

УДК 514.18

Ковальов Ю.М., д-р техн. наук, проф.

## **ХВИЛЬОВА МОДЕЛЬ І ТЕОРІЯ САМООРГАНІЗАЦІЇ С-ПРОСТОРУ. ЗАСТОСУВАННЯ В ГАЛУЗІ ЕРГОНОМІКИ І ДИЗАЙНУ**

*Національний авіаційний університет*

**Розглянуто аксіоматичну хвильову модель та теорію самоорганізації С- простору, їх застосування для моделювання та оптимізації ергатичних систем та систем людина-житло-середовище**

**Постановка проблеми.** Створення комфортних умов життєдіяльності людини природньому та штучному середовищі, а також при взаємодії з машинами є важливою задачею проектування. Для її досягнення потрібно мати: а) адекватні моделі систем людина-середовище (ЛС), людина-машина-середовище (ЕС), людина-житло-середовище (ЛЖС); б) стратегії розв'язання багатокритеріальних обмежених оптимізаційних задач із неоднорідними та частково неформалізованими критеріями оптимізації.

Розробка моделей та методів оптимізації для задач такого роду на основі класичного математичного апарату є надзвичайно складною проблемою. Концептуальні труднощі випливають із порівняння властивостей відкритих складних систем, а саме до цього класу відносяться системи ЛС, ЕС, ЛЖС, – неадитивності, відкритості, самоорганізації систем; неоднорідності, непорівнянності, незвідності компонентів; синергії, вибіркості, нелінійності, наявності порогового ефекту взаємодій – з аксіоматичними основами сучасної математики: має місце їх невідповідність і навіть протилежність. Те ж відноситься і до інших компонентів математичної парадигми – методів виводу та засобів опису.

Відтак, проблема створення адекватного математичного апарату є надзвичайно нагальною. Найбільш принциповим підходом до її вирішення є створення нової парадигми.

**Аналіз наукових досягнень і публікацій.** Розробка нової парадигми і методів оптимізації просувається у наступних напрямках:

- створення аксіоматичної моделі С – простору [1];
- створення теорії самоорганізації С- простору і складних систем [2];
- розробка методів моделювання (теорії перетворень та інваріантів) [2];
- створення теорії взаємодії людини із середовищем (сприйняття, прийняття рішень, гомеостаз, адаптація природних та біологічних ритмів, стрес, продуктивність праці, патології) [2, 3];
- створення моделей ЛС, ЕС, ЛЖС, методик тестування та оцінки систем, стратегій оптимізації [3];
- розробка концепції комфортно-динамічного житла [4-6];

**Метою статті** є узагальнення результатів та оцінки перспектив у рамках даного підходу.

### **Основна частина. Розглянемо складові частини нової парадигми.**

**Аксіоматика** С- простору (Sp) описує структуру простору, відношення та взаємодії елементів – хвиль та солітонів – між собою і з навколишнім середовищем. Sp розуміється як результат розпаду універсуму на частини – суб'єкт (С) та об'єкт (О), границя між С та О. Відношення С та О називаються: тернарною зв'язкою (ТЗ), внутрішнім (вР) і зовнішнім (Рз) розщепленням.

П'ять аксіом першої групи задають структуру простору та визначають роль зовнішніх впливів в його еволюції. Аксіома другої групи визначає координацію змін для всіх рівнів Sp. Дев'ять аксіом третьої групи встановлюють набір припустимих операцій, в якості яких використовуються абстракції хвильових взаємодій. Дві аксіоми четвертої групи встановлюють процедури вимірювання.

Повнота, несуперечливість, невиводимість аксіом для певного класу задач перевіряється в ході побудови теорії самоорганізації [1].

**Самоорганізація** визначає сценарії еволюції С- простору для різних вихідних комбінацій С та О та їх відношень. Наприклад, для сценарію (1С-1О):

1. Чинниками, що обмежують способи утворення С- множин (розшарування), є: симетрія С і О відносно Sp і цілісність У.

