільність створення автоматизованих систем управління такими системами, які забезпечать підтримку прийняття рішень з управління. Розглянуті принципи та зміст завдань щодо створення автоматизованої системи управління.*

### Постановка проблеми та аналіз літератури

Проблема управління системами метрологічного забезпечення (СМлЗ) стала особливо гострою зі зростанням складності систем, що обслуговуються ними. Це, як правило, складні організаційно-технічні системи (СОТС), об'єкти МлЗ яких є територіально розподіленими. Ефективність функціонування СМлЗ таких систем значною мірою залежить від рівня автоматизації функцій і задач управління. Для рішення такого роду задач створюються автоматизовані системи управління (АСУ) з відповідними видами забезпечення. Аналіз стану автоматизації в галузі МлЗ показує, що вона переважно спрямована на автоматизацію процесів метрологічного обслуговування (МлОб) засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) на рівні підприємств з функціями обліку, контролю, аналізу та планування [1 – 7]. Однак практика показує, що керування СМлЗ СОТС вимагає від АСУ насамперед автоматизації функцій і задач підтримки прийняття рішень (ППР) щодо її управління [8]. Очевидно, що рішення цієї проблеми неможливе без використання сучасних засобів інформаційних технологій.

**Мета статті** – визначення вимог до організаційної структури АСУ, моделі взаємодії її складових та алгоритму підтримки рішень.

Автоматизоване рішення задач ППР за допомогою ЕОМ крім традиційних методів автоматизації повинно передбачати активне використання математичних моделей, методів та алгоритмів формування управлінських рішень. При створенні таких систем важливим є схема її функціонування, склад, принципи та методи автоматизованого управління СМлЗ. Побудова АСУ СМлЗ повинна враховувати той факт, що ця система, з одного боку, є елементом системи управління, а з іншого – може бути не тільки

засобом автоматизованого управління, але і засобом дослідження керованого об'єкта з метою подальшої оптимізації та розвитку системи управління.

### Основний матеріал

**Функціональна модель.** СМлЗ як складна система включає об'єкт МлЗ, операційні засоби (ОЗ) та систему управління [9]. До основних видів забезпечення, що входять до складу АСУ, відносяться інформаційне, програмне, технічне, організаційне та лінгвістичне [10]. Очевидно, що основу спеціального математичного забезпечення (СМЗ) АСУ СМлЗ повинні складати математичні моделі, методи та алгоритми формування управлінських рішень. Отже, як основні елементи системи автоматизованого управління СМлЗ необхідно розглядати ОЗ, об'єкт МлЗ та засоби автоматизації. З огляду на бажані функції ППР з управління, із засобів автоматизації будемо розглядати СМЗ та програмне забезпечення (ПЗ) АСУ СМлЗ. АСУ, яка ґрунтується на моделюванні і рішенні задач ППР, можна віднести до класу інформаційно-аналітичних з замкнутою схемою функціонування (рис. 1).

База даних (БД) АСУ СМлЗ зберігає інформацію про стан ОЗ системи, об'єкти МлЗ і повинна бути піддана впливам з боку СМлЗ, вираженим у вигляді даних про зміни стану об'єкта; з боку моделей функціонування СМлЗ та її елементів – у вигляді відомостей про зміну складу збережених даних і відношень між ними.

ПЗ системи робить оцінювання вихідних показників, що характеризують ефективність функціонування СМлЗ. Склад і показовість таких показників, а також критерії оцінювання оптимальності надходять із боку моделей функціонування системи.

При створенні АСУ СМлЗ повинні бути реалізовані загальні принципи, такі, наприклад, як систем-

