

**СУЧАСНІ ЕРГАТИЧНО-СИСТЕМОТЕХНІЧНІ ПРОБЛЕМИ
СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ
ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Розглянуті сучасні проблеми розподілу функцій між людиною і ЕОМ та системотехнічні питання створення складних інформаційно-управляючих систем військового призначення як складників системи управління Збройних Сил України.

Постановка проблеми. У статті під інформаційно-управляючими системами (ІУС) розуміються цифрові системи контролю і/або управління реальними об'єктами різної природи та призначення [1; 2].

Такі особливості ІУС, як робота у реальному часі, високі вимоги до надійності і безпеки функціонування, експлуатаційні та інструментальні особливості, тривалий час безперервного функціонування, можливість тимчасової відсутності оператора, випадкове виникнення позаштатних ситуацій, які необхідно вирішувати автоматично, і т. ін. призводять до суттєвих труднощів їх створення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У деяких роботах, наприклад [1; 3], відзначається, що проблеми проектування ІУС настільки складні, що трудомісткість їх розробки становить десятки людино-років.

Ситуація ускладнюється під час створення ІУС військового призначення, які мають свої особливості (високу швидкодію, велику кількість багатфункціональних керованих об'єктів, широкий діапазон і темп змінювання станів системи, функціонування в реальному часі у великих просторових масштабах, прийняття рішень операторами в обмежений термін і за недостатньої інформації і т. ін.).

До основних загальносистемних проблем створення ІУС можна віднести такі: визначення концептуальних питань управління як системою в цілому, так і її складниками, обсяги та джерела фінансування процесів створення системи, обґрунтування типу ІУС як складної ергатичної системи, визначення системотехнічних питань створення системи.

Зазначимо, що невиконання або неякісне виконання цільових завдань реально функціонуючими ІУС військового призначення може призвести до катастрофічних наслідків воєнного та державного значення.

Зауважимо, що завдання щодо вирішення проблем розвитку системи управління військового призначення в цілому, військами (силами) та бойовими засобами розроблялись в минулому столітті з урахуванням стану на той час і прогнозу розвитку засобів РЕБ, озброєння та військової техніки, інформаційних систем і технологій.

Запровадження новітніх технологій зумовило зміни пріоритетів і системотехнічного змісту створення систем управління військового призначення. Питання автоматизації управління у таких системах відходять на другий план. Можливості сучасних технологій дозволяють автоматизувати практично будь-які "побажання" системи управління. Основна проблема – виявлення складників системи управління, що потребують автоматизації.

Як відомо [4], під ергатичною системою розуміється фізична цілеспрямована система, частиною якої є людина. Під словом "людина" розуміють людину як матеріальну систему без урахування роду її діяльності (фізична або інтелектуальна).

Узагальнену людино-технічну систему як ергатичну можна представити у такому вигляді (рис. 1).

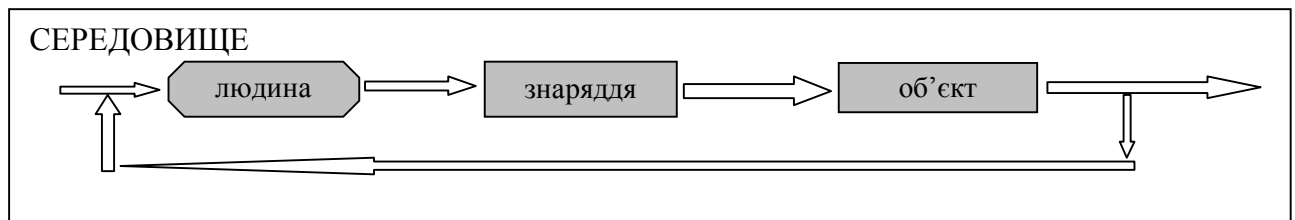


Рис.1. Узагальнена схема функціонування ергатичної системи

Функціонування ергатичної системи утворює замкнену цілеспрямовану систему управління, що включає людину, знаряддя дії (штучну систему), об'єкт дії і середовище, в якому функціонує вся система.

Метою статті є формалізація процесу функціонування складних людино-технічних систем у реальному часі для виявлення доцільного розподілу функцій між людиною і технічними засобами.