2. Доводяться твердження: 1. *Припустимим є тільки такі розшарування, які зберігають косу симетрію Sp.* Відтак, розрізняється суб'єктна та об'єктна половини Sp. Розшарування відбувається за сценаріями з утворенням паралельних, перпендикулярних, або тих і других елементів: 2. *Нехай для  $P_i$  існує  $M$  груп симетрії і для  $S_{ik}$  виконується  $S_{ik}=S_{jl}$ .* Тоді утворення перпендикулярних структур припиниться, коли кількість реалізованих груп симетрії для кожного шару  $L=M$ , і надалі можливо утворення тільки паралельних структур. Існує зв'язок між законами зберігання і групами симетрії, аналогічний теоремі Нетер.

3. Доводиться твердження 3. *Припустимим є тільки ті розшарування, характеристики С- елементів і С- множин поточної стадії яких знаходяться в гармонійному відношенні з характеристиками елементів і множин попередньої стадії, з коефіцієнтом, рівним характеристиці «золотого перерізу»:*

$$\Phi = \frac{\sqrt{5} - 1}{2} \quad (1)$$

4. Кількість елементів  $n$  у залежності від стадії розшарування  $m$ :

$$n \approx \frac{1}{\sqrt{5}} ((\Phi + 1)^m + (\Phi + 1)^{-m}), \quad (2)$$

тобто виражається числами Фібоначчі (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...).

5. В ході розшарування змінюється тип і стан елементів:  $\cup \rightarrow \bullet \rightarrow \square \rightarrow \cup$ ; впливи С і О є його обов'язковими умовами.

6. При розшаруванні С- множини з потенціалом  $\pi$  кожному елементу передається потенціал  $\pi_n$ :

$$\pi_n = \frac{\pi \Phi}{n}, \quad (3)$$

де  $n$  – індекс поточного шару.

Звідси виводиться твердження 4. *Всі пов'язані з потенціалом характеристики шару різнооб'ємні характеристикам наступних шарів і не можуть бути виражені ними, тобто відрізняються якісно. Навпаки, для характеристики наступних шарів можуть використовуватися характеристики поточного шару.* Важливим є наслідок: *Шеннонівська оцінка кількості інформації, кодованої з використанням С- елементів, повинна проводитися для кожного шару окремо.*

7. Потенціал  $\pi$  хвилі з довжиною  $l$  і амплітудою  $A$  визначається з:

$$\pi = f(l/2, A), \quad (4)$$

де  $f$  – функція пропорційності, визначувана експериментально.

8. Довжина  $l_k$  хвилі поточного шару  $k$  відносно попереднього шару:

$$l_k = \frac{l_{k-1}}{2n}, \quad (5)$$

якщо шари включають елементи одного типу, знаменник дорівнює  $n$ .

9. У якості одиниці виміру часу  $t$  приймається час, рівний періоду хвилі.

Кожний шар  $k$  має свою  $t_k$ :

$$\frac{t_k}{t_{k-1}} = \frac{l_k}{l_{k-1}}, \quad (6)$$

де  $k$  – номер шару, а  $l_k$  і  $l_{k-1}$  пов'язані за (4).

Можливі такі розшарування, для яких час існування кожного шару, виражений у відносних одиницях, однаковий:

$$\forall k, \frac{T_k}{t_k} = const, \quad (7)$$

де  $T_k$  – час існування  $k$ -го шару.

Існує обмеженість розшарування у часі, обумовлена скінченністю часу існування першої хвилі  $S_1$  – процеси розшарування і згортки мають сумарну тривалість, рівну часу існування першої хвилі. Звідси випливає, що процес розшарування можливий тоді і тільки тоді, коли:

$$\forall k, T_k < T_{k-1} \quad (8)$$

Нарешті, якщо час згортки дорівнює часу розшарування,  $T_{0k}$  – час, що залишився до закінчення процесу розшарування  $k$ -го шару, дорівнює:

$$T_{0k} = \frac{T_1}{2} - \sum_{j=2}^{k-1} T_j \quad (9)$$

Таким чином, час для С- простору характеризується: 1) «стрілою часу», що виражає необоротність еволюції; 2) розшаруванням.

10. Вводяться характеристики елементів: потенціал  $\pi$ ; довжина  $l$ ; амплітуда  $A$ ; частота  $\omega$ ; фаза  $F$ ; період  $T$ ; модальності  $\uparrow, \downarrow$ ; ознаки  $\parallel$  і  $\perp$ . В залежності від співвідношення характеристик виводяться умови реалізації С- операцій.

11. Наводиться список характеристик, які можуть бути визначені при різних вимірах, описуються процедури вибору  $K_S$  і вимірювання.

