

ЛЮДИНА-ЖИТЛО-СЕРЕДОВИЩЕ: РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ КОМФОРТУ ТА УПРАВЛІННЯ НИМИ

Національний авіаційний університет

Розглядаються способи визначення параметрів комфорту, координації їх змін, механізми підвищення працездатності та запобігання патологічних змін в системах людина-житло-середовище.

Постановка проблеми. В [1] були запропоновані методи застосування теорії самоорганізації складних систем [2] для оптимізації впливу середовища і житла на стан людини, а також наводився приклад визначення впливу форми і розмірів приміщень. Дана публікація є продовженням [1] – ті ж самі теоретичні положення використовуються для дослідження більш тонких механізмів регуляції стану людини в умовах виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Поняття комфортності, стомлення, працездатності тощо у різних авторів розуміються по-різному [3,с.3-8]. Відсутня єдина методика визначення показників – *«При дослідженні людини з метою вивчення стомлення використовується великий комплекс методик (тільки загальних – 8-12; із варіаціями – кілька десятків), що надзвичайно ускладнює дослідження», «Немає чітко сформульованих принципів визначення працездатності за показниками функціонального стану людини»* [3,с.5,88]. Існує тенденція застосування різних показників для лабораторних (тренажерних) досліджень і вимірів в умовах виробництва. Наприклад, у [4,с.9,11] констатується *«Для цілей оперативної діагностики психофізіологічних функцій людини в складних умовах доведеться, очевидно, відмовитися від використання таких традиційних показників, як електроенцефалографія і кардіографія, хоча цінність їх на первинному етапі навчання не підлягає сумніву»* і пропонується включати в симптоматичний комплекс характеристики сенсорних аналізаторів, електричної активності мозку, серцевої діяльності, шкірочуттєвого рефлексу, частоти і глибини подиху, електричної активності м'язів і рухів моторних органів. У нормативний комплекс для тренажерів, на думку авторів, можуть входити: час виявлення сигналу, пропускання сигналу і «помилкової тривоги», швидкість переробки інформації, можливості правильного і помилкового рішення, точність і сталість роботи, частота й амплітуда керуючих рухів, здатність до екстраполяції.

Тому необхідними є *відбір репрезентативних показників і методик коректної організації процесу виміру, визначення одиниць, ваг і взаємної відповідності показників, представлення даних, скорочення числа експериментів, в залежності від того чи іншого розуміння організації і еволюції цілісної відкритої системи.*

Координація змін показників. Визначення координацій – надзвичайно складна задача через їх велику кількість і розмаїтість, що відбиває складність людини як психофізіологічної системи. Проте, закономірності системної організації мають місце, отже, використання МЛЖС [1] правомірне для визначення

механізмів координації, а також прогнозу розвитку процесів адаптації. Оскільки організація і стан динамічної рівноваги людини, житла, середовища описуються як структури й обміни МЛЖС, то:

1. Умовами координації показників життєдіяльності є умови цілісності, формалізовані як МЛЖС у цілому, так і Sp^+ зокрема.

Внаслідок зовнішніх впливів можливі:

- зміна значень набору характеристик Sp^+ без зміни організації;
- зміна і значень характеристик, і організації Sp^+ .

Перший процес описується як зміна калібрування і модальностей стану ($(, \backslash)$, але не \downarrow) і зберігання модальності актуального існування S - множин і S - елементів. Для другого процесу, який може розглядатися як якісно інше продовження першого, характерна структурна перебудова організації Sp^+ , тобто зміна не тільки калібрування, але й модальностей існування, отже, і РЗ- діаграми Sp^+ . Таким чином, з умов стабільності організації системи впливають обмеження процесів адаптації, розвитку патології і регенерації:

2. Границями адаптації структур певного рівня до впливів навколишнього середовища є зміни потенціалів показників життєдіяльності в межах, що не призводять до розвитку процесів розширення або згортки, тобто в діапазоні $1 \div \Phi$. Якщо для останнього з задіяних у процесі адаптації рівнів припустимі межі зміни показників задовольняють цій умові, то для попередніх (1, 2, ... , k, рахуючи від останнього) вони розраховуються за формулою:

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

де i – кількість елементів останнього шару n ;

π – потенціал шару;

Φ – пропорція „золотого перерізу”.

Звідси безпосередньо впливають положення

3. Умовами виникнення патології є перевищення вказаних у (1) меж.

4. Умовами регенерації є зовнішні впливи, що дозволяють повернути потенціали показників життєдіяльності в межі, вказані в (1).