Виклад основного матеріалу. Предметом досліджень теорії ергатичних систем є задачі аналізу й

синтезу структур ергатичних систем, побудови формальної моделі характеристик людини як ланки замкненої системи управління, питання ефективного й раціонального розподілу функцій між людиною і технічними пристроями, обґрунтування раціонального (бажано оптимального) узгодження характеристик “людської ланки” з технічними характеристиками системи та ін.

За умов технічної революції без вирішення зазначених питань може бути проблематичним використання найсучасніших інноваційних технологій і технічних пристроїв. Дійсно, сьогодні виробництво спроможне створювати пристрої з такими технічними даними, що людина не в змозі на практиці застосовувати їх повною мірою через власні низькі характеристики з точності та швидкості. Технічна революція ніби породжує конфлікт між можливістю створення технічних пристроїв і можливістю їхнього використання в ергатичних системах зі звичайними структурами (тобто зі структурами, що умовно називають системами першого покоління, і пасивними методами інтуїтивно-експериментального характеру). Сучасні методи створення складних ергатичних систем військового призначення повинні принципово дозволяти вирішувати даний конфлікт на користь технічних пристроїв через розроблення активних методів побудови структур ергатичних систем із наперед заданими технічними характеристиками.

Отже, функціонування розглянутої узагальненої ергатичної системи доцільно представляти з використанням методів теорії оптимального управління [5].

У достатньо загальному випадку характер руху ергатичної системи можна описати векторним диференціальним рівнянням:

$$\dot{X} = G(X, U, t), \quad X(0) = C, \quad (1)$$

де $X = (x_1, \dots, x_n)^T$ – вектор фазових координат, $G = (g_1, \dots, g_n)^T$ – деяка відома вектор-функція, $U = (u_1, \dots, u_m)^T$ – вектор управління, $C = (c_1, \dots, c_n)^T$ – вектор початкових умов.

Вектор управління у цьому рівнянні визначає технічні можливості функціонування ергатичної системи, які можуть бути реалізовані шляхом вибору того чи іншого управління з простору припустимих управлінь G_u . Визначити вид функції управління може як людина, так і технічні пристрої, залежно від ситуацій, що складаються в реальному часі функціонування системи.

Оцінка ступеня досяжності поставленої мети за того чи іншого способу управління обумовлюється завданням цільової функції

$$I = F(X(t), U(t), t).$$

Цільову функцію доцільно визначити таким чином, щоб можна було оцінити якість процесу за час функціонування системи на деякому інтервалі $0 \leq t \leq T$. Тоді показником якості управління має бути функціонал

$$J = \int_0^T F[X(t), U(t), t] dt. \quad (2)$$

Наведені співвідношення дозволяють дати визначення оптимального управління в ергатичних системах.

Оптимальним називають управління $\bar{U}(t)$, обране з простору припустимих управлінь G_u , яке для об'єкта, описуваного співвідношеннями (1), мінімізує показник якості (2) за заданих обмежень G_x стану об'єкта та обмежень на використовувані ресурси, якщо таке обумовлено.

Якщо $f_0 \equiv 1$, то $J = T$ і оптимальне управління $\bar{U}(t)$ означає мінімізацію часу переходу об'єкта з початкового стану $X(t=0) = X_0$ у заданий $X(t=T) = X_T$.

Якщо функції $f_i, i = 1, \dots, n$ визначені для будь-яких значень векторної змінної X і для значень $u(t)$, що належить області управління U , неперервні і неперервно диференційовані за сукупністю змінних $x_i, i = 1, \dots, n$, то оптимальне управління можна визначити за принципом максимуму Л. С. Понтрягіна.

Формальна схема використання цього принципу для відшукування оптимального управління зводиться до такого.

1. Складають H -функцію вигляду:

$$H(\Psi, X, U) = \sum_i^n \Psi_i f_i(X, U),$$

де Ψ_1, \dots, Ψ_n – допоміжна вектор-функція, складники якої задовольняють умовам

$$\dot{\Psi}_i = - \frac{\partial H}{\partial X_i}.$$

2. Відшуковують максимум цієї функції за u , якщо він має бути у внутрішній точці області управління U , чи $SupH(\Psi(t), X(t), U)$, якщо максимум має бути на межі області U .