**Графічні моделі (ОМ) та інваріанти.** Вводяться поняття *калібрувальних інваріантів* (незалежні від природи систем) і *калібрування* (прив'язка до фізичних одиниць виміру). Проводиться класифікація:  $ОМ_I$  – статичні моделі, що

зберігають належність і послідовність утворення елементів, кількості елементів і операцій; розмірність; групи і порядки симетрії; розподіл відносних величин  $\pi$  і  $t_0$  і зображуються як С- графи або РЗ- діаграми);  $OM_2$  – динамічні моделі, що зберігають, крім інваріантів  $OM_1$ , динаміку структур  $Sp$ ;  $OM_3$  – калібровані моделі, що зберігають абсолютні значення параметрів. Проводиться класифікація, визначення схем різних С- відображень. Оскільки інваріанти  $OM_1$  належать топологічних і проєктивних для їх відтворення необхідні відповідні відображення. Твердження 5. Сім'я  $\{P_3\}$  включає підродини топологічних  $\{TP_3\}$  і проєктивних  $\{PP_3\}$  відображень. Кожне зовнішнє розширення є результатом їхнього послідовного здійснення:

$$P_3 = TP_3 * PP_3 \quad (10)$$

Наслідок: Відображення сім'ї  $\{P_3\}$  є функторами.

Доводиться твердження 6. Нехай функтор  $T: p_i \rightarrow K^1$  забезпечує взаємно-однозначне відображення С- елементів у вершини, а послідовності розширень – у ребра лінійного комплексу так, що одному шару відповідає одна зірка. Тоді  $T \in \{TP_3\}$ . Так обґрунтовується можливість графічного моделювання сценаріїв виду 1С-1О. Для сценаріїв, де самоорганізація відбувається під впливом кількох С або О, внаслідок чого мають місце взаємодії елементів і зміни топології, маємо твердження 7. Нехай функтор  $T_i: \{p_i\} \rightarrow K^1 *$  забезпечує взаємно-однозначне відображення С- елементів у вершини, а послідовності розширень – у ребра  $K^1$  так, що одному шару кожного розширення відповідає не менше, ніж одна зірка, а кожній операції, що змінює сценарій, – один простий цикл. Тоді  $T_i \in \{TP_3\}$ . Розглядаються можливості графічного вираження результатів калібрування, наприклад: розподіл  $\pi$  – за допомогою площин вершин графу (1 і А можуть зображатися як довжини сторін прямокутника-вершини),  $t$  – довжин ребер; модальності стану – різними кольорами, тощо. Досліджуються можливості збереження цих угод. Послідовність побудови ОМ: 1) визначення розмірності  $E^n$ ; 2) абстрагування від  $X_m$  з метою уявити її у вигляді С- графу (РЗ- діаграми) в  $E^n$ , так, щоб були збережені інваріанти; 3) топологічні перетворення (кривих у відрізки прямих, тощо) з метою спрощення графічного зображення; 4) проведення локальних розгортки задля спрощення проєкціювання; 5) побудова зображення на; 6) метризація; 7) доповнення графічної ОМ текстовими поясненнями, аналітичними залежностями, тощо.

**Засоби опису** назвемо холістичними мовами ( $M_x$ ). Створення  $M_x$  базується на методі границь. Зважаючи на комунікаційну функцію мови, її слід інтерпретувати як С- простір у системі суб'єкт (С) – С- простір – об'єкт (О), що, в свою чергу, конкретизує склад і зміст окремих рівнів і структур. Структури поточного рівня утворюють «контекст» для сприйняття на наступних рівнів і конкретизують зміст попередніх рівнів. Для кожного з рівнів притаманні власні виразні засоби.

**Засобом виводу і верифікації** є метод інтуїтивного конструювання, який відноситься до теоретико-експериментальних методів [1].

