VII. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 519.87

ЗАДАЧІ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЯК ОБ'ЄКТІВ РОЗРОБКИ

Зелінська Оксана Владиславівна, к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет

O. Zelinska, PhD, Associate Professor
Vinnytsia National Agrarian University

У даній роботі розглянуто завдання моделювання великих технічних систем (ВТС), які розв'язуються апаратом логіко-диференціальних рівнянь, альтернативних інформаційних мереж і пакетів динамічних операцій. Метою моделювання ВТС є створення математично узгоджених систем моделей, що забезпечують постановку і проведення великого математичного експерименту при розв'язанні завдань системного проектування ВТС визначеного класу. Дослідженню задач проектування складних систем присвячене значна кількість робіт у вітчизняній і закордонній літературі. Перераховані різновиди моделей складних систем розглядалися для опису законів функціонування окремих класів об'єктів. В той же час, вони математично не узгоджувалися з іншими процесами, наприклад, витратами і відновленнями ресурсів ВТС і властивостями досяжності цілей надійності, ефективності виконання операцій .

Моделі, що розробляються в даній статті дозволяють вирішити значну кількість прикладних задач моделювання ВТС, які містять досить строгі умови математичного узгодження диференціальних моделей з автоматними моделями, а їхні «гібриди» — з альтернативними інформаційними мережами. Ці умови дозволили одержати моделі динамічних операцій і, нарешті, побудувати і дослідити пакети динамічних операцій.

Ключові слова: моделі, технічні системи, моделювання великих технічних систем, ефективність, проектування.

Ф. 15. Рис. 13.

1. Постановка проблеми

Одною з основних цілей розвитку сучасної прикладної математики є можливість побудови теорії й інструментарію математичного експерименту з метою проектування великих технічних систем (ВТС). Центральне місце в такому експерименті займало донедавна моделювання законів функціонування ВТС. Слідом за автоматизацією технологічних процесів (ТП) і процесів керування (ПК), де об'єктом аналізу і синтезу були закони функціонування ВТС, наступив третій, завершальний, етап автоматизації проектування ВТС. Наукові та інженерні завдання цього етапу висунули на перший план методологічні і теоретичні питання моделювання ВТС як об'єкта проектування, побудови та програмованої експлуатації системи. Домінуючим завданням в моделюванні ВТС є задачі програмування життєвих циклів ВТС, які повинні враховуватись на ранніх (системних) етапах проектування. Якщо при розв'язанні задач автоматизації комп'ютерних систем управління технологічних процесів традиційні моделі технічних систем дозволяли реалізувати математичний експеримент, то при системному проектуванні такі моделі не можуть бути використані навіть для інтерпретації результатів математичного експерименту. Традиційно в теорії і практиці проектування технічних систем розвивалися методи, за основу в яких бралися локально виділені фізичні об'єкти. Такий об'єкт визначав і теоретичну і прикладну області досліджень, як це історично склалося в теоретичній механіці, теоретичній радіотехніці, теорії автоматів, теорії енергетичних двигунів, теорії корабля, тощо. Більшість з таких прикладних теорій включало в проблематику своїх досліджень вивчення внутрішніх властивостей об'єктів. Тим самим ці теорії досягли відомої досконалості. Побудована аксіоматика традиційних теорій диктувала вимоги до повноти апріорних посилок і вихідних даних у завданнях проектування.

Сучасні ВТС — об'єкти проектування — фізично не зведені до механічної сукупності локально функціональних пристроїв і підсистем. Сучасний літальний апарат, наприклад, є багатоцільовою системою, що функціонує, насамперед, за рахунок найскладнішої взаємодії механічної, енергетичної, радіотехнічної та іншої підсистем, керованих у процесі виконання динамічних операцій для досягнення кожної з конкретних цілей. Традиційні моделі керування польотом не дозволяли виразити аспекти взаємодії єдиною мовою, ввести в закони функціонування категорії цілей і представити багато інших задач системного моделювання. Метою моделювання ВТС є створення математично узгоджених систем моделей, що забезпечують постановку і проведення великого математичного експерименту при розв'язанні завдань системного проектування ВТС визначеного класу.