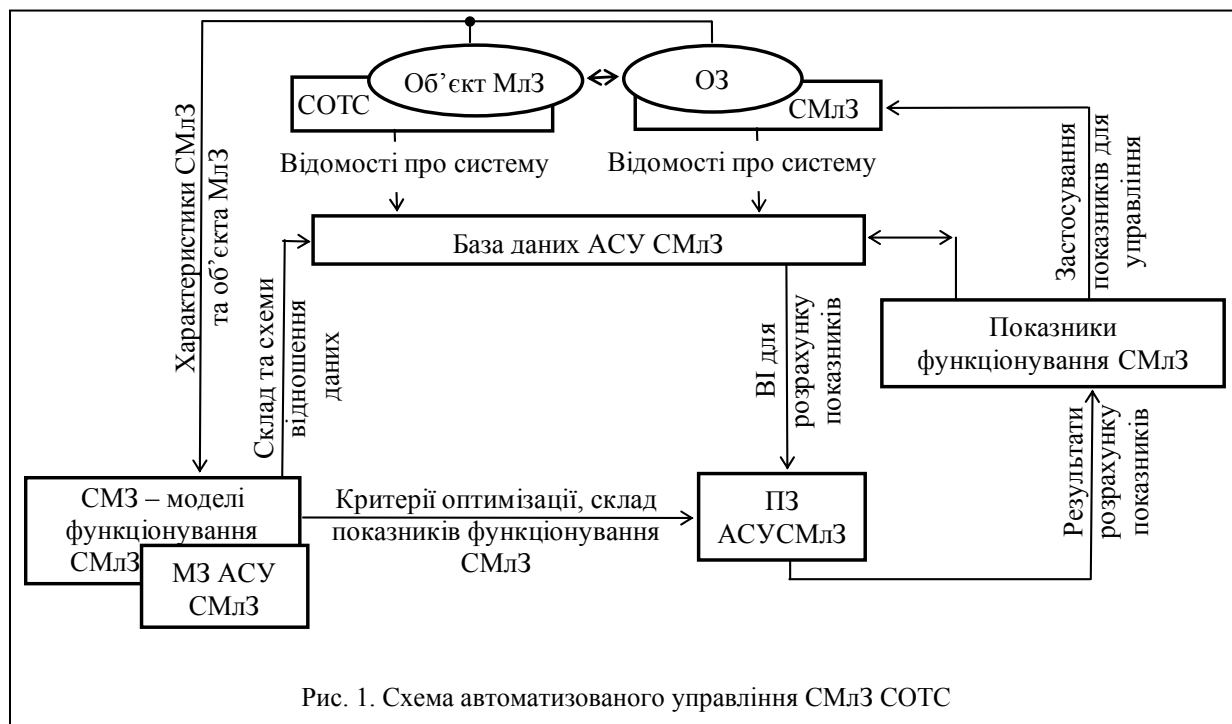


Рис. 1. Схема автоматизованого управління СМЛЗ СОТС

ність (комплексність), функціональність, типовість, технологічність, етапність [11].

Комплексність забезпечить зв'язок системи з іншими системами забезпечення СОТС (наприклад, інженерно-технічною, матеріально-технічною тощо), що позначиться на переході від локальної автоматизації окремих функцій управління до комплексних систем управління.

Під функціональністю розуміється підхід, який полягає в тому, що головна мета створення системи – удосконалення основних функцій управління (планування, облік, аналіз, регулювання) процесом МлЗ та додання нової – ППР.

Типовість передбачає застосування загальних, типових, розповсюджених засобів і методів автоматизації управління [12]. Спеціальні методи та засоби повинні застосовуватися в особливих випадках з усвідомленням того факту, що цим звужується галузь застосування розроблювальної системи. Причому застосування таких методів не повинно негативно впливати на системні властивості.

Технологічність повинна забезпечити технологічні характеристики розроблювальної системи не тільки в частині експлуатації, але і в частині її застосування (реактивність, простота в обігу, надійність і т.п.).

Етапність – це безперервний перехід у розвитку системи від реалізації простих функцій до більш складних, від розробки локальних задач до створення комплексної системи.

Автоматизована система управління – складна

система і при її створенні насамперед необхідно зробити аналіз існуючої системи управління СМЛЗ. Найбільш прийнятним є метод декомпозиції системи на окремі складові. Однак такий аналіз дозволяє описати існуючу систему, але не дає можливості визначити повною мірою вимоги до розроблювальної АСУ. А саме це потрібно при автоматизації системи, для якої не формалізовані засоби та методи управління. Тут більше доречний підхід, який ґрунтується на декомпозиції цілей функціонування системи. Аналізуючи мету функціонування системи, необхідно сформувати підцілі, які, у свою чергу, теж породжують власні підцілі. Таким чином, формується дерево цілей системи.