Механізми узгодження змін показників визначаються умовами цілісності, а досяжна точність узгодження – умовами виміру. Розберемо, які форми узгоджень прогнозує МЛЖС.

1. Узгодження, засноване на симетрії організації. Симетричними є компоненти одного рівня, однієї або різних S - множин симетричних гілок Sp^+ . У останньому випадку симетричні елементи відповідають один одному попарно. Нехай симетричні елементи p_1, p_2, \dots, p_n (пари елементів $(p_1, p_{s1}), \dots, (p_n, p_{sn})$) характеризуються показниками $\{x_1\}, \dots, \{x_n\}, \{x_{s1}\}, \dots, \{x_{sn}\}$. Тоді слід очікувати одночасного збільшення, зменшення або зберігання показників симетричних елементів або пар:

$$\{sign\Delta x_1\} = \{sign\Delta x_2\} = \dots = \{sign\Delta x_n\} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
\{sign\Delta x_1\} &= \{sign\Delta x_1^s\} \\
\{sign\Delta x_2\} &= \{sign\Delta x_2^s\} \\
&\dots \\
\{sign\Delta x_n\} &= \{sign\Delta x_n^s\}
\end{aligned}
\tag{3}$$

Прикладами узгодженості такого роду є: збільшення глибини дихання і частоти пульсу при фізичному навантаженні, зменшення частоти ритмів мозку і серця при зануренні в глибокий сон і т.п.

2. *Узгодження, засноване на кососиметричних відносинах*, має місце для компонентів до одного рівня, але кососиметричних гілок. Показники залишаються постійними, або змінюються з різними знаками:

$$\begin{aligned}
\{sign\Delta x_1\} &= -\{sign\Delta x_1^s\} \\
\{sign\Delta x_2\} &= -\{sign\Delta x_2^s\} \\
&\dots \\
\{sign\Delta x_n\} &= -\{sign\Delta x_n^s\}
\end{aligned}
\tag{4}$$

Формування домінантного осередку збудження з гальмуванням на периферії, ультрапарадоксальні реакції на малі подразники тощо є прикладами виконання

3. *Узгодження, засноване на відносинах належності*, відбувається між С-множиною і його С- елементами і полягає в однонаправленій зміні показників, що відповідають загальним характеристикам \hat{x} , тобто тільки характеристикам С- множини. Маємо:

$$\{sign\Delta \hat{x}_{1,i}\} = \dots = \{sign\Delta \hat{x}_{n,i}\} = \{sign\Delta \hat{x}_{i-1}\},
\tag{5}$$

де i – номер шару елементів;

$i-1$ – номер шару С- множини.

При цьому межі зміни показників визначаються за (1).

Можливо, ця схема лежить в основі утворення «порогів чутливості» – накопичення змін у рецепторах першого рівня при перевищенні меж (1) призводить до якісної зміни станів рецепторів такого рівня.

4. *Узгодження, засноване на аксіомі стану*, є узагальненням попередніх. Воно відбувається найчастіше, оскільки процеси взаємодії з навколишнім середовищем охоплюють відразу кілька рівнів організації навіть у тому випадку, якщо діє тільки один зовнішній чинник.

5. *Узгодження, засноване на сценаріях розшарування-згортки*. Тут необхідні зовнішні впливи, достатньо сильні для перетворення потенційної можливості зміни модальності стану \downarrow в актуальну, або, навпаки, відновлення зруйнованих структур Sp^+ , чи формування нових. Формально це виявиться в зміні параметрів i та n в (1-4) і у включенні в перелік узгоджених показників характеристик Sp^- , тобто реалізації умов цілісності для усього Sp .

Прикладами є формування нейронних ланцюгів умовно-рефлекторних зв'язків у відповідь на повторюваний подразник, або, ширше, процес адаптації в цілому.

Приклади розрахунку параметрів комфорту. Останнім часом характеристика «золотого перерізу» та похідні відношення використовувались для розрахунку оптимальних значень і припустимих меж деяких ергономічних параметрів. Загальне правило формулюється так: «*Сприятливі для людини параметри різних функцій його організму можуть бути отримані шляхом поділу золотим перерізом діапазону між гранично можливими або припустимими межами відповідних функціональних характеристик*» [5,с.348]. Це правило враховує лише один з факторів самоорганізації і лише одну з кореляцій 1-5.

Задача 1. Розрахунок припустимих і сприятливих величин впливу зовнішнього середовища за В. І. Коробко [5,с.247-256].

Постановка. Обмежимося розрахунком гучності звуку та температури.

Розв'язання.

1. Граничним значенням гучності відповідає поріг чутності – 0 Дб та бальовий поріг – 130÷140 Дб (в залежності від частоти).