У даній роботі розглянуто завдання моделювання ВТС, які розв'язуються апаратом логіко-диференціальних рівнянь, альтернативних інформаційних мереж і пакетів динамічних операцій. Перераховані різновиди моделей складних систем розглядалися для опису законів функціонування окремих класів об'єктів. В той же час, вони математично не узгоджувалися з іншими процесами, наприклад, витратами і відновленнями ресурсів ВТС і властивостями досяжності цілей надійності, ефективності виконання операцій .

Моделі, що розробляються в даній статті дозволяють вирішити значну кількість прикладних задач моделювання ВТС. Ці умови дозволили одержати моделі динамічних операцій і, нарешті, побудувати і дослідити пакети динамічних операцій.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженню задач проектування складних систем присвячене значна кількість робіт у вітчизняній і закордонній літературі [1 – 4]. Розглядалися системи великої розмірності з диференціальною динамікою [5], системи з багатьма рівнями і складним характером взаємодії та функціонування систем, що мають дискретну природу, типу інформаційних мереж [6]. Мають поширення складні системи, функціонування, які представляється моделями з ймовірносними характеристиками [2].

3. Мета досліджень

Метою даного дослідження є розробка моделей, що дозволяють вирішити значну кількість прикладних задач моделювання технічних систем.

4.Результати досліджень

Динамічна диференціальна система (ДДС) розглядається як упорядкована шістка елементів

$$S_{[0,\ \infty)} = (T, U, X, Y, \varphi, \eta), \qquad (1)$$

де перші чотири компоненти є нескінченними, і в категоріях яких задається відображення

$$W: R_n \times R_m \times T \to R_n, \qquad (2)$$

яке інтерпретується відносинами між властивостями вимірюваних величин

$$t \in T,\ u(t) \in U,\ x(t) \in X, \qquad (3)$$

і представляється безупинними функціями

$$f_1(x, u, t), f_2(x, u, t), \dots f_n(x, u, t). \qquad (4)$$

$$x = f(x, u, t) \text{ ,то } \psi(t_0) \in R_n \qquad (5)$$

Якщо φ(t) – розв'язок системи де $t_0 \in T$ є початковими значеннями, що визначають поведінку системи для $t > t_0$.

Елементи φ і η позначають перехідну і вихідну функції системи, що дозволяють визначити як стан $x(t)$, так і вихід ДДС, тобто

$$x(t) = \varphi(x(t_0), u_{(t0,t]}, (t_0, t]), \qquad (6)$$

$$y(t) = \eta(x(t_0), u_{(t0,t]}, (t_0, t]). \qquad (7)$$

При такому підході побудови моделей ДДС появилась можливість використання строгої аксіоматики [5], що грає визначальну роль у дослідженні внутрішніх властивостей ДДС в задачах системного проектування (керованість, спостережувальність, досяжність, ідентифікованість, стійкість) [7,8]. Багато складних об'єктів (літальні апарати, енергетичні комплекси, інформаційні мережні системи) є стаціонарними на обмежених інтервалах $(t_0, t) \in T$, більше того, нестаціонарність конструюється цілеспрямовано для розв'язання завдань керування структурою таких комплексів (профілю крила, складу енергетичних блоків, структури інформаційної мережі).

У цьому випадку, появилась можливість представити математичну структурну нестаціонарність ДДС двома кінцевими нескінченостями: $U = \{u_k(t): u_k \times (t)$ *безперервна*, $k \in K\}$ *і F*

$=\{f_s\ (x, u, t)$: f_s — безперервна, $s \in S\}$. Зокрема, для релейної скалярної функції $i\ (t)$ з нескінченості $U=\{u_k(t)$: $u_k(t) \in [-1,1]$, $k = 1,2\}$областю керування $u(t) \in R$ є $R=\{^{-1}{}_1\}$. У загальному випадку на нескінченості U дискретні переходи керування $i\ (t)$ відбуваються за логічних умов $L^i_к$ з областю значень {0, 1}. Тоді функція $i_L(t) \in R_m$ представиться як упорядкована послідовність безперервних функцій $i_k(t)$:

$$i_L(t) = \sum_{k=1}^{k} L^i{}_k i_k(t) \text{ при } L^i{}_k \wedge L_j{}^i = 0,\ k \neq j. \tag{8}$$

*В*ся сукупність дискретних переходів на кінцевій нескінченості функцій $U\ \{i_k\ (t)\}$ задана моделлю кінцевого автомата A^u, у якому логічні умови $L^u{}_k$ можна прийняти як елементи вхідного алфавіту.