Цілі, отримані за допомогою декомпозиції, мають такі особливості ієрархії: цілі нижнього рівня підпорядковуються цілям верхнього рівня; цілі верхнього рівня не можуть бути досягнуті, якщо не досягнуті всі цілі найближчого нижнього рівня.

Метод аналізу, який ґрунтується на декомпозиції цілей системи, дозволяє визначити склад її завдань, приналежність завдань до певних елементів функціональної структури.

Причому це можна зробити, виходячи із цілей функціонування системи та її системних властивостей.

**Організаційна структура.** З погляду процедурних властивостей завдання поділяються на облікові, планування, аналітичні (моделювання, розрахункові (аналіз і синтез СМЛЗ та її елементів), довідкові, оптимізаційні. Як бачимо, АСУ СМЛЗ можна віднести до класу

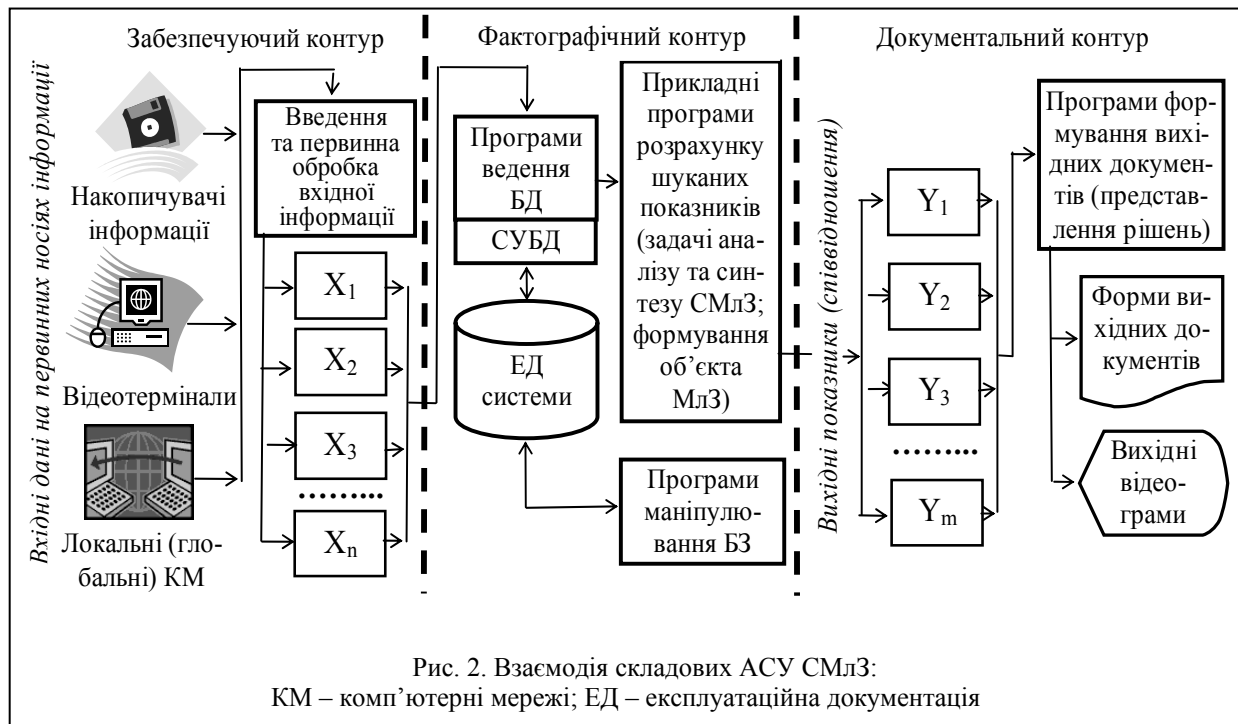


Рис. 2. Взаємодія складових АСУ СМЛЗ:  
КМ – комп'ютерні мережі; ЕД – експлуатаційна документація

гібридних інформаційних систем, тому що її класи завдань мають властивості різних типів систем. У цьому плані АСУ СМЛЗ можна розглядати як адаптацію багатоцільової інформаційно-аналітичної системи [13].