2. Діапазони гучності визначаються, якщо помножити верхню межу на Φ , Φ^2 , Φ^3 і т.д. Наприклад, крику відповідає $130*\Phi=80$ Дб; розмові – $130*\Phi^2=50$ Дб; шепоту – $130*\Phi^4=20$ Дб.

3. Нормативні значення безпечного та припустимого шуму на робочому місці 30-35÷85 Дб, також зв'язані через Φ : $85*\Phi^2=32,5$ Дб.

4. Граничні значення мінімальної та максимальної температури повітря на Землі складають -92°C та $+57^\circ\text{C}$.

б. Обробляючи цей інтервал аналогічно п.2, отримаємо значення: -35°C – гранично припустима для людини від'ємна температура; 0°C – межа від'ємних і плюсових температур; $21,6^\circ\text{C}$ – найбільш сприятлива для людини температура.

Задача 2. Розрахунок деяких фізіологічних параметрів [5,с.263, 301].

Постановка. Наведемо розрахунки для тиску крові та частоти скорочень серця (ЧСС).

Розв'язання.

1. Нормальний систолічний і діастолічний тиск складає, відповідно, 100÷140 та 70÷90 мм рт.ст.

2. Їх відношення корелюють з Φ : $100*\Phi=61,8$ та $140*\Phi=86,5$.

3. Максимальний систолічний тиск дорівнює $140*\Phi^{-1}=226,5$ мм рт.ст., що добре корелює з даними медицини (230 мм рт.ст.).

4. Максимальний показник ЧСС здорової людини складає 180 уд./хв.

5. Гранична ЧСС при роботі на протязі зміни без помітного зниження працездатності дорівнює $180*\Phi=111,2$ уд./хв.

6. ЧСС в стані спокою дорівнює $180*\Phi^2=68,8$ уд./хв.

7. Тренувальний ефект має місце при ЧСС, рівній $110+(180-110)*\Phi^2=144,4$ уд./хв. Отримані в п. 5-7 значення відповідають експериментальним даним, відповідно 110÷120, 60÷75 та 140 уд./хв.

Коментар. Подібні розрахунки корисні для уточнення припустимих меж зовнішніх впливів в разі розбіжності експериментальних даних та нормування праці.

Врахування адаптації і патології. Під впливом зовнішніх чинників (що обов'язково), відбуваються обміни з навколишнім середовищем, зміни відносно мінливих (хвилі) і відносно стійких (солітони) форм, зміни абсолютних значень потенціалу Сп і компонентів. Покажемо відповідність цих змін ходу процесів адаптації і розвитку патології.

Згідно поглядів Сальє, уточнених в ході наступних досліджень [6,гл.1], адаптація людини до тривалих несприятливих впливів включає (рис.1, зміну рівня резистентності показано у вигляді якісного графіка):



Рис. 8.13. Розвиток стресу

- 1) *вихідну норму*, що характеризується індивідуально оптимальними значеннями фізіологічних показників;
- 2) *стадію тривоги*, що негайно настає за появою подразника, коли показники наближаються до припустимих меж, а резистентність підвищується;
- 3) *стадію резистентності*, що характеризується відносною усталеністю показників на рівні їхніх граничних значень;
- 4) *стадію виснаження*, що характеризується падінням резистентності, яке виражається в пригніченні життєвих функцій і виході фізіологічних показників за припустимі межі, і вже супроводжується патологічними змінами.

Можна помітити, що ці стадії відповідають ходу самоорганізації Сп:

- 1) $H^{\circ}P(\square AP(\cup \bullet A))$, тобто оптимальному розподілу характеристик актуально існуючих С- елементів для сталих зовнішніх впливів.
- 2) $H^{\circ}P(\square AP(\cup \bullet A \rightarrow \cup A(\bullet A)))$ – зміна зовнішніх впливів викликає збудження хвиль (активізація комплексу пристосувальних реакцій), що відповідає переходові до стадії тривоги.
- 3) $H^{\circ}P(\square AP(\bullet A))$ – хвилі перейшли в солітони, на що витрачений певний потенціал, який повинен бути відновлений ззовні.
- 4) $H^{\circ}A(\square A(\bullet A \rightarrow \cup) \downarrow \Pi)$ – солітони переходять у хвилі, модальність стану яких змінюється від згасання до зникнення, а модальність існування – від А до П. Перехід від згасання до зникнення знаменує початок патології.