Аналогічним чином моделюється вся сукупність дискретних переходів на нескінченість F $\{f_s\}$, де

$$f_L(x, i, t) = \sum_{s=1}^{S} L^j{}_s f_s(x, I, t) \tag{9}$$

при виконанні умов

$$L^s{}_f \wedge L^j{}_d = 0,\ s \neq d;\ \bigvee_{s=1}^{S} L_s^{\,j} = 1. \tag{10}$$

Два логічних автомати A^u й A' (Мура чи Милі) визначають керовану структурну динаміку логіко-динамічної системи (ЛДС). Прийнявши за аналогією з (1) «гібридні» функції стану $\varphi_{\mathrm{L}} = \sum_{s=1}^{S} L_s^{\,f}\ \varphi_s$ і виходу $\eta_{\mathrm{L}} = \sum_{s=1}^{S} L_s^{\,f}\ \eta_s$ остаточно можемо записати для ЛДС (з автоматом Мура A^f) рівняння виходу:

$$y(t) = \sum_{s=1}^{S} L_s^{\,f}\ \eta_s\,(x(t_0), i_L(t), (t_s, t_{s+1}]), \tag{11}$$

рівняння стану:

$$x(t) = \sum_{s=1}^{S} L_s^{\,f}\ \varphi_s\,(x(t_0)\,, i_L(t), (t_s, t_{s+1}]) \tag{12}$$

при $L_k^{\,u} \wedge L_j^{\,i} = 0,\ k \neq j;\ L_s^{\,f} \wedge L_d^{\,f} = 0,\ s \neq d\ ;\ \bigvee_{1}^{k} L_k^{\,i} = 0\ ,\ \bigvee_{1}^{S} L_s^{\,f} = 1.$

Областю визначення функцій f_{s1}, $f_{s2,\dots,}\ f_{sn}$, φ_{s1}, $\varphi_{s2\,..}$, φ_{sn}, η_{s1}, η_{s2}, ..., η_{sn} є векторний простір $R_n \times R_m \times T$. Областю значень кожної з цих функцій є нескінченність R. Для класу ЛДС побудована повна аксіоматика [30], доведені теореми існування й одиничності рішень систем логіко-диференціальних рівнянь (ЛДР). Топологія простору існування рішення ЛДР визначає структуру логічного автомата Мура. Таким чином, аксіоматика ЛДС дозволила «вирватись» зі сфери дослідження внутрішніх властивостей автоматів і розв’язувати завдання «зовнішнього» проектування ЛДС (синтезу керованої структури складних об'єктів) апаратом моделювання областей досяжності ЛДС і дискретних переходів на нескінченностях $F\{f_s\}$ і $U\{i_k\,(t)\}$.

У задачах системного проектування ВТС моделі ЛДС використанні для дослідження агрегатів та підсистем $\sum_i \in \sum$. Кожна з підсистем $\sum_i$ ($i=1,\ 2,\ \dots,\ N$) ВТС виділена домінуючою $\sum_i$ і категоріями якої визначається процес і факт досягнення мети G (наприкла д, підсистема керування рухом у просторі для самохідних машин).

Завдання керування логіко-динамічною системою поєднує і математично погоджує два ієрархічно упорядковані і математично різнорідні задачі:

- задача синтезу вхідного впливу $u_k \in U$ для локального структурного стану q_{vi} зі стаціонарною функцією f_{vi} (нижній рівень);

- задача повного упорядкування дискретних переходів на кінцевій нескінченності структур $f_s \in F$ (верхній рівень).