**Дослідження «людського фактору».** *Модель взаємодій людини з навколишнім середовищем* (МЛС). Аналіз фактичних даних призводить до висновку про те, що Сп формується в результаті взаємодії  $\{C\}$  і  $\{O\}$ , а умови цілісності набувають вигляду:

$$U \rightarrow (\{C\}_o, C_n, \{O\}_p) \rightarrow CP \vee CP^* \vee CP^{**}, \text{ причому} \quad (11)$$

$$CP \rightarrow n(\{C\}_{i=1, \dots, n}, \square_{xy}, \{O\}_{i=1, \dots, n}) \quad (12)$$

$$CP^* \rightarrow (m-n)(\{C\}_{i=n+1, \dots, m}, \square_{ixy}, \{O\}_{m-n}) \quad (13)$$

$$CP^{**} \rightarrow (o-m)(\{C\}_{o-m}, \square_{i=o-m, \dots, o, j=p-m, \dots, pxy}, \{O\}_{p-m}), \quad (14)$$

де  $CP$  відображають тип сценарію;  $n, m, o, p, o > p$  позначають кількості  $C$  і  $O$ ;  $i, j$  – порядкові номери розшарувань Сп, що відповідають взаємодіям різноманітних  $C$  і  $O$ ;  $x, y$  – номери шарів і належних їм  $C$ - елементів і  $C$ - множин.

За (1-14) визначаються і розраховуються:

- рівні організації, послідовність і пріоритети їх виникнення. Встановлюється їх відповідність з фізичними, психічними, фізіологічними та анатомічними структурами;
- вагові коефіцієнти для кожного з рівнів (пропорційні потенціалам);
- кількості елементів кожного з рівнів і кількості незалежних характеристик (похідні від чисел Фібоначчі);
- межі змін характеристик, що не ведуть до порушення організації системи (з умови недопущення подальших розшарування-згортки);
- механізми обмінів (з умов симетрії та законів зберігання).

*Механізм виникнення зв'язків і обмінів.* Нехай в результаті зовнішнього впливу ушкоджується один з елементів  $i$ -того шару  $Sp^+$ . Тоді, оскільки порушиться цілісність, система припинить існування, або відновить цілісність за рахунок перерозподілу потенціалів між шарами  $Sp^+$ . Цей перерозподіл, можливий в певних межах, відповідає явищам регенерації, авторегуляції і втоми. Для шарів із номерами, меншими  $i$ , вплив зовнішнього подразнику буде менш суттєвим. Для  $Sp^-$ , у силу симетрії, відбудуться аналогічні зміни. Потенціал  $Sp$  зменшиться. У процесі перерозподілу будуть змінюватися модальності існування і стану, відбуватимуться перетворення  $\bullet \rightarrow \cup \cup \rightarrow \bullet$ , а також взаємодії  $C$ - елементів. Це призведе до випромінювання хвиль і переміщення солітонів, тобто процесів обміну між людиною і середовищем. Оскільки якісні характеристики шарів різні, якісно різними будуть процеси обміну шарів  $i$  та  $i+1$  для  $Sp^+$  і  $Sp^-$ . Зберігання динамічної рівноваги, відновлення або деструкція систем і органів можуть бути описані операціями  $\{ДКС\}$ . Оскільки реалізація операцій обумовлена обмеженнями, пов'язаними з потенціалами, це призводить до розшарування взаємодій відповідно до розшарування Сп. У межах кожного з шарів будуть виконуватися закони зберігання, обумовлені властивою йому симетрією. Найбільш чутливими будуть взаємодії на резонансних частотах. Звідси випливають твердження 8. *Причиною існування: гомеостазу і регенерації; прямих і зворотних зв'язків; якісних розбіжностей процесів обміну між компонентами системи «людина – середовище» в умовах незрівноважених зовнішніх впливів є необхідність зберігання її цілісності та 9. Сприятливими слід вважати такі*

впливи зовнішнього середовища, які сприяють відновленню цілісності  $Сп^+$ ; несприятливими – впливи, що порушують цілісність  $Сп^+$ .

Межі саморегуляції системивизначаються, виходячи з необхідності підтримки динамічної рівноваги, що формалізується як недопущення розшарування або згортки. Маємо твердження 10. Межі зміни показників одного рівня не повинні перевищувати відношень, рівних  $1:\Phi$  для сценарію (1С, 1О). Коли процес адаптації захоплює кілька рівнів, маємо твердження 11. Якщо для останнього з задіяних у процесі адаптації рівнів припустимі межі зміни показників задовольняють твердженню 10, то для попередніх (1, 2, ..., k, рахуючи від останнього) вони розраховуються за формулою:

$$\frac{\pi_{i,n} \cdot i_n}{\Phi^k \cdot i_{n-k}} \div \frac{\pi_{i,n} \cdot i_n}{\Phi^{k-1} \cdot i_{n-k}}, \quad (15)$$

де  $i$  – кількість елементів останнього шару  $n$ .

