

Якість, стандартизація, безпека, екологічність та ергономічність машин і технологій
 Quality, standardization, safety, environmental and ergonomic properties of machines and techniques



УДК 355.58.0001:351.862.001:621.396.62

[https://doi.org/10.37700/enm.2021.4\(22\).116-122](https://doi.org/10.37700/enm.2021.4(22).116-122)

Модель системної динаміки складної ергатичної надсистеми техногенно-екологічної безпеки держави

С.М. Чумаченко ¹, А.В. Михайлова ², А.І. Невольніченко ³, О.В. Пиріков ⁴, І.А. Черепньов ⁵

¹ Національний університет харчових технологій (м. Київ, Україна),

² Інститут державного управління та наукових досліджень
з цивільного захисту (м. Київ, Україна),

³ Військовий інститут Київського національного університету
ім. Тараса Шевченка (м. Київ, Україна),

⁴ Громадська організація «Фундація розвитку екологічних
та енергетичних ринків» (м. Київ, Україна),

⁵ Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна)

email: ¹ s_chum@ukr.net, ⁵ voenpred314@ukr.net;

ORCID: ¹ 0000-0002-8894-4262; ² 0000-0001-9440-4417;

³ 0000-0002-6247-1970; ⁴ 0000-0002-7077-3645; ⁵ 0000-0003-2421-6503.

Людське суспільство існує в оточенні природного середовища, користуючись його матеріальними та енергетичними ресурсами і повертаючи йому шкідливі відходи своєї діяльності. Екосистема планети - сукупність складових «ноосфери», надскладна взаємодія яких і визначає її загальний стан. Промислове та аграрне виробництво, життєдіяльність людського суспільства поглинають величезні обсяги корисних копалин надр у вигляді мінералів і енергоносіїв, прісної води, кисню атмосфери, ресурсів флори та фауни, порушуючи «системну» сталість природного середовища, забруднюючи землю, воду і повітря шкідливими відходами промислової діяльності. Все це призводить до поступового вичерпання можливостей екосистеми планети до самовідновлення (властивості «гомеостазу») і загрожує виникненням аварій та техногенних катастроф, порушенням нормальних умов існування для людства. Отже, саме наукова сфера «цивільного захисту» і практична діяльність з питань техногенної безпеки набувають загальнонаціонального значення для країни.

У статті наведено структурно-функціональну модель складної ергатичної надсистеми, в якій реалізовано всі головні атрибути надсистеми «держави» на першому рівні декомпозиції до «підсистем» – сфер діяльності. Розроблено узагальнену імітаційну модель системної динаміки для надсистеми «держави». Представлено алгоритм для реалізації імітаційної моделі системної динаміки. Методологічною основою досліджень для суспільно-технічних наук є «системний підхід» – науковий концепт системології, об'єктом якої є «суспільство» як «надскладна система» його абстрактної наукової моделі. Ергатичною «складною» системою вважається штучне утворення організаційного типу, склад «сил» фахівців якого здатний утворювати потрібний (за обсягами і модальністю) «ефект» на об'єктах застосування керованим використанням ресурсу «засобів» загального і спеціального призначення. Об'єкт наукового дослідження «техногенно-екологічна безпека» (ТЕБ), таким чином, має розглядатися як «складна» система, що є «підсистемою» системи національної безпеки, а та – підсистемою надсистеми «держави» (згідно з принципом «ієрархічності» складних систем за Л. фон Берталанфі).

Ключові слова: система, складна ергатична надсистема, структурно-функціональна модель, системна безпека, держава.

Постановка проблеми та її актуальність. Техногенно-екологічна безпека сучасного суспільства вважається однією з пріоритетних складових національної безпеки країни. Наукова сфера «цивільний захист», що розглядає

проблеми відносин суспільства, техногенної сфери і природи, є, таким чином, системою знань у сфері діяльності суспільства «техногенно-екологічна безпека», тому її мету, об'єкт і предмет слід віднести саме до «суспільно-технічних»

наук. Фундаментальною її основою є системологія – загальна теорія «складних систем» природного і штучного походження.