АСУ СМЛЗ, будучи інформаційно-аналітичною системою, повинна містити такі складові (контури) (рис. 2): фактографічний, що забезпечує зберігання та обробку даних в аналітичному вигляді (розрахунок вихідних показників на підставі вхідних); документальний, що представляє вихідні дані у формі, необхідній особі, яка приймає рішення (ОПР) (машинограми, відеограми, що представляють вихідні документи); забезпечуючий здійснення введення та первинну обробку вхідних даних. Функціонування системи розглядається тут як взаємодія її складових.

З рис. 2 видно, що вхідні дані, необхідні для рішення задач метрологічного забезпечення, можуть вводитися з різних носіїв (наприклад, накопичувачів на гнучких і жорстких дисках, екрана відеотермінала, надходити по комп'ютерних мережах). Далі інформація вводить у ЕОМ і піддається перетворенню та контролю. Фактографічний контур припускає зберігання та супровід інформації у вигляді БД за допомогою спеціальних програм ведення БД і системи управління базами даних (СУБД). Обробка аналітичних даних здійснюється прикладними програмами розрахунку вихідних показників. У документальному контурі вихідні показники за допомогою відповідних програм перетворюються в образи вихідних документів (рішень), які можуть видавати-

ся у вигляді машинних документів або відеограм.

**Алгоритм підтримки рішення.** У процесі дослідження функціональної структури, схеми рішення завдань системи, організаційної структури СОТС, будується інформаційна модель АСУ СМЛЗ. Інформаційна модель враховує основні групи та види задач ППР з управління СМЛЗ (рис. 3) [14].

Мета розробки такої моделі полягає в тому, щоб визначити інформаційні потоки, виявити зв'язки між завданнями, класифікувати джерела та споживачів інформації. Далі на підставі інформаційної моделі системи, виходячи зі структури та функцій компонент інформаційно-аналітичної системи, будується інформаційне і програмне забезпечення.

Методи автоматизованого вирішення завдань підтримки рішень щодо управління СМЛЗ забезпечуваної СОТС ґрунтуються на застосуванні ЕОМ за схемою, наведеною на рис. 2. Особливості тут можливі у складі вхідних  $X_1, X_2, \dots, X_n$  і вихідних  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$  даних та у складі програм обробки даних. Так, задачі оцінювання параметрів (формування) об'єкта МЛЗ, задачі синтезу й аналізу СМЛЗ вирішуються за загальною схемою.

Для задач оцінювання параметрів (формування) об'єкта МЛЗ як вихідні дані  $X_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) застосовуються відомості про параметри об'єкта МЛЗ – кількісний склад ЗВТ за номенклатурою, ступінь укомплектованості ТС засобами вимірювальної техніки, необхідний рівень готовності. Результатом рішення цих завдань  $Y_j$  ( $j = 1, \dots, m$ ) є склад комплектів ЗВТ