Таким чином, схеми і характеристики «критичних» стадій еволюції С-простору адекватні стадіям стресу, звідкіля безпосередньо впливає гіпотеза, що потребує експериментальної перевірки:

5. *В основі проявів і послідовності стресу лежать закономірності еволюції цілісної відкритої системи при зміні зовнішніх впливів, обмеженої вимогами зберігання організації. Характеристики стресу (тривалість стадій, узгодженість і припустимі межі зміни показників, рівень резистентності) мо-*

жуть бути отримані як статичні і динамічні характеристики відкаліброваної Хм і приблизно розраховані як інваріанти відкаліброваної ОМ Сп.

Прийняття цієї гіпотези як робочої дозволяє розробляти заходи щодо запобігання виснаження, виходячи з умов підтримки сталого, на грані розшарування-згортки, стану Сп. Розглянемо приклад.

Задача 3. *Вишукування додаткових можливостей підтримки високого рівня працездатності людини.*

Постановка. У [2] розглядалися зовнішні чинники компенсації несприятливих умов праці, а також природні ритми; тут до них додається врахування внутрішньої динаміки зміни продуктивності.

Розв'язання.

1. Працездатність як резистентність. Зіставлення графіків зміни резистентності та продуктивності показує подібність головних стадій: норма відповідає вихідному рівню продуктивності, тривога – стадії втягування, максимальна працездатність – найбільшій резистентності, періоди компенсації і падіння продуктивності – різним фазам виснаження. Це вказує, що причини стресу і втоми слід шукати серед закономірностей самоорганізації.

2. Підвищення вихідного рівня продуктивності (норми). Необхідно збільшити потенціал Сп через організацію умов для ТЗ. Потрібно, по-перше, налагодити взаємодії з навколишнім середовищем (забезпечення цілісності $Сп^+$ і $Сп^-$ як компонентів ТЗ) і, по-друге, забезпечити інтуїтивне сприйняття «віддалених» частин У. Тоді природна структуризація систем сприйняття і розпізнавання в ході розшарування-згортки, приведе, внаслідок цілісності, до відновлення психічних і фізіологічних систем. Перше досягається правильним харчуванням, підтримкою розпорядку дня, тренування і навчання, виконання гігієнічних вимог, прогулянок, впливом естетично довершених творів мистецтва і т.д., друге опрацьовується в ході аутогенного тренінгу і медитацій.

3. Оптимізація періоду втягування (тривоги). Необхідно забезпечити достатньо часу для переходу $\cup \rightarrow \bullet$ (це показник індивідуальний і визначається експериментально), а також однорідність зовнішніх впливів і поступове наростання їхньої інтенсивності. Заходи проводяться в такій послідовності:

А. Організація виробничого середовища, що забезпечує плавний перехід від «домашніх» умов (гармонійна архітектура промислових будинків, поліпшення природного ландшафту, застосування функціональної музики [6], проробка інтер'єру, використання колірного кодування виробничого середовища [7,8] згідно з концепціями Ф. Біррена (колір – фактор орієнтації) і «Колористе консейл» Ж. Вьєно, Б. Лассю, П. Тюба, Ж. Філассьє (колір – фактор формування більш «природного» психологічного клімату), надання розташуванню приміщень і меблів символічного змісту [9,10].

Б. Фіксація переходу до виробничих умов за допомогою проведення визначеного ритуалу, інструктажів та медитацій (інтер'єр приміщень має бути пристосованим до цього). Необхідно досягти доброзичливої і безконфліктної атмосфери, коли зусилля колективу гармонізовані і спрямовані на досягнення загальної цілі. Домашні проблеми повинні залишитися за порогом.

В. Поступове входження в робочий ритм (наприклад, ознайомлення із ситуацією, спостереження протягом деякого часу за роботою змінника-оператора, не планування на цей період складних процесів і т.д.).

4. Підтримка найбільшої продуктивності (резистентності). Не слід провокувати реструктуризацію Сп, тобто різко змінювати характер зовнішніх впливів. Звідси випливає необхідність запобігання «інформаційного вибуху», «колірного шоку» в критичних ситуаціях і граничної напруги в звичайних. Варто чергувати фази інтенсивної та поміркованої праці і відпочинку відповідно до розрахункових та експериментальних даних, а також урізноманітнювати роботу. Найскладніші операції слід планувати саме на цей період.

5. Стадії компенсації і стійкого падіння продуктивності (виснаження) мають не допустити деструкції Сп, тобто «пригальмувати» згасання і зникнення хвиль за рахунок внутрішніх резервів (перерозподіл потенціалу між гілками і шарами Сп⁺ через особистісні установлення і мотивації) і зовнішніх чинників (різноманітних стимулів і засобів компенсації), а також зниження інтенсивності праці і збільшення часу відпочинку. Безпечна межа, після якої слід припинити роботу, повинна бути відома оператору і враховуватися адміністрацією.