Поняття «складна ергатична надсистема» є порівняно новим поняттям, що характеризує масштабність системи. До складу такої системи входять інші підсистеми, що є її складовими. Складна ергатична надсистема (НС) характеризується взаємодією підпорядкованих їй підсистем. На нашу думку, для вивчення складної ергатичної НС доцільно розробити її структурно-функціональну модель, імітаційну модель та алгоритм її реалізації.

Аналіз складної ергатичної надсистеми «держави» як об'єкта системної безпеки надасть можливість розробити концепцію реалізації механізму запобігання надзвичайним ситуаціям для сфери національної безпеки, що обґрунтує шляхи й напрями зменшення загроз і ризиків виникнення надзвичайних ситуацій.

Джерелами небезпеки є не тільки наслідки порушення норм природокористування, а й техногенні аварії і природні катастрофи з руйнівними наслідками для природного середовища, збитками економічного та гуманітарного характеру. Все це потребує створення максимально ефективною системи техногенно-екологічної безпеки (ТЕБ) з функцією забезпечення сталого природокористування в усіх сферах діяльності суспільства виключно на науковій основі.

Використання НС за призначенням припускає насамперед можливість реалізації нею «системної функції» в заданих умовах акту її застосування. Отже, тому «безпека» НС є ознакою такого «стану» системи, коли система «здатна» зберігати свою «функцію» (мати властивість «функціональної сталості») в умовах дій деструктивних чинників. Збереження функції системи припускає відвернення нею «неприпустимих» (для існування) збитків власним ресурсом. Очевидно, «небезпека» є ознакою протилежного стану НС. Для утримання НС у стані «безпеки» необхідно утворення окремої підсистеми НС – «системи безпеки» з відповідною функцією і ресурсом. Так, згідно з принципом «ієрархічності» складних систем (Берталанфі) «системою техногенно-екологічної безпеки» є підсистема НС «національної безпеки держави», з функцією відвернення неприйнятних (для існування країни і суспільства) збитків еколого-економічного характеру.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Як зазначається у роботі [1], уперше варіант загальної теорії систем запропонував у 1912 р. О. Богданов, а другий варіант – у 30-ті роки ХХ століття Людвіг фон Берталанфі. Після Л. фон Берталанфі ряд вчених різних галузей знань вивчали й пропонували власне бачення нових підходів до побудови загальної теорії систем.

Зокрема, можна назвати прізвища таких науковців: А. Авер'янов, Р. Акофф, П. Анохін, В. Афанасьєв, С. Бір, І. Блауберг, К. Боулдінг, Н. Вінер, В. Воронов, В. Глушков, Д. Дагціг, В. Загвязинський, Л. Заде, Т. Ільїна, М. Каган, Р. Калман, О. Караман, Дж. Клір, В. Краєвський, Е. Ласло, Е. Лоренц, Н. Луман, Н. Манохіна, Г. Мельников, М. Месарович, С. Міронов, Т. Парсонс, О. Піщухин, І. Пригожин, В. Раєв, В. Сагатовський, В. Садовський, І. Соловійов, А. Тюрінг, А. Уйомов, Ю. Урманцев, Д. Форрестер, В. Цветков, Г. Щедровицький, Е. Юдін та інші. Водночас недостатньо вивчено питання функціональної моделі складної ергатичної надсистеми «держави», як загального об'єкта системної безпеки.

Поняття «складна організаційна система» є альтернативою поняття «організаційна система», що не має поняття системності. Таким чином, складна організаційна система – це складна система із властивостями цілісності й емерджентності. Організація складної організаційної системи пов'язана з двома підсистемами: складна організаційно-технічна система та ергатична система. Організаційно-технічна система є надсистемою для складної організаційної системи. Ергатична система частіше є її підсистемою й належить до класу людино-машинних систем, будучи особливим типом складної системи [2].

Метою цієї роботи є удосконалення системного підходу до дослідження «держави» як об'єкта системної безпеки та імітаційного моделювання основного ресурсу соціо-еколого-економічної надсистеми (НС). Це надає можливість коректно підійти до прогнозування системної динаміки НС у процесі її функціонування залежно від варіантів управління потоками різнорідних ресурсів й визначення критичних рівнів для її існування.