Відзначимо, що відомий принцип динамічного програмування Р. Беллмана [9] керування u_h є функція фазового стану ($u_k = K(x)$ виявляється недостатнім у випадку ієрархічних систем логіко-динамічного класу. Цей принцип розширений до наступної форми [10 – 12]: керування є функцією упорядкування послідовності структурних станів q_v (верхній рівень) і чисельних функцій фазових станів $x(t)$ (нижній рівень). Завдання повного упорядкування (керування верхнього рівня) звів до синтезу закону функціонування ініціального і кінцевого автомата $A = \{A^u, A^f]$ як комбінаторної частини системи $\sum \{\sum_i\}$. Вона оцінюється апаратом моделювання систем логіко-диференціальних рівнянь. Завдання глобальної оптимізації ЛДС включає дві ієрархічно упорядковані задачі *[10]:*

- задача оптимального упорядкування кінцевої множини структур системи $F\ \{f_s\}$ (верхній рівень);

- задача синтезу оптимальних впливів $u_k \in U$ при локальній стаціонарності структури (нижній рівень).

Зумісне дослідження моделювання цих задач виключає необхідність повного перебору переходів на множину $F\ \{f_s\}$. Цілеспрямованість процесів керування в ЛДС, що вводиться в закон функціонування системи $\sum$ упорядкуванням підцілей G_i, конструктивно виражається перетином підобластей існування локальних рішень системи ЛДУ. Ця властивість ЛДС, отримана як наслідок їхнього аксіоматичного визначення, виділяє з усієї нескінченості логічних автоматів ініціальний автомат Мура як комбінаторну частину ЛДС. Це означає, що з усієї припустимої нескінченості шляхів в автоматі $P_{1,N}^{\max} = N\,!$ для ЛДС це число варіантів обмежене величиною $P_{1,N}^{\max} = P_{1,N-1}^{\max} + (N-2)$, так, для $N=1$ $P_{1,10}^{\max} = 37$ на відміну від 10! = 3628800. Сьогодні накопичено достатній досвід моделювання ЛДС універсальними засобами (МАТКАД, МАТЛАБ, АПАРАТ інтелект. систем, розмитих множин), спеціальними моделюючими системами в EXCEL.

У розглянутих вище моделях ЛДС уся сукупність структур $\langle f_s, \varphi_s, \eta_s \rangle (s=1,2,\dots, S)$ характеризувалася трійкою відображень $f_s: T \times T \times U \to X$, $\varphi_s: T \times T \times \Omega \times X \to X$, $\eta_s: T \times T \times X \to Y$. В категоріях цих відображень, інваріантних щодо дискретних переходів на множинах $F\{f_s\}$, $\Phi\{\varphi\}$, $\{\eta_s\}$, представлені моделі функціонування ЛДС, засобами яких досліджуються задачі керування в структурній і диференціальній динаміці. У завданнях проектування ВТС багатоцільового функціонування, крім зазначених моделей, виникає необхідність у моделях, координації взаємодії ЛДС у складних режимах. Як модель ВТС із керованим складом ЛДС прийнята дискретна інформаційна мережа. Для математичного опису процесу керування складної системи введені основні операції, що представляють відносини між підсистемами , у всіх можливих логічних законах функціонування.

Модель взаємодії ВТС визначається складом підсистем $\sum_{i\ (i=1,2,..,I)}$, топологією мережі й узагальнених станів $Q_{\upsilon i}$ підсистем, де $Q_{\upsilon i}$: $x=f_s(x, u_L, t)$, v— номер узагальненого стану підсистеми $\sum_\upsilon$ у даному режимі, $v=1, 2,..,N$.

У загальному випадку модельована система в цілому буде містити $N*1$ систем диференціальних рівнянь, розв'язок яких програмується парами автоматів $A_i\{A_i^f, A_i^u\}$, дискретною інформаційною мережею взаємодії автоматів.