Звідси безпосередньо випливають положення

12. Умовами виникнення патології є перевищення вказаних у (15) меж.

13. Умовами регенерації є зовнішні впливи, що дозволяють повернути потенціали показників життєдіяльності в межі, вказані в (15).

**Модель сприйняття** (МС). Структура людської психіки, рівні, канали і послідовність сприйняття описуються сценарієм (1С, 1О):

Рівень 1 – єдність. Людина і середовище не виділені як окремі частини, але потенційна можливість цього існує. Каналом сприйняття єдності є *інтуїція*;

Рівень 2 – відокремлення. Виникає усвідомлення себе як самодостатньої та відокремленої сутності, що виражається *власним «я»*, унікальними закономірностями будови людського тіла і константністю параметрів внутрішнього середовища організму (гомеостаз). Так само і Всесвіт є цілісністю, що регулюється законами природи, а не просто сукупністю окремих об'єктів;

Рівень 3 – впливи та реакції. Існування зовнішнього світу, впливів та реакцій виражається у категоріях «добре» та «погано», усвідомлюється *розсудком* із природною необхідністю виконувати рішення, для чого необхідна *воля*. Для цього рівня характерні бінарні поділи: для людини – тілесна та психічна складові, права та ліва половина, жіноча та чоловіча стать; для Всесвіту – речовина і поле, тяжіння та відштовхування, простір і час тощо;

Рівень 4 – простір і час. За виникненням впливів та реакцій йде упорядкування по двом категоріям, які називають простором і часом. Виходячи із сценарію самоорганізації, кожній із них слід приписати по три параметри. Так і є: простір є тривимірним, час ділиться на минуле, сучасне і майбутнє. Троїсті поділи характерні для *розуму*;

Рівень 5 – рецептори та відчуття. Із сценарію випливає наявність трьох груп органів почуттів з п'яти елементів. Дійсно, розрізняють *інтерорецептори*, *пропріорецептори* та *екстерорецептори*. Точно невідомо, скільки є внутрішніх чи граничних відчуттів, але зовнішніх точно п'ять. У природі також існують явища та процеси, що мають п'ятиричний поділ, наприклад, п'ять станів речовини, п'ять фундаментальних взаємодій і т.д.;

Рівень 6 та наступні – тони та нюанси. Для кожного з рецепторів має бути по вісім розрівнювань одного відчуття (не виникають окремі органи). Це задовольняється приблизно. Наприклад, розрізняється 7 кольорів (у ергономіці додається восьмий – жовто-зелений), 7 звукових тонів і т.д. Відомі числа Мілера (7-9) – кількість однорідних предметів, що може одночасно сприймати пересічна людина. Можна констатувати, що система за межами 6 рівня ще формується. Відтак немає необхідності у подальшому розвитку моделі.

Дамо кількісні оцінки кожному із рівнів. Відзначимо, що сума потенціалів 2-6 рівнів – 1,472 – більше, ніж потенціал першого рівня – 1, на основі якого відбувається самоорганізація. Це пояснюється згідно аксіомам першої групи, що стверджують неможливість самоорганізації без зовнішніх впливів. Величина потенціалу, що поповнюється завдяки впливам на кожному рівні (позначена темним кольором) підпорядковується закону гармонійного відношення (рис).

Звідси випливають вагові коефіцієнти кожного з каналів – вони мають бути пропорційні ряду 1, 0,618, 0,382, 0,236, 0,146, 0,09. Оскільки потенціал попереднього рівня більше, ніж у елементів наступного, існує якісна відмінність їх характеристик, що дає можливість застосовувати різнопланові дані у рамках однієї моделі. Отже, на одвічне гностичне питання про пізнаваність світу, можна дати таку відповідь: *світ пізнаваний настільки, наскільки однакові закони самоорганізації Всесвіту і людини.*