Основні результати досліджень. Складні організаційні системи потребують організаційного управління [3]. Саме до організаційного управління слід віднести комплекс завдань з планування процесу застосування, а до оперативного управління – комплекс завдань управління самим процесом застосування об'єкта «держави». Згідно із теорією Л. фон Берталанфі, «держави» є «надскладною» ієрархічною системою («надсистемою») ергатичного типу і на першому рівні декомпозиції (до функціональних підсистем) задається абстрактною моделлю (див. рис.1.) типу «повнозв'язний граф», а на верхніх рівнях обов'язково виходять на певну кількість локальних систем управління.

Згідно з роботою [4] існує два способи інтегрування систем: створення структурованої системи і метасистеми. Остання передбачає процедуру формування за таким принципом, коли з певного набору систем у кожний момент обирається одна чи декілька груп функціонуючих систем.

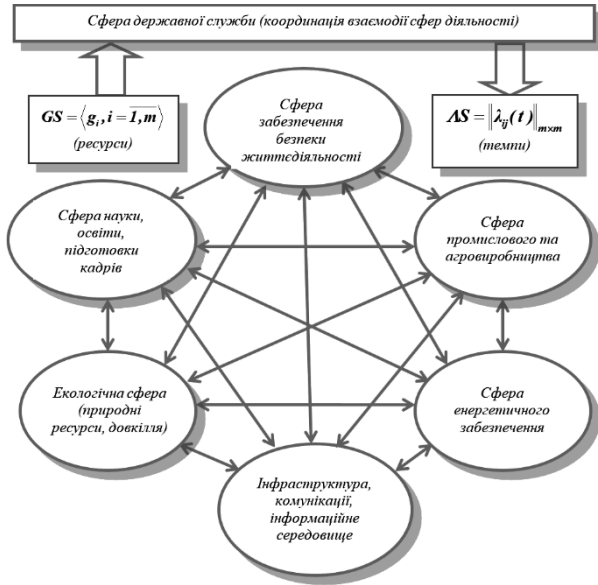


Рис. 1. Структурно-функціональна модель НС «держава» на першому рівні декомпозиції до «підсистем», що утворюють її сфери діяльності

Такий метасистемний підхід характеризується трьома основними особливостями:

- в метасистемі будь-який елемент є самодостатнім й незалежним від інших її елементів;
- у будь-який момент часу функціонують не всі елементи, а лише один або деяка група обраних елементів;
- кількість елементів метасистеми задовольняє іншим її критеріям, що мають бути оптимальними відповідно до них.

Відомо, що існує два класи метасистем: послідовної та паралельної дії. Розглянемо складну ергатичну НС «держава» як метасистему паралельної дії. Варто зазначити, що метасистема виникає там і тоді, коли діапазон задач, що підлягає вирішенню, настільки масштабний, що для їх вирішення застосування однієї лише системи замало, або ж у випадку, коли організаційно-технічна система характеризується неефективним функціонуванням в деяких частинах загального діапазону задач. Саме у таких випадках виникає необхідність виявлення меж, котрі розділяють на піддіапазони для ефективного функціонування НС [4]. При цьому, всі складові метасистеми, незважаючи на неоднорідність та відмінності, взаємодіють між собою.

Таким чином, у кожній зі складових метасистеми відбуваються процеси управління зазвичай стохастичного характеру. За [5], до складових метасистеми можна віднести:

- економічну систему, що пов'язана з виробництвом, розподілом і споживанням товарів та послуг у суспільстві;

- технологічну систему, що характеризується наукоємністю, ресурсозбереженням, безвідходністю й екологічно чистим типом виробництва, а також формуванням національних інноваційних систем;

- правову або інституціональну систему загальних норм і правил;

- ментальні системи, що створюються в результаті цілеспрямованої людської діяльності й проєктують генетичну інформацію на всі сфери життя;

- соціокультурну систему, спрямовану на формування нового мислення, розробку нових узагальнених норм поведінки в різноманітних видах людської діяльності.

Труднощі аналітичного дослідження об'єкта «складна ергатична НС» (метасистема) стали приводом для розроблення наукового методу її дослідження – імітаційного математичного моделювання, що надає можливість вивчати властивості і характеристики її як об'єкта, а також вибрати для цього організаційне та оперативне управління процесом його застосування за призначенням.