Операції взаємодії підсистем $\sum_i \in \sum$, що утворюють мережу, наступні:

- кон'юктивного об'єднання підсистем $\sum_i$, $,\sum_j$ у групу, що функціонує в груповій динаміці;

- диз'юнктивного об'єднання підсистем $\sum_k ,\dots, \sum_j , \sum_l$;

- диз'юнктивного альтернативного об'єднання підсистем $\sum_m ,\dots, \sum_n$;

- дискретного переходу групи підсистем до тотожної (не зростаючої,) структури;

- розчленовування (скорочення складу) групи взаємодіючих підсистем $\sum_i, \ldots, \sum_j$. У підсистемах $\sum_i$, із всіх узагальнених станів $Q_i\{qv_i\}$, виділяється початковий (стартовий) що це $q(v_0)$ і фінальний стан $q_{N\,i}$, відповідно до прийнятої аксіоматики ініціальних автоматів A_i. Дві і більше підсистеми $\sum_i \in \sum$, можуть функціонувати у взаємодії для досягнення фінальних станів $q_{Ni}, \ldots, q_{Nj}$, утворивши групу підсистем $\{\sum_i \ldots, \sum_j\}$ у цих станах $q_{N\{i,\ldots j\}}$.

У категоріях узагальнених станів представлених вище операцій взаємодії ЛДС мають вигляд:

$$Q_{N\{i,\ldots,j\}} = q_{Ni} \wedge \ldots \wedge q_{N\,j}, Q_{N\{k,\ldots,l\}} = q_{N\,k} \vee \ldots \vee q_{N\,l}$$

$$Q_{N\{m,\ldots,n\}} = q_{Nm} \vee_a \ldots \vee_a q_{Nn}\ ;\ Q_{v\{1\}} \to Q_{(v+1)\{I\}};\ Q_{v\{1\}} \to Q_{(v-\lambda)\{I\}\setminus\{i,j\}}, \tag{13}$$

де $\{i,j\} \subset \{I\}$, $\{I\} \setminus \{i\ ,\ j\}$ — доповнення індексної множини $\{I\}$, що визначає повний склад підсистем $\{\sum_i\}$.

Операції взаємодії (13) мають функціональну повноту в процесах мережевої динаміки (зростання, сполучення, вибір, нейтральний перехід, розчленування). Цільове керування складною системою складається з координації підсистем з керованою структурою, для кожної з яких реалізується сформульований вище принцип. Для моделювання процесів функціонування ВТС достатньо запропонованого апарата диференціальної, структурної і мережевої динаміки, яка допускає коректне математичне «вкладення» цих моделей в ієрархічну структуру. Вкладення диференціальної динаміки в структуру викладено вище. Воно базується на побудованій аксіоматиці, ієрархічному об'єднанні двох фундаментальних моделей – динамічної диференціальної системи і логічного автомата.

Для вкладення систем логіко-диференціальних рівнянь у мережеві структури необхідно параметризувати операції взаємодії (13) по загальному незалежному аргументу $t \in T$, *що* входить в усі відображення: $f_s,\ \varphi_s\ ,\ \eta_s$. Параметризація означає наступне: кожна з операцій (2.17) установлює логічні стосунки для категорії узагальнених станів ЛДС – q_{Na}, $a \in I$, змістом яких є процес моделювання локально стаціонарного рівняння (12). У найпростішому випадку модельована операція кон'юктивного об'єднання підсистем $\sum_i, \ldots, \sum_j$ у фінальних станах $q_{Ni}, \ldots, q_{Nj}$ може бути виконана в заданий момент часу $t^* \in T$, тобто при значеннях $x_i(t^*), \ldots, x_j(t^*)$ динамічних станів. Логічні умови $L(\Lambda)$утворення групи взаємодіючих підсистем $\sum_i, \ldots, \sum_j$ у цьому випадку будуть виражені двозначним одномісним однорідним предикатом $L\ \Lambda = p\,\Lambda\ (t \geq t^*) = 1$. У загальному випадку логічні умови виконання операцій (13) є двозначними багатомісними неоднорідними предикатами, у правій частині яких крім часу $t \in T$ вводяться умови досягнення кожної з підсистем$\sum_i, \ldots, \sum_j$ відповідних цільових підмножин $x_i(t) \in S_{0i}$,де $S_{0i} \in (T_1, T_2) \times X \times Y$, і інші незалежні події $\lambda \in \Lambda$ У загальному виді для всіх операцій (13) предикати побудовані як відображення:

$$p: T \times (T_1, T_2) \times X \times Y \times \Lambda \to \{0,1\}, \tag{14}$$