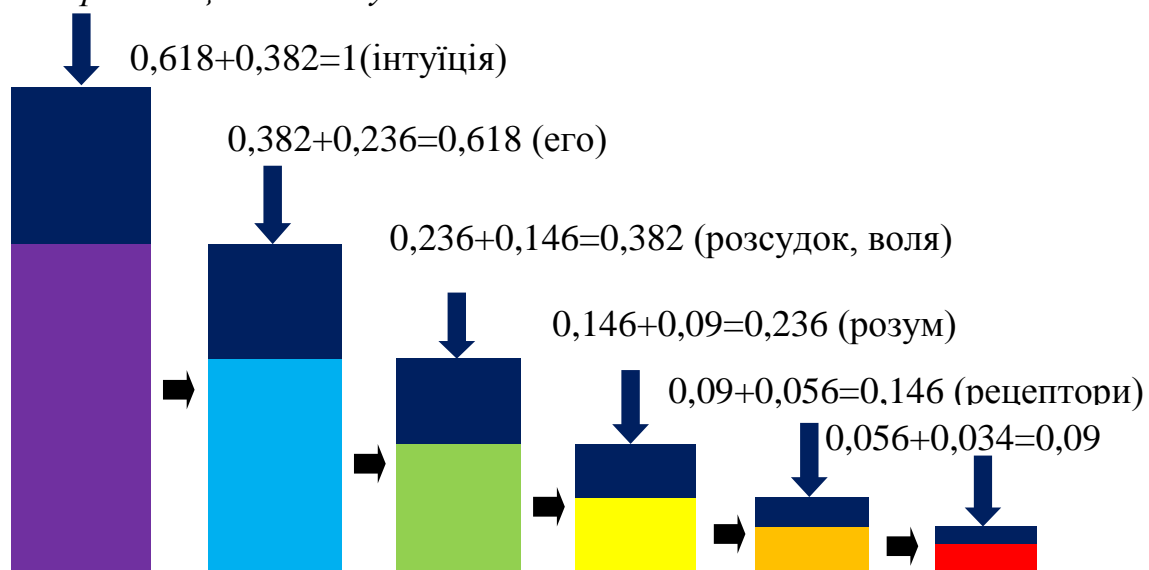
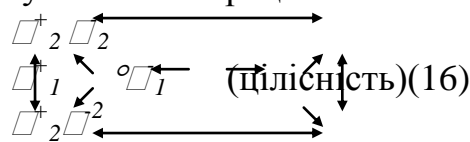


Рис. Вплив зовнішнього середовища на самоорганізацію сприйняття

**Модель розпізнавання і прийняття рішення (МРР).** Загальна модель обробки інформації конкретизується як сукупність обмінів МЛС, що набувають специфічних форм інтуїтивно обумовлених реакцій, рефлексів та обдумування. Будується концептуальна МРР. Вводяться специфічні визначення компактності образу, інформативності і подібності зображень, коректності кодування, надійності розпізнавання[2].

**Моделювання та оптимізація ергатичних систем** проводиться на основі розглянутих моделей, а також загальних сценаріїв самоорганізації. Організація

ЕС визначається у відповідності з формальними схемами, які відповідають різним ступеням інтеграції компонентів, а саме:



Набори характеристик для кожного шару і компоненту  $\{o_i, o_w, h_i, h_u\}$  визначаються в залежності від сценарію самоорганізації, який має місце в конкретному випадку. За розрахунками, обґрунтовуються ергономічні рекомендації з:

- компенсації негативних зовнішніх впливів на стан оператора;
- вибору оптимальної кількості операторів і підсистем ЕС;
- компоновання систем відображення інформації (СВІ).

Розрахунок розмірів компонентів ЕС інтерпретується як реалізація калібрування. Для цього використовуються нормативні дані та вимоги техніки безпеки, зокрема, такі, які забезпечують антропометричну, біомеханічну та інформаційну сумісність; для інших розрахунків використовуються припустимі значення температурних, вібраційних, електромагнітних та інших впливів.