Для виконання умов максимуму необхідне перетворення на нуль m часткових похідних

$$\frac{dH(\Psi(t), X(t), U)}{du_j} = 0, j = 1 \dots m$$

Визначене управління $\bar{U}(t)$ дозволяє створити оптимальну траєкторію ергатичної системи в зазначеному фазовому векторі просторі, що враховує об'єктивні фізичні обмеження управляючих параметрів і фазових координат у реальному часі функціонування системи.

Використовуючи зазначену математичну модель, можна скласти таку схему основних операцій узагальненого алгоритму управління ІУС у реальному часі (рис. 2).

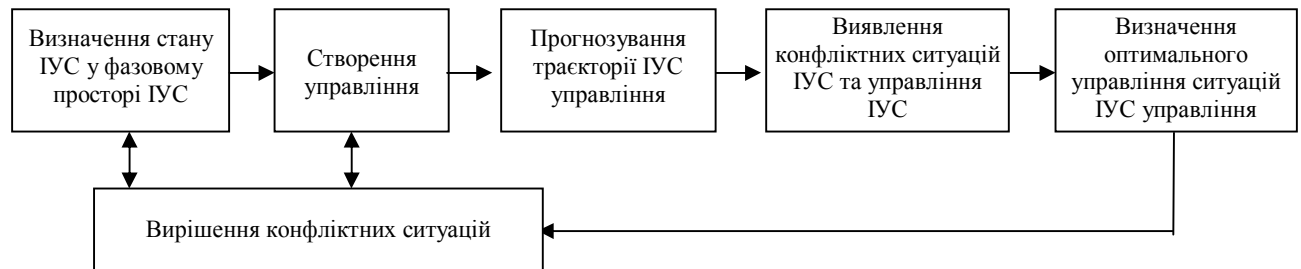


Рис. 2. Основні операції управління ІУС у реальному часі

Зазначимо, що сучасні навігаційні технології дозволяють достатньо точно фіксувати стан об'єктів у фазовому просторі. Визначений стан і вибране управління (людиною або пристроями), однозначно визначають екстрапольоване положення ІУС відповідно до показника якості функціонування системи. Якщо вибране управління призводить до конфліктних ситуацій (порушення припустимих обмежень на управління, фазових координат і т. ін.), то визначається оптимальне управління і пріоритет прийняття рішення, а створення управління примусово віддається технічним пристроям.

Висновки

1. Сучасні інноваційні технології можуть породжувати конфлікт між можливостями створення і можливостями використання у людино-технічних (ергатичних) системах відповідних технічних пристроїв через низькі характеристики людини з точності і динамічності (швидкості) виконання управління.
2. Втручання людини-оператора у процеси управління систем, функціонуючих у реальному часі, може призвести до тяжких, а інколи катастрофічних наслідків (загибель польської урядової делегації під Смоленськом).
3. Зазначений у статті підхід формалізує процеси функціонування складних людино-технічних систем у реальному часі з урахуванням можливостей людини-оператора з точності та динамічності.
4. Сучасний стан розвитку технологій дає можливість створення ергатичних систем другого покоління, в яких пріоритет прийняття рішення і створення управління примусово відбирається від людини-оператора і надається технічним пристроям.

Список використаних джерел

1. Трояновский В. М. Информационно-управляющие системы и прикладная теория случайных процессов / В. М. Трояновский. – М. : Гелиос АРВ, 2004. – 304 с.
2. Степанова А. С. Анализ развития информационно-управляющих систем с использованием научно-технологического форсайта / А. С. Степанова, Д. Ю. Муромцев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара, 2009. – Т. 11. № 5(2). – С. 354 – 357.
3. Азаренко Е. В. Проектирование автоматизированных систем управления на компьютерных сетях / Е. В. Азаренко, Б. М. Герасимов, Б. П. Шохин. – Севастополь : Гос. океанариум, 2007. – 272 с.
4. Павлов В. В. Начала теории эргатических систем / В. В. Павлов – Киев : Наук. думка, 1975. – 240 с.
5. Математическая теория оптимальных процессов / Л. С. Понтрягин, В. Г. Болтянский, Р. В. Гамкрелидзе, Е. Ф. Мищенко. – М. : Наука, 1969. – 437 с.

Стаття надійшла до редакції 06.06.2011 р.