звідки випливає асинхронний принцип реалізації операцій мережевої динаміки. Фізично цей принцип зводиться до появи ефекту чекання у взаємодіючих підсистемах. Одна із задач оптимізації ВТС складається в упорядкований пусковий режим ЛДС з метою мінімізації загального часу очікування підсистем:

$$\tau^{opt} = min(\tau_v^{\max} - \sum_v \tau_{vj}) \tag{15}$$

де $\tau_v^{\max}$ — час досягнення цільової підмножини S_M^v найбільше підсистемою $\sum_v$. Взагалі завдання оптимізації ВТС відноситься до багатокритеріальних завдань, у розв'язанні яких значне місце займає моделювання [12, 13].

Представимо математичну модель функціонування ВТС у цілому категоріями розглянутих вище підсистем (ЛДС) і операцій їхньої взаємодії (13). Математична модель динамічної операції складається з логічної схеми (мережі) логіко-диференціальних рівнянь, процес рішення яких формується системою предикат $P\{\hat{p}, \overset{\vee}{p}, \overset{va}{p}, \overset{\equiv}{p}, p\}$ на множині операцій взаємодії (13). Логічна схема операції будується на основі технологічної схеми взаємодії всіх підсистем об'єкта. $\sum_i \in \sum$,система, предикат якої математично параметризує операції взаємодії в часі $t\in T$. Таким чином, логічна схема є деревоподібним графом з шістьома видами вершин. Висячими вершинами є структурні стани ЛДС q_{vi}, $v\in N$ $(i\in I)$, кожному з яких відповідає трійка елементів $\{f, \varphi, \eta\}$. Позначимо цю множину через Qq. Іншим п'ятьом видам вершин відповідають множини $Q^{\wedge}$, $Q^{\vee}$, Q^{va}, $Q^{\equiv}$, $Q^{/}$.

5. Висновок

У даній роботі розглянуто завдання моделювання ВТС, які розв'язуються апаратом логіко-диференціальних рівнянь, альтернативних інформаційних мереж і пакетів динамічних операцій.

Моделі, що розробляються в даній статті дозволяють вирішити значну кількість прикладних задач моделювання ВТС, які містять досить строгі умови математичного узгодження диференціальних моделей з автоматними моделями, а їхні «гібриди» — з альтернативними інформаційними мережами. Ці умови дозволили одержати моделі динамічних операцій і, нарешті, побудувати і дослідити пакети динамічних операцій.