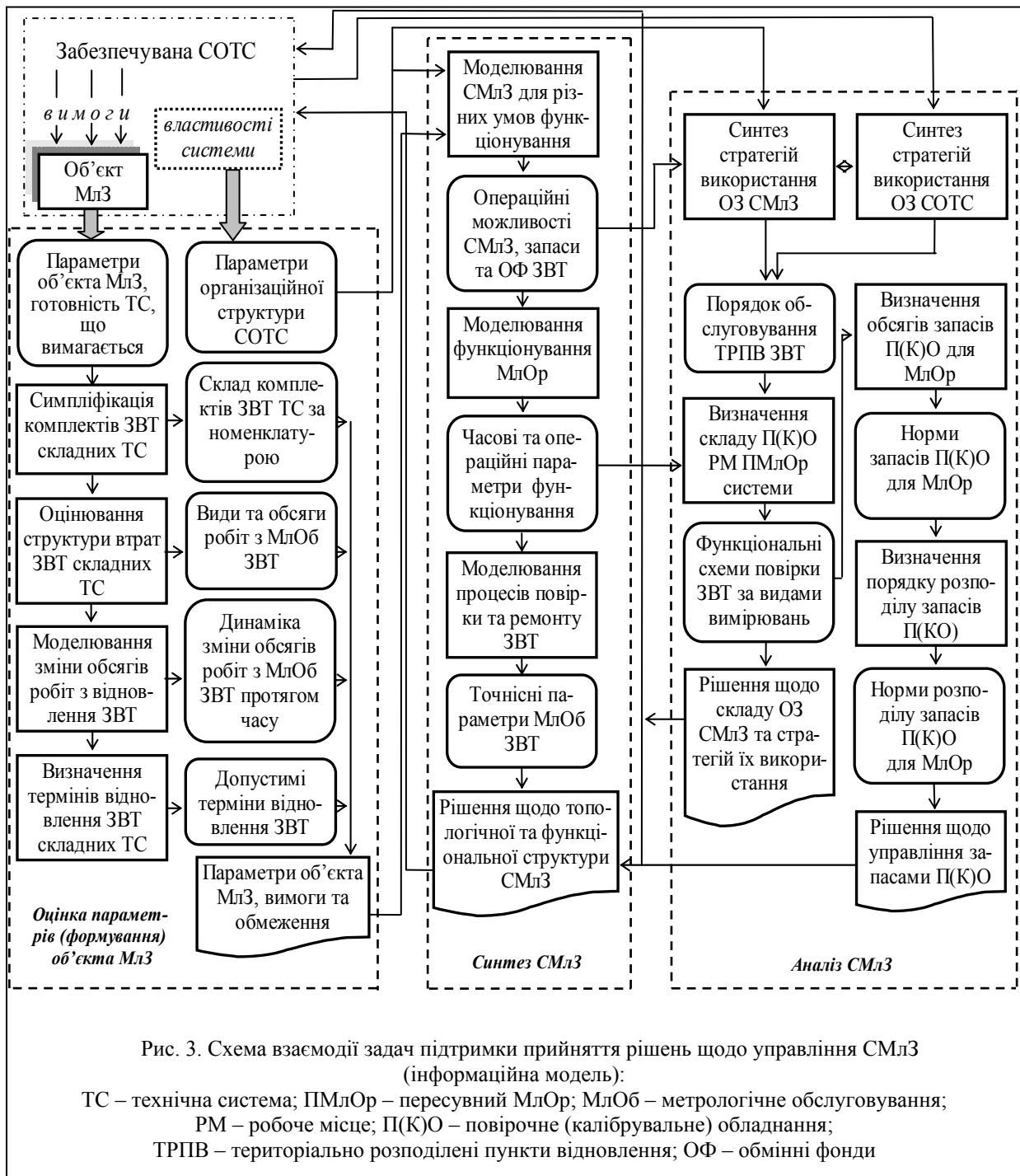


Рис. 3. Схема взаємодії задач підтримки прийняття рішень щодо управління СМлЗ (інформаційна модель):

ТС – технічна система; ПМлОр – пересувний МлОр; МлОб – метрологічне обслуговування; РМ – робоче місце; П(К)О – повіроче (калібрувальне) обладнання; ТРПВ – територіально розподілені пункти відновлення; ОФ – обмінні фонди

ТС за номенклатурою, види та обсяги робіт з МлОб, припустимі терміни їх відновлення.

Задачі синтезу як вихідні дані використовують параметри об'єкта МлЗ, вимоги та обмеження до результатів впливу СМлЗ, параметри організаційної структури забезпечуваної СОТС. Результати видаються у вигляді можливих рішень з топологічної та функціональної структур СМлЗ, реалізація яких забезпечить виконання заданих обсягів і видів робіт із МлЗ заданих об'єктів у встановлений термін.

Задачі аналізу як вихідні дані використовують параметри об'єкта МлЗ, сил і засобів СМлЗ, характеристики техніко-географічного району розосередження об'єктів МлЗ із складу СОТС, пріоритети в їх обслуговуванні. Результати видаються у вигляді оцінок можливостей існуючої СМлЗ з повірки (калібрування) і ремонту ЗВТ необхідних обсягів у встановлений термін, можливих рішень про склад ОЗ СМлЗ та стратегій їх використання.