На вищому рівні ієрархії метасистеми є підсистема управління (сфера діяльності інститутів державної служби), на нижчому рівні – функціональні підсистеми (сфери діяльності суспільства), а дугами є потоки (з відповідною інтенсивністю λ) різноманітних ресурсів, як «продуктів діяльності» функціональних підсистем. Вони представлені однорідним універсальним еквівалентом «вартість» для кожного виду ресурсів g .

Сукупна інтенсивність потоків у дугах графу задає «динаміку» загальносистемного ресурсу, що є об'єктом контролю для підсистеми державного управління. Система військової безпеки, а також системи економічної, екологічної, техногенної, інформаційної та правової безпеки є важливими складовими надсистеми національної безпеки держави, і функціонують у складі інфраструктури зазначеної надсистеми (точніше – в соціальній сфері забезпечення життєдіяльності суспільства), забезпечуючи всі інші основні види діяльності.

Підсистема вищого рівня ієрархії є підсистемою управління НС і має функцію координації, тобто правового регулювання темпів ресурсних потоків між підсистемами нижчого рівня. Вона існує за рахунок НС і має інформаційні зв'язки з ресурсними підсистемами.

Зважаючи на наведене вище, математична модель системної динаміки вказаної НС задається системою диференціальних рівнянь (згідно із теорією Дж. Форрестера) [1, 2]:

$$\frac{d}{dt}g_i(t) = - \sum_{j=1, j \neq i}^m \lambda_{ij} \{g_i(t - \tau_{ij})\} + \sum_{k=1, k \neq i}^m \lambda_{ki} \{g_k(t - \tau_{ki})\}, \quad i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

де m – кількість підсистем (сфер ресурсної діяльності) складної ергатичної надсистеми; g_i – ресурс (продукція) i -ої підсистеми на даний момент часу t ; λ_{ij} – темп ресурсного потоку від i -ої підсистеми до суміжної j -ої; λ_{ki} – темп ресурсного потоку від суміжної k -ої підсистеми до i -ої; τ_{ij} – глибина «передісторії» ресурсу i -ої підсистеми для суміжної j -ої; τ_{ki} – глибина «передісторії» ресурсу k -ої підсистеми для суміжної i -ої.

Моделювання процесу функціонування метасистеми полягає у розв'язанні (1) відносно значень вектора ресурсів підсистем:

$$G(t) = \langle g_i(t), i = \overline{1, m} \rangle, \quad (2)$$

причому загальний ресурс системи становить

$$GS = \sum_{i=1}^m g_i. \quad (3)$$

Управління складною ергатичною НС (через застосування функціональних зв'язків підсистем) є вибір таких (оптимальних) темпів ресурсних потоків:

$$\Lambda S^o(t) = \|\lambda_{ij}(t)\|_{m \times m}, \quad (4)$$

коли в метасистемі встановлюється стаціонарний процес, тобто:

$$\frac{d}{dt} g_i(t) \rightarrow 0, i = \overline{1, m}, \quad (5)$$

для стабільної системи ($GS = const$), або

$$\frac{d}{dt} g_i(t) > 0, i = \overline{1, m}, \quad (6)$$

для прогресуючої системи ($GS \uparrow$).

Умова, за якої

$$\frac{d}{dt} g_i(t) < 0, i = \overline{1, m}, \quad (7)$$

є ознакою стагнації системи ($GS \downarrow$) або умовою системної небезпеки.

Для імітації процесу системної динаміки у складній ергатичній системі «держава» цю систему диференціальних рівнянь найбільш доцільно розв'язувати не аналітичним, а дискретним методом чисельного інтегрування за початкових умов

$$G(t=0) = \langle g_i(0), i = \overline{1, m} \rangle, \quad (8)$$

програмування в модельному часі керованих темпів $\lambda_{ij}(t)$ і спостереженні за вектором поточної чисельності ресурсу підсистем

$$G(t) = \langle g_i(t), i = \overline{1, m} \rangle, \quad (9)$$

на інтервалі прогнозу ($0 \leq t \leq T^{\text{мод}}$).