**Загальна стратегія оптимізації.** Метою оптимізації є побудова ефективної, безпечної і надійної ЕС; результат оцінюється за гігієнічними, антропометричними, психофізіологічними, психологічними, біомеханічними, інформаційними та естетичними показниками. Отже: 1) склад цих показників для конкретної системи, що проектується, попередньо визначає кількість аргументів оптимізації  $x = \{x_i\}_{i=1}^n$ ; 2) провадиться групування  $x_i$  за рівнями МЛС, виходячи з кількісних і якісних характеристик шарів, визначається кількість розшарувань  $Sp$  і уточнюється кількість  $n$  аргументів, виходячи з прогнозованої для кожного з шарів; 3) виходячи з прогнозованої кількості операторів і підсистем, а також ступеню забезпечення сумісності як цілості або інтеграції, визначається сценарій самоорганізації; 4) групи і порядки симетрій, а також розмірність  $Sp$  визначаються з попередніх даних і уточнюються в ході самоорганізації; 5) розподіл потенціалів та інших характеристик розраховується і виражається, з точністю до калібрувальних інваріантів, у вигляді ОМ. Ця модель є формальним виразом цілі оптимізації. Зміни значень параметрів не повинні призводити до оборотного порушення цілості системи. Ця вимога інтерпретується згідно МЛС, що дозволяє розрахувати припустимі межі змін при неповних або неточних даних. Калібрування провадиться за нормативами. Оцінки варіантів формалізуються як ЦФ, що відбивають відхилення варіантів від цілі проектування. Вагові коефіцієнти приймаються пропорційними відносним значенням потенціалів. Враховуються коефіцієнти умов і пріоритетності сприйняття. Даються рекомендації щодо оптимізації дій проектувальника і розрахунку ЦФ.



**Професійний відбір, контроль продуктивності праці, розрахунок ергономічних показників, програма підготовки операторів.** Будується графічна ОМ суб'єктивного простору оператора та вводяться квазіметричні відношення, як зв'язки психологічних характеристик.

Визначаються професійні якості, а також добираються методи психологічного тестування. Описуються інструкції, вимоги до матеріалу, процедури обробки, графічного представлення психологічного портрету, висновку про професійну придатність[3].

Контроль продуктивності праці базується на тому, що організація вимірювань повинна задовольняти аксіомам виміру; кількість і вага вимірюваних показників – відповідати МЛС, можливе скорочення кількості вимірювань, за умови врахування кореляції різних показників згідно МЛС. У [3] наводяться приклади розрахунку ергономічних параметрів; моделювання розвитку стресу та патологічних змін; планування ергономічних заходів. МЛС використовується також для планування підготовки оператора. Навчання розглядається як сукупність обмінів і зв'язків Сп, що згортається до стану °П (С, ТЗ, О); оператор – як Сп<sup>+</sup>, «середовище навчання» – як Сп<sup>-</sup>. Кількість стадій навчання, виходячи з кількості рівнів СВІ – 5-7.

**Психофізіологічний комфорт та концепція динамічного житла** визначаються на основі МЛС та МРР. Комфортним будемо називати стан людини в системі ЛЖС при наявності наступних ознак: цілісність системи; психосоматична цілісність людини; наявність достатнього потенціалу для адаптації; наявність запасу часу існування системи. Дискомфортний стан, характеризується протилежними ознаками. Психологічна складова комфорту корелює із каналами сприйняття і станами свідомості (таблиця).

**Таблиця. Кореляції показників психологічного комфорту та дискомфорту**

Рівні	Об'єкти сприйняття	Канали	Показники комфорту/дискомфорту
1	цілісність системи людина – житло – середовище	інтуїція	відчуття удачі, сприятливого ходу подій, гармонії з навколишнім середовищем / відчуття «чорної смуги», невдачливості, дисгармонії
2	его; внутрішнє середовище організму; природа, як відокремлене ціле	інтуїція	відчуття самодостатності, здоров'я, спокою, радості, оптимізму, віри в майбутнє / відчуття хвороби, внутрішнього конфлікту, невдоволення, песимізму, швидкої смерті, потворності пейзажу й людей, тлінності світу
3	відношення до світу; бінарна оцінка й вплив	плюс розсудок та воля	відчуття волі, почуття переваги, упевненість у досяжності мети / відчуття пригніченості, тривоги, занепокоєння, непевності, слабкості
4	простір і час; тернарна організованість	плюс розум	відчуття просторово-часової впорядкованості, «правильності» зовнішнього й внутрішнього світу, їхнє інтелектуальне усвідомлення як закономірних / відчуття хаосу зовнішнього й внутрішнього світу, їхньої інтелектуальної непізнаності, випадковості
5	сенсорні подразники: світло, звук і т.д.	плюс рецептори (3 групи)	відчуття врівноваженості, сили, сенсорного комфорту, «гармонії стихій», на рівні інтелектуальних побудов і безпосереднього сприйняття світу / почуття нерівноваженості, виснаження сил, сенсорного стомлення, «ворожечі стихій»
6-7	головні кольори, звуки; їх градації.	те ж	відчуття здорові зори, слуху й / відчуття поганого зору, слабого слуху й т.д.