Схема вирішення аналітичних задач характеризується тим, що шукані відомості зберігаються у вигляді БД АСУ СМЛЗ.

База даних призначена для інформаційного забезпечення для виробу рішень ОПР і містить такі дані: про математичні моделі, методи, алгоритми формування часткових і загального рішень; склад та особливості об'єктів МЛЗ, норми часу на повірки (калібрування) і ремонт ЗВТ; переліки контрольованих параметрів складних ТС СОТС; функціональні надлишкові схеми повірки та інші довідкові дані. Для обслуговування БД у складі програмного забезпечення передбачається СУБД. Як вихідні дані у задачах інформаційної підтримки використовуються запити на одержання необхідних даних у формалізованому вигляді, пошукові приписи. Методи пошуку інформації істотно залежать від способів зберігання та методів організації даних. Для баз даних застосовуються спеціальні методи, які ґрунтуються на застосуванні СУБД MS Access.

Таким чином, автоматизація рішення завдань МЛЗ побудована за ієрархічно-последовним принципом, прийнятим у спадному проектуванні із застосуванням відповідних методів аналізу та синтезу за заданими критеріями. Автоматизація інших задач можлива за звичайною последовною схемою з різними варіаціями. Такий підхід, будучи в цьому випадку найбільш доцільним, дозволяє реалізувати досить ефективне програмне забезпечення з мінімальними витратами на їх розробку. Наступним кроком до автоматизації задач є визначення входу і виходу задачі, тобто її вихідних даних і результатів. Вихідні дані і результати рішення задач МЛЗ становлять інформаційне забезпечення. Суттєвим моментом в автоматизації рішення задач ППР є вибір методу для автоматизованого рішення.

Так, для задач інформаційної підтримки та накопичення даних у БД реалізацією методу, обраного для автоматизації, є алгоритм внесення змін, який широко використовується при коректуванні впорядкованих масивів інформації [15].

Схему рішення інформаційно-аналітичних задач можна реалізувати за алгоритмом последовного пошуку необхідних даних в упорядкованому масиві інформації з наступним розрахунком вихідних показників. Спосіб розрахунку вихідних показників є "індивідуальною" характеристикою конкретної задачі ППР.

Розробка АСУ СМЛЗ передбачає автоматизацію функцій управління, для чого необхідні підсистеми

забезпечення: математичного, інформаційного, програмного, комплексу технічних засобів.

Математичне забезпечення являє собою набір математичних моделей і методів вирішення завдань аналізу та синтезу СМЛЗ, оцінювання параметрів (формування) об'єкта МЛЗ, алгоритмів розрахунку вихідних показників, що характеризують стан метрологічного забезпечення СОТС.

Основу математичного забезпечення системи повинні становити:

математичні моделі функціонування СМЛЗ для різних режимів, моделі процесів МлОб ЗВТ; методи оцінювання параметрів об'єкта МЛЗ, синтезу функціональної структури системи, оптимізації складу П(К)О, синтезу оптимальних стратегій використання ОЗ СМЛЗ, обґрунтування норм запасів П(К)О та стратегій їх використання (див. рис. 3);

алгоритми розрахунку вихідних показників ефективності функціонування СМЛЗ.

Моделювання функціонування СМЛЗ СОТС повинно здійснюватися насамперед з метою дослідження особливостей процесу, що моделюється, одержання загальних закономірностей, які мають місце в таких процесах. Процеси МЛЗ повинні досліджуватися на моделях. Дослідженими мають бути властивості системи (виробничі можливості системи з повірки (калібрування) і ремонту ЗВТ, параметри МлОб ЗВТ при різних часових обмеженнях, запаси ЗВТ і ЗІП та деякі інші характеристики) при різних варіантах стратегій відновлення та способах надходження ЗВТ до СМЛЗ. Можуть будуватися інші моделі на основі схеми процесу МлОб ЗВТ. Крім того, необхідно досліджувати характеристики МлОр з метою пошуку оптимального поєднання різних параметрів МлОб із погляду визначеного критерію оптимальності. Попутно вивчається характер взаємного впливу характеристик стану та параметрів МлОр та ін.