Дискретизація системи диференціальних рівнянь для чисельного інтегрування здійснюється шляхом переходу від похідних до кінцевих різниць –

$$\begin{aligned} \frac{dg_i(t)}{dt} &\approx \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta g_i(t + \Delta t)}{\Delta t} = \\ &= \left\{ - \sum_{j=1, j \neq i}^m \lambda_{ij} \{g_j(t - \tau_{ij})\} + \right. \\ &\quad \left. + \sum_{k=1, k \neq i}^m \lambda_{ki} \{g_k(t - \tau_{ki})\} \right\} = \\ &= f_i, \quad i = \overline{1, m}. \end{aligned} \quad (10)$$

Оскільки для рівняння (10) справедливим є співвідношення кінцевих різниць

$$\Delta g_i(t + \Delta t) = g_i(t + \Delta t) - g_i(t) = f_i \times \Delta t, \quad i = \overline{1, m}, \quad (11)$$

то із системи рівнянь (14) очевидними перетвореннями отримаємо рекурентні співвідношення для поточних значень компонентів (9):

$$g_i(t + \Delta t) = g_i(t) + f_i \times \Delta t, \quad i = \overline{1, m}. \quad (12)$$

Імітаційне моделювання чисельності ресурсу підсистем НС методом дотичних задається алгоритмом, блок-схема якого наведена нижче (рис. 2).

1 етап. Формування матриці темпів потоків для динамічної системи

$$\Lambda = \|\lambda_{ij} \{g_i(t - \tau_{ij})\}\|_{m \times m}. \quad (13)$$

Зазначений етап моделювання є дуже складним.

2 етап. Визначення дискретності Δt і тривалості модельного часу T в кількості одиниць дискретного часу. Для початкового моменту модельного часу ($t = 0$) призначення чисельного складу станів – компонент вектора загального початкового розподілу складної ергатичної надсистеми «держава» виглядає так:

$$G(t=0) = \langle g_i(0), i = \overline{1, m} \rangle. \quad (14)$$

3 етап. Присвоєння поточного значення модельному часу

$$t := t + \Delta t. \quad (15)$$

4 етап. Розрахунок матриці темпів потоків для некерованих темпів (13) і задання значень керованих темпів згідно з рівнянням:

$$US = \|\mu_{ij}(t)\|_{m \times m};$$

$$\Lambda S(t) = \|\lambda_{ij} \{g_i(t - \tau_{ij}), \mu_{ij}(t)\}\|_{m \times m} = \mu_{ij}(t) \quad (16)$$

це

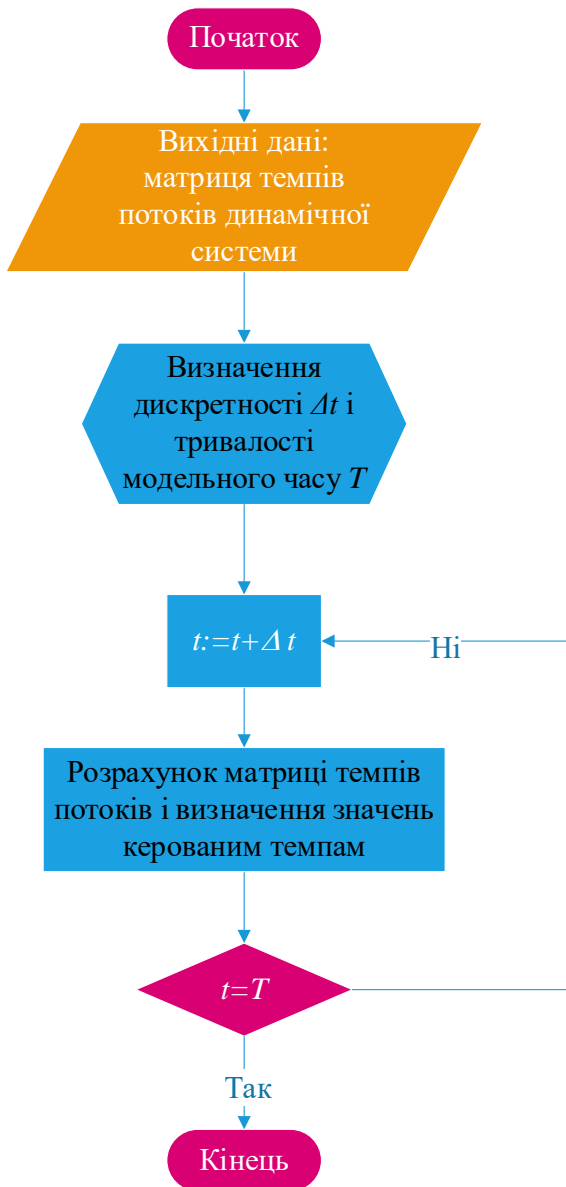


Рис. 2 Блок-схема алгоритму імітаційного моделювання методом системної динаміки

5 етап. Розрахунок поточних значень сумарних темпів «вихідних» і «вхідних» потоків для кожної підсистеми