6. Відновлювальні заходи зводяться до відтворення і гармонічного розподілу потенціалу, тобто подібні до приведених в пункті 1. Корисним буде виділення спеціальних ізольованих помешкань, пофарбованих у заспокійливі тони, що містять предмети декоративно-прикладного мистецтва, рослини, фонтани, в яких можна прослухати тиху ліричну музику і т.д.

Коментар. Отже, необхідною є система ергономічних заходів від підприємства до робочого місця до, під час і після роботи, з урахуванням стадій продуктивності і стресу.

Задача 4. *Запобігання патологічним змінам.*

Постановка. Показати якісні можливості використання МЛЖС для моделювання патології і регенерації, а також обґрунтування відповідних ергономічних заходів. Цей напрямок є одним із перспективних продовжень даної роботи.

Розв'язання. Розглядаючи процеси виникнення і розвитку патології, а також активізації імунної системи і регенерації, як наслідки балансування на грані розшарування-згортки, зробимо такі припущення.

1. Форми прояву патології. Згортка і розшарування Сп дозволяють провести зіставлення з деструкцією органів і систем організму; утворення «вільного» потенціалу в ході цих процесів – з появою патогенних новотворів, протиборством інфекції й імунної системи. У останньому випадку маємо формування косиметричної структури. Звідси випливає, що збільшення чисельності патогенних мікроорганізмів і антитіл описується числовим рядом Фібоначчі; межі визначаються половиною абсолютного розміру вільного потенціалу.

2. Причини патології полягають у погіршенні внутрішніх середовищ внаслідок зміни розподілу й абсолютних значень потенціалів, що виражається як зміна полярності, енергетичного балансу, фазових станів. Розмаїтість дисбалансів обумовлює розмаїтість патологій. Далі, необхідні зовнішні впливи, що провокують ці зміни, достатньо тривалі і сильні, щоб призвести до виходу показників за межі (1), коли внутрішня компенсація стає неможливою.

3. Регенерація пояснюється як комплекс змін, викликаних необхідністю зберігання цілісності Сп, тобто гомеостазу організму: розшарування, якщо патогенною була згортка, згортки, якщо до патології призводило розшарування, «утилізація» і виведення з організму «вільного» потенціалу, якщо організм піддався інфекції. В останньому випадку ліквідується сприятливе для існування мікроорганізмів середовище. Обов'язковою умовою є сприятливість зовнішнього середовища, що дозволяє, через обміни, підвищити значення потенціалу, гармонізувати його розподіл і одержати необхідні енергію, речовини і т.п.

Висновок. Формалізуємо ціль ергономічних заходів:

6. Метою ергономічних заходів профілактики фахових захворювань операторів є забезпечення цілісності МЛЖС. Необхідна організація такого середовища, яке компенсуватиме дисгармонійність оператора і виробничих чинників, підвищуватиме потенціал, нормалізуватиме його розподіл.

1. Ковальов Ю.М. Ергономічний підхід у житловому будівництві та застосування моделей С-простору //Прикл. геометрія та інж. графіка. – К.:КНУБА, 2003. – Вип.72. – С.32-37

2. Ковальов Ю.М. Геометричне моделювання та оптимізація ергативних систем на основі теорії самоорганізації С- простору. Автореферат дис. ... д-ра техн. наук:05.01.01 /КНУБА.-К., 1998.-32 с.

3. Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде: Методические рекомендации.-М.:Экономика,1990.-109 с.

4. Контроль состояния человека- оператора. Тез. докл. расш. заседания секции бионики и эргономики.-М.,1970.-61 с.

5. Коробко В.И. Золотая пропорция и проблемы гармонии систем.-М.:Изд. Ассос. строит. вузов стран СНГ,1997.-373 с.

6. Баевский Р.М. и др. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе.-М.:Наука,1984.-221 с.

7. Применение функциональной музыки на предприятиях. Метод. рек.-Пермь,1973.-68 с.

8. Цвет в производственной среде (Метод. указания).- М.,1967.-283 с.

9. Россбах С. Фэн-шуй:искусство композиции.-Л.:Инициатива,1996.-187 с.

10. Васту: индийский аналог фэн-шуй.- К.:София,1999.-192 с.

THE HUMAN-HABITATION ENVIRONMENT: PARAMETERS OF COMFORT CALCULATION AND MANAGEMENT

Y.M. Kovaluov

Ways of definition of parameters of comfort, coordination of their changes, the mechanism of increase of labor productivity and prevention of pathological changes in systems the human-habitation-environment are considered