Список використаних джерел

1. Лисогор В. М. Моделювання багатостадійних динамічних технологічних процесів з неповною інформацією про стан і нечіткими границями стадій [Текст]: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.13.02 / Лисогор Василь Микитович; Вінницький технічний ун-т. – Вінниця, 1995. – 49 с.
2. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. / Н. П. Бусленко. – М: Наука, 1968. – 355 с.
3. Крейн М. Г. Устойчивость решений дифференциальных уравнений в банаховом пространстве / М. Г. Крейн, Ю. Л. Далецкий. – Киев: Наука, 1970. – 186 с.
4. Саркисян С. А. Большие технические системы / С. А. Саркисян, В. В. Махундов, П. С. Минаев и др –М.: Наука, 1977. – 350 с.
5. Атанс М. Оптимальное управление / М. Атанс, П. Фалб. – М. :Физматгиз, 1968. – 764 с.
6. Ермольев Ю. М. Методы стохастического программирования. / Ю. М. Ермольев. –М.: Наука, 1976. – 239 с.
7. Жук К. Д. Новые задачи моделирования больших технических систем / К. Д. Жук // Электронное моделирование, 1980. - №1, С. 5 – 12.
8. Тимченко А. А. Исследование самонастраивающейся системы управления полетом ракеты с нелинейным законом самонастройки, выбираемым в зависимости от нелинейных свойств среды. / А. А.Тимченко, П. И. Чинаев // Теория автоматов, 1967. – Вып. 4. – С. 79 – 90.
9. Калман Р. Очерки по математической теории систем / Р. Калман, П. Фалб, М. Арбиб. – М.: Мир, 1971. – 400с.
10. Жук К. Д. Исследование задач оптимизации иерархических систем с управляемой структурой / К. Д. Жук. – Киев, 1974. – Ч. 1. – 20 с. – Ч. II. – 41 с.
11. Жук К. Д. Исследование структуры и моделирование логико-динамических систем. / К. Д. Жук, А. А.Тимченко, Т. И. Доленко. – Киев: Наук. думка, 1975. – 197 с.
12. Лисогор В. М. Моделі комплексу технічних засобів (КТЗ) побудови оптимальної системи обслуговування сільськогосподарської техніки / В. М. Лисогор, Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика» ТДАУ, 2007. - №3(17). – С. 107 – 109
13. Лисогор В. М. Задачі математичного моделювання для оптимізації структур та параметрів технологічних і інформаційних систем / В. М. Лисогор, О. В. Зелінська // Науковий збірник ЛНУ ім. Франка. Випуск 27. Серія: Формування ринкової економіки в Україні, 2012.– №27. –С. 179 – 184.

References

[1] Lysohor, V. (1995) *Modeliuvannia bahatostadiinykh dynamichnykh tekhnolohichnykh protsesiv z nepovnoiu informatsiieiu pro stan i nechitkymy hranytsiamy stadii [Simulation of multi-stage dynamic technological processes with incomplete information on the state and fuzzy boundaries of stages]* : Vinnytsia: avtoref. dys.. d-ra tekhn. nauk : Vinnytskyi tekhnichnyi universitet [in Ukrainian].

[2] Buslenko, N. (1968) *Modelyrovanye slozhnыkh system. [Simulation of complex systems].* Moscow: Nauka [in Russian].
[3] Krein, M., Daletskyi, Yu. (1970) *Ustoichyvost reshenyi dyfferentsyalnыkh uravnenyi v banakhovom prostranstve. [Stability of solutions of differential equations in a Banach space].* Kyev: Nauka [in Russian].
[4] Sarkysian, S., Makhundov, V. (1977) *Bolshye tekhnycheskye systemy [Large technical systems]* Moscow: Mynaev y dr –Nauka [in Russian].
[5] Atans, M., Falb, P. (1968) *Optymalnoe upravlenye [Optimal control].* Moscow: Fyzmathyz. [in Russian].
[6] Ermolev, Yu. (1976) Metody stokhastycheskoho prohrammyrovanyia. [Stochastic programming methods]. Moscow: Nauka [in Russian].
[7] Zhuk, K. (1980) *Novye zadachy modelyrovanyia bolshykh tekhnycheskykh system [New tasks of simulation of large technical systems]*, 1, 5 – 12. Elektronnoe modelyrovanye [in Russian].
[8] Tymchenko, A., Chynaev, P. (1967) *Yssledovanye samonastrayvaiushcheisia systemy upravlenyia poletom rakety s nelyneinыm zakonom samonastroiky, vybyraemыm v zavysymosty ot nelyneinykh svoistv sredy [Investigation of a self-tuning flight control system of a rocket with a nonlinear self-tuning law selected depending on the nonlinear properties of the medium]*, 4, 79–90. Teoryia avtomatov [in Russian].
[9] Kalman, R., Falb, P., Arbyb, M. (1971*) Ocherky po matematycheskoi teoryy system [Essays on the mathematical theory of systems]*. Moscow: Myr [in Russian].
[10] Zhuk, K. (1974). *Yssledovanye zadach optymyzatsyy yerarkhycheskykh system s upravliaemoi strukturoi [Investigation of optimization problems of hierarchical systems with controlled structure].* Kyev [in Russian].
[11] Zhuk, K., Tymchenko, A., Dolenko, T. (1975) *Yssledovanye struktury y modelyrovanye lohyko-dynamycheskykh system [Research of structure and modeling of logic-dynamic systems].* Kyev: Nauk. Dumka [in Russian].
[12] Lysohor, V., Veselovska, N., Zelinska, O. (2007*) Modeli kompleksu tekhnichnykh zasobiv (KTZ) pobudovy optymalnoi systemy obsluhovuvannia silskohospodarskoi tekhniky. [Models of complex of technical means (KTZ) of construction of optimum system of service of agricultural machinery]*, 3 (17), 107 – 109. Vseukrainskyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Promyslova hidravlika i pnevmatyka» TDAU [in Ukrainian].
[13] Lysohor, V., Zelinska, O. (2012*) Zadachi matematychnoho modeliuvannia dlia optymizatsii struktur ta parametriv tekhnolohichnykh i informatsiinykh system [Problems of mathematical modeling for optimization of structures and parameters of technological and information systems].* 27, 179 – 184. Naukovyi zbirnyk LNU im. Franka. Vypusk 27. Seriia: Formuvannia rynkovoi ekonomiky v Ukraini. [in Ukrainian].

ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК ОБЪЕКТОВ РАЗРАБОТКИ

В данной работе рассмотрена задача моделирования больших технических систем (БТС), которые решаются аппаратом логико-дифференциальных уравнений, альтернативных информационных сетей и пакетов динамических операций. Целью моделирования БТС является создание математически согласованных систем моделей, которые обеспечивают постановку и проведение большого математического эксперимента при решении задач системного проектирования БТС определенного класса. Исследованию задач проектирования сложных систем посвящено значительное количество работ в отечественной и заграничной литературе. Перечисленные разновидности моделей сложных систем рассматривались для описания законов функционирования отдельных классов объектов. В то же время, они математически не согласовывались с другими процессами, например, затратами и восстановлениями ресурсов БТС и свойствами достижимости целей надежности, эффективности выполнения операций .

Модели, которые разрабатываются в данной статье, позволяют решить значительное количество прикладных задач моделирования БТС, которые содержат довольно строгие условия математического согласования дифференциальных моделей с автоматными моделями, а их "гибриды" - с альтернативными информационными сетями. Эти условия позволили получить модели динамических операций и, в конце концов, построить и исследовать пакеты динамических операций.

Ключевые слова: модели, технические системы, моделирования больших технических систем, эффективность, проектирования.

Ф. 15. Рис. 13.

PROBLEMS OF MODELLING OF TECHNICAL SYSTEMS AS OBJECTS OF WORKING OUT

In the given work the problem of modelling of the big technical systems (BTS), that can will solve with the device of the logic-differential equations, alternative information networks and packages of dynamic operations is considered. The purpose of modelling of BTS is creation mathematically coordinated systems of models, that provide statement and carrying out of the big mathematical experiment with the decision of problems of system designing BTS of a certain class. The significant amount of works in the domestic and foreign literature is devoted to research of problems of designing of complex systems. The listed versions of models of complex systems were considered for the description of laws of functioning of separate classes of objects. At the same time, they were mathematically not co-ordinated with other processes, for example, expenses and regenerations of BTS resources and properties of approachibility of the purposes of reliability, efficiency of performance of operations.

Models which are developed in given article, allow to solve a significant amount of applied problems of BTS modeling, that contain strict conditions of the mathematical coordination of differential models with automatic models, and their "hybrids" - with alternative information networks. These conditions have allowed to receive models of dynamic operations and, eventually, to construct and investigate packages of dynamic operations.

Keywords: models, technical systems, modelling of the big technical systems, efficiency, designing.

F. 15. Fig. 13.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Зелінська Оксана Владиславівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Моделювання та інформаційних технологій в економіці» Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: zeloksanavlad@gmail.com).

Зелинская Оксана Владиславовна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Моделирования и информационных технологий в экономики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: zeloksanavlad@gmail.com).

Zelinska Oksana – PhD, Associate Professor of Department “Modeling and information technologies in economy” of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: zeloksanavlad@gmail.com).