Інформаційне забезпечення повинно складатися із вхідних і вихідних показників, що характеризують стан СМЛЗ, інформаційної бази, методів її зберігання та обслуговування.

Очевидно, що існує багато способів проектування інформаційної бази конкретної системи. Все залежить від типів даних, збережених в інформаційній базі, їх взаємозв'язків, характеру засобів їх обробки та зберігання. Загальновідомі класи способів цього проектування, які ґрунтуються на таких підходах:

реляційний, який припускає зберігання даних у вигляді їх відношень, пов'язаних асоціаторами зв'язків;

ієрархічний, який характеризується тим, що ін-

формація зберігається у вигляді сегментів, які мають ієрархічні зв'язки;

мережний, який відрізняється від ієрархічного тим, що зв'язки між сегментами утворюють граф, який не є деревом [16].

ПЗ АСУ повинно реалізовувати алгоритми розрахунків показників і функціонування моделей.

### Висновок

Ефективне управління СМЛЗ СОТС можливе за умов автоматизації функцій управління та визначення як головної задачі ППР з управління. Розроблені структура, модель функціонування та алгоритм підтримки рішень з управління СМЛЗ є елементами інформаційних технологій, використання яких забезпечить вирішення завдань автоматизації управління. Для забезпечення умов подальшого удосконалення та розширення функцій АСУ СМЛЗ при їх створенні необхідно керуватися принципами системності (комплексності), функціональності, типовості, технологічності та етапності.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Концепция построения автоматизированных систем управления метрологическим обеспечением отрасли / В.А. Селиванов, А.А. Кучумов, М.В. Ермакова и др. – М.: Палитра систем, 2001. – 218 с.

2. Браилов Э.С. Автоматизация управления метрологическим обеспечением производства. – М.: ВИСМ, 1998. – 187 с.

3. Программный комплекс автоматизированного учета СИ для метрологической службы предприятия (АРМ метролога). – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://szma.ru/meter/pdf>.

4. Автоматизированное рабочее место метролога предприятия в составе программно-технического комплекса "Торнадо". – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://tornado.nsk.ru/ptk/descr.shtml>.

5. Автоматизированное рабочее место метролога в составе АСУ ТП энергоблока. – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: [http://tornado.nsk.ru/projects/systems/tec5\\_6.shtml](http://tornado.nsk.ru/projects/systems/tec5_6.shtml).

6. Автоматизированное рабочее место метролога. НПО ВНИИЭФ. – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.volgogaz.sarov.ru>.

7. Распределенная система автоматизации метрологической службы предприятия. – [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.szma.com/deltasi.shtml>.

8. Напряжки розвитку та удосконалення системи метрологічного забезпечення / О.В. Камінський, Б.В. Коротков та ін. // Український метрологічний журнал. – 1997. – № 3. – С. 43 – 46.

9. Морозов О.О. Формалізована модель системи метрологічного забезпечення // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – Вип. 6(22). – 2002. – С. 100 – 105.

10. ГОСТ 24.103-84. ЕССАСУ. Автоматизированные системы управления. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 12 с.

11. Стогний А.А. Об основных принципах построения автоматизированных информационных систем / Управляющие системы и машины. – 1988. – № 2. – С. 5 – 10.

12. Типовые проектные решения АСУП. Техническое обеспечение. – М.: Статистика, 1975. – Ч. 1. – 234 с.

13. О реализации документального контура многоцелевой информационно-справочной системы / В.И. Мордань, Ф.Д. Кожурин и др. // Управляющие системы и машины. – 1994. – № 1. – С. 93 – 98.

14. Морозов О.О. Формалізована модель управління системою метрологічного забезпечення // Радіоелектронні та комп'ютерні системи. – Вип. 4(12). – 2005. – С. 49 – 52.

15. Королев М.А. и др. Информационные системы и структуры данных / Под ред. М.А. Королева. – М.: Статистика, 1987. – 208 с.

16. Ульман Дж. Основы систем баз данных: Пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1993. – 420 с.

Надійшла 13.12.2005

Рецензент: д-р техн. наук доцент В.Д. Сало, Військовий інститут внутрішніх військ МВС України, Харків.