$$s_i^{\text{вх}} = \sum_{j=1, j \neq i}^m \mu_{ij}(t);$$

$$s_i^{\text{вих}} = \sum_{k=1, k \neq i}^m \mu_{ki}(t), \quad i = \overline{1, m} \quad (17)$$

і чисельності компоненту вектора загального ресурсу системи

$$g_i(t + \Delta t) = g_i(t) - \Delta t \times \{ -s_i^{\text{вх}} + s_i^{\text{вих}} \}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (18)$$

6 етап. Контроль умови закінчення процесу моделювання

$$(t = T). \quad (19)$$

Якщо «ні», то необхідно повернутися до етапу 3.

7 етап. Кінець процедури, підготовка аналітичних висновків за результатами моделювання.

Висновки. У роботі вивчено та проаналізовано такі поняття, як складна організаційна система, складна ергатична система, метасистема, системне управління. Визначено різницю й спільне між поняттями. Розглянуто метасистему «держава» як об'єкт системної безпеки.

З метою проведення аналітичного дослідження складної ергатичної надсистеми «держава» запропоновано імітаційне математичне моделювання, що надасть можливість обирати цільове організаційне та оперативне управління процесом. З цією метою було застосовано систему диференціальних рівнянь.

Розглянутий алгоритм імітаційного моделювання чисельного стану основного ресурсу складної ергатичної надсистеми надає можливість коректно прогнозувати системну динаміку чисельності ресурсу метасистеми в процесі її функціонування залежно від управління потоками ресурсів, а також визначати критичний рівень загального ресурсу для існування надсистеми.

Ця задача належить до питань військово-економічного аналізу чинників сфери національної безпеки держави, а її вирішення дасть змогу своєчасно запобігати виникненню надзвичайних ситуацій та зменшити їх збиток для держави як надсистеми загалом.

Література:

1. Невольніченко А.І., Шарий В.І. Проблема тика управління сферою воєнної безпеки. Наука і оборона, №1, 2000.
2. Дж. Форрестер. Динамика розвитку города. М., Прогресс, 1974. – 288 с.
3. Раев В. К. Организационные системы / В. К. Раев. // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2019. – С. 94–100.
4. Цветков В. Я. Системное управление / В. Я. Цветков. // Государственный советник. – 2019. – С. 57–64.
5. Миронов С. В. Метасистемный подход в управлении / С. В. Миронов., А. М. Пищухин. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 338 с.
6. Манохина Н. В. Метасистема как объект институционального анализа / Н. В. Манохина. // Вестник МИЭП. – 2014. – С. 7–16.
7. Качинський А. Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції і математичні методи. Інститут проблем національної безпеки. Київ, 2003.

References:

1. Nevolnichenko AI, Shary VI Problems of military security management. Science and Defense, №1, 2000.
2. J. Forrester. Dynamics of city development. M., Progress, 1974. - 288 p.
3. Raev VK Organizational systems / VK Raev. // Information technologies in science, education and management. - 2019. - P. 94–100.
4. Tsvetkov V. Ya. System management / V. Ya. Tsvetkov. // State Adviser. - 2019. - P. 57–64.
5. Mironov SV Metasystem approach in management / SV Mironov., AM Pishchukhin. - Orenburg: GOU OGU, 2004. - 338 p.
6. Manokhina NV Metasystem as an object of institutional analysis / NV Manokhina. // Vestnik MIEP. - 2014. - P. 7–16.
7. Kaczynski AB Security, threats and risk: scientific concepts and mathematical methods. Institute of National Security Problems. Kyiv, 2003.