Локальність або глобальність показників комфорту/дискомфорту оцінюються як сума потенціалів задіяних рівнів МЛС, виражена відносно потен-

ціалу першого шару. Значимість показника виражається коефіцієнтом  $k_1$ , для кожного із задіяних шарів у границях  $0 \div 1$ . Коефіцієнт умов сприйняття  $k_2$  виражає ступінь утрудненості сприйняття; для кожного із шарів він перебуває в границях  $0 \div 1$ . При підсумовуванні показникам варто приписувати знак «+», якщо вони відповідно є показниками комфорту, і знак «-» у протилежному випадку. Тоді «формула комфорту», що характеризує виражену в умовних одиницях суму показників комфорту всіх рівнів з відповідними коефіцієнтами  $p$  набуде вигляду:

$$p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} \cdot k_{1ij} \cdot k_{2ij} , \quad (18)$$

де  $n$  – кількість рівнів,

$m_i$  – кількість показників  $i$ -го рівня

Кращому комфорту тут відповідає більше значення  $p$ .

З таблиці безпосередньо впливають умови, які мають бути забезпечені при проектуванні і будівництві житла. Детальніше про це йдеться у [3].

Оцінити якість житла можна за (18). Умовою комфорту є наявність гнучкого управління усією сукупністю виразних і технічних засобів житла. Розуміння цього приводить до *концепції динамічного житла*. При сучасному розвитку будівельних технологій реалізувати цю концепцію можна лише частково. Але прагнення до її реалізації може дати потужний імпульс до розвитку технологій і пов'язаних з будівництвом наук.

**Висновки.** Наукову проблему побудови апарату геометричного моделювання, адекватного властивостям складних відкритих систем, можна вважати розв'язаною. При цьому реалізовано підхід, оснований на некласичній парадигмі. Застосування ХмСп в галузях ергономіки та дизайну засвідчило адекватність цього апарату та перспективність його використання в подальших дослідженнях.

## Список джерел

1. Ковалев Ю.Н. Геометрическое моделирование эргатических систем: разработка аппарата. К.: КМУГА, 1996. – 134 с.
2. Ковалев Ю.Н. Эргономическая оптимизация управления на основе моделей С-пространства. – К.: КМУГА, 1997. – 152 с.
3. Мхитарян Н. М. Эргономические аспекты сложных систем / Мхитарян Н. М., Бадеян Г. В., Ковалев Ю. Н. – К.: Наукова думка, 2004. – 599 с.
4. Ковальов Ю.М., Гірник Н.О., Калашнікова В.В. Забезпечення психологічного комфорту при проектуванні житла на основі теорії самоорганізації С-простору // Праці Таврійського державного агротехнологічного ун-ту, 2010.-Вип.4. Прикладна геометрія та інж. графіка.-т.46.-С.58-67
5. Ковальов Ю.М., Шевель Л.В., Дуваккіна О.Є., Калашнікова В.В. Психологічно комфортне житло для «збалансованої особистості» та «споглядача»: гармонія з навколишнім середовищем // Технічна естетика і дизайн. – 2010. – Вип. 7. – С. 151–158
6. Ковальов Ю.М., Дуваккіна О.Є., Калашнікова В.В. Психологічно комфортне житло для «винахідливого дослідника» // Технічна естетика і дизайн. – 2010. – Вип. 8. – С. 150–155

**ВОЛНОВАЯ МОДЕЛЬ И ТЕОРИЯ САМООРГАНИЗАЦИИ С-ПРОСТРАНСТВА. ПРИМЕНЕНИЕ В ОБЛАСТИ ЭРГОНОМИКИ И ДИЗАЙНА**

Ковалев Ю.Н.

**Рассмотрены аксиоматическая волновая модель и теория самоорганизации С-пространства, их применение для моделирования и оптимизации эргатических систем и систем человек-жилище-среда**

**WAVE MODEL AND SELFORGANIZATION THEORY OF S- SPACE. APPLICATION IN ERGONOMIC AND DESIGN**

Kovalyov Y.N.

**Axiomatic wave model and selforganization theory of s- space and their application for modeling and optimization of human-machine systems and person-dwelling-environment systems are considered**