Аннотация

Модель системной динамики сложной эргатической надсистемы техногенно-экологической безопасности государства

С.Н. Чумаченко, А.В. Михайлова,
А.І. Невольніченко, А.В. Пыриков, І.А. Черепнев

Человечество существует в окружении природной среды, пользуясь ее материальными и энергетическими ресурсами и возвращая ей вредные отходы своей деятельности. Экосистема планеты – это совокупность составляющих ноосферы, сложнейшее взаимодействие которых и определяет ее общее состояние. Промышленное и аграрное производство, жизнедеятельность человечества поглощают огромные объемы полезных ископаемых недр в виде минералов и энергоносителей, пресной воды, кислорода атмосферы, ресурсов флоры и фауны, нарушая «системное» постоянство природной среды, загрязняя землю, воду и воздух вредными отходами промышленной деятельности. Всё это приводит к постепенному исчерпанию возможностей экосистемы планеты к самообновлению (способности «гомеостаза») и угрожает возникновением техногенных аварий и катастроф, нарушением нормальных условий существования для человечества. Следовательно, именно научная сфера «гражданской защиты» и практическая деятельность по вопросам техногенной безопасности приобретают общенациональный характер для страны.

В статье приведена структурно-функциональная модель сложной эргатической надсистемы, в которой реализовано все главные атрибуты надсистемы «государство» на первом уровне декомпозиции до «подсистем» - сфер деятельности. Разработан алгоритм для реализации имитационной модели динамики. Методологической основой исследований для общественно-технических наук является «системный подход» – научный концепт системологии, объектом которого является «общество» как «сверхсложная система» его абстрактной научной модели. Эргатической «сложной» системой считается штучное образование организационного типа, состав «сил» специалистов которого способен создавать необходимый (по объемам и модальностью) «эффект» на объектах применения управляемым использованием ресурса «средств» общего и специального назначения. Объект научного исследования «техногенно-экологическая безопасность» (ТЭБ), таким образом, должен рассматриваться, как «сложная» система, которая является «подсистемой» системы национальной безопасности, а та – подсистемой надсистемы «государство» (согласно с принципом «иерархичности» сложных систем по Л. фон Берталланфи).

Ключевые слова: слова: система, сложная система, эргатическая система, структурно-функциональная модель, системная безопасность, государство

Abstract

Model of system dynamics of a complex ergatic super system of technogenic and ecological safety of the state

S.M. Chumachenko, A.V. Mykhailova,
A.I. Nevolnychenko, O.V. Pyrikov, I.A. Cherepniov

Human society exists surrounded by the natural environment and consuming its material and energy resources and returning to it harmful waste of its activities. The planet's ecosystem is a set of components of the "noosphere", the super-complex interaction of which determines its general state. Industrial and agricultural production and vital activities of human society absorb huge amounts of mineral resources in the form of

minerals and energy, fresh water, atmospheric oxygen, resources of flora and fauna, violating the “systemic” sustainability of the environment, polluting the land, water and air with harmful industrial waste. All this leads to the gradual exhaustion of the planet’s ecosystem abilities to self-healing (properties of “homeostasis”) and threatens the occurrence of man-caused accidents and disasters as well as violation of normal living conditions for the mankind. Thus, it is the scientific field of “civil defence” and practical activities on technogenic safety which are gaining national importance for the country.

The paper presents a structural and functional model of a complex ergatic super system, which implements all the principal attributes of the “state” super system at the first level of decomposition to the “subsystems” being areas of the activities. A generalized simulation model of system dynamics for the “state” super system has been developed. An algorithm for the implementation of a simulation model of system dynamics is presented. The methodological basis of the research for the social and technical sciences is the “systems approach”, the scientific concept of systemology, the object of which is “society” as a “super-complex system” of its abstract scientific model. An ergatic “complex” system is considered to be an artificial formation of organizational type, the composition of “forces” of specialists which is able to form the desired (in terms of volume and modality) “effect” upon objects of controlled use of general and special purpose “resources”. The “technogenic and ecological safety” (TES), object of the scientific research, should therefore be considered as a “complex” system which is a “subsystem” to the national safety system, and the latter a subsystem of the “state” super system (according to the principle of “hierarchy” of complex systems by L. von Bertalanffy).

Keywords: *system, complex ergatic super system, structural and functional model, systemic safety, state*

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Chumachenko, S. M. et al. (2021) ‘Model of system dynamics of a complex ergatic super system of technogenic and ecological safety of the state’, *Engineering of nature management*, (4(22), pp. 116 - 122.

Подано до редакції / Received: 30.09.2021