

АНАЛІЗ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ УНІВЕРСИТЕТУ ЯК СКЛАДНОЇ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ

В. П. Мигаль, Г. В. Мигаль

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»

Анотація. *Різноманіття джерел інформації та засобів її аналізу найбільш проявляється в системі «студент – інформаційне освітнє середовище». Зростання їх кількості знижує життєздатність університету як динамічної систем, для аналізу якої застосовано міждисциплінарний підхід. В його основі – візуалізація навчальної інформації та виявлення в ній структури взаємозв'язків. Це розширює можливості ергономізації засобів навчання.*

Ключові слова: *життєздатність, інформаційні потоки, просторово-часова узгодженість, індивідуалізація навчання, структура функціонування, когнітивна діяльність, стресостійкість.*

Вступ

Традиційне навчання в університеті характеризується існуванням ряду дестабілізуючих чинників. Серед них – різноманіття навчальної інформації та інформаційні збурення, що впливають на функціональний стан (ФС) студентів і викладачів. Вони обумовлюють існування феномену людського чинника (ЛЧ), дослідження якого є досить актуальним для підвищення безпеки і надійності сучасних енергетичних, технологічних, транспортних комплексів. Тому сьогодні активно розвивається нейроергономіка, яка об'єднує нейробіологію і ЛЧ [1]. Зокрема, виявилось, що високу ефективність позааудиторного навчання можна досягти шляхом просторово-часового узгодження динаміки інформаційних потоків з можливостями і обмеженнями людей. Також важливим є створення функціонального комфорту для навчання, але для цього необхідна ергономізація навчального середовища на міждисциплінарній основі.

Ефективному функціонуванню сучасного університету, який є складною динамічною системою, заважає зростаюча кількість і різноманіття джерел навчальної інформації, інформаційних потоків та методів їх оброблення, відображення і аналізу. Все це створює системну проблему життєздатності університету як динамічної системи. Його життєздатність залежить від динамічної стійкості, сумісності і адаптивності основних її елементів. Зокрема, від ФС і стресостійкості викладачів і студентів залежить ефективність діяльності та навчання. Так, С. Мадді [2] вказав на тісний взаємозв'язок життєстійкості людини з стресостійкістю та довів, що це не вроджена риса, а така, що формується шляхом певних взає-

модій з оточуючим середовищем. Він також виявив чинники позитивного і негативного впливу на формування стійкості людини, що дозволило створити ефективний тренінг життєстійкості.

Оскільки в терміні «життєздатність» поєднується стійкість системи та її адаптивність, які забезпечують безпеку, надійність і оптимальність, то він є ключовим терміном в сучасній ергономіці. Отже, **актуальними** є теоретичні і експериментальні ергономічні дослідження функціонування елементів динамічної системи «студент – інформаційне освітнє середовище» (СІОС) саме під кутом зору їх життєздатності в складних умовах перехідної економіки. Тому основною **метою** роботи було застосування міждисциплінарного підходу та засобів візуалізації інформації на його основі до аналізу життєздатності основних елементів системи СІОС – студента і викладача.

1. Життєздатність складних динамічних систем і проблеми їх функціонування

Поняття «життєздатність» системи з'явилося на початку ХХ ст. завдяки А.А. Богданову, який описав її як динамічну стійкість. Розвиваючи концепцію гомеостазу, запропоновану У. Кенноном в 1932 р, кібернетик Р. Ешбі зробив спробу формалізувати поняття життєздатності, яку він розумів як здатність системи зберігати свої характеристики в заданих межах. У 50-х роках ХХ століття, спираючись на закон необхідної різноманітності Р. Ешбі, Ст. Бір розробив формалізовану модель складної життєздатної системи (Viable System Model, VSM), яку успішно застосував для відродження економіки в Чілі [3]. Він показав, що життєздатна система повинна складатися з життєздатних елементів і самостійно здійснювати деякі специфічні функції. Після

цього з'явилися роботи (Р. Еспежо і Р. Харнден та ін.) по адаптації VSM до потреб організації складних систем в бізнесі. З 70-х рр. стали активно розвиватися моделі життєздатності, які були вперше розвинені в техніці і в тих прикладних науках, де технічні системи розглядаються як гібридні.

Системний підхід до дослідження життєздатності систем різної природи О. С. Розумовського та М. Ю. Хазова [4] узагальнив проблеми опису життєздатності живих систем, суспільства й людини, а також гібридних систем. Він виявив проблеми збереження властивостей життєздатних систем, а також сформував функції й завдання теорії життєздатних систем. Евристичний підхід до встановлення законів принципової життєздатності систем Г. С. Альтшуллера [5] дозволив установити принципи розв'язання різних за природою суперечностей. Зокрема, шляхом аналізу протилежних властивостей чи протифазних процесів у просторі або часі. Отже, з аналізу підходів видно, що життєздатність – багатоаспектне поняття, яке включає безпеку, ефективність, стійкість системи та її адаптивність. Життєздатність динамічної системи може бути кількісно оцінена тими ж показниками, які характеризують її стійкість, ефективність, адаптивність. Однак, різноманіття джерел і видів інформації, засобів її відображення і аналізу не дозволяє моделювати функціонування системи в складних умовах [6]. Загострення проблеми життєздатності бізнесу як динамічної системи на всіх рівнях активізувало інтерес до спадщини «батька» організаційної кібернетики (Management Cybernetics) Ст. Біра. Зокрема, можна привести використання VSM для створення методології «Життєздатність програмного забезпечення» (Viable Software) Ч. Херрінгом. Широке застосування VSM для створення життєздатних систем не випадкове, так як С. Бір сформулював теорему про «однаковість» (рекурсивність) п'ятирівневої структури життєздатних систем (VS). Вона стверджує, що якщо одна VS містить в собі інші VS, тоді їх організаційні структури повинні бути рекурсивними. Відповідно, «подібність» структури дозволяє застосовувати єдині підходи і для фірми і для її «життєздатних» підрозділів. Зокрема, при адаптації моделей життєздатних систем бізнесу до функціонування університетів.

У складних умовах функціонування основні

ергономічні властивості системи СІОС (оптимальність керування інформаційними потоками тощо) не охоплюють стійкість системи до зовнішнього впливу. В той же час, саме стійкість відноситься до загальносистемних інтегральних властивостей систем, що характеризують їх динамічну поведінку та виживання в складних умовах. Важливою є здатність системи зберігати основні властивості, що потрібні для виконання необхідних функцій в не передбачених умовах експлуатації. Саме тому неузгодженість в просторі і часі інформаційних потоків, а також спрощені моделі управління є причиною появи цілого комплексу проблем безпеки. Для їх вирішення сьогодні поєднуються обчислювальні й фізичні ресурси в кіберфізичних системах. Тому виникла необхідність дослідження структури зв'язків в системі СІОС не тільки в статичній, але й в динамічній. Зокрема, виявився важливим зв'язок динамічної структури елементів системи з життєздатністю їх функціонування в складних умовах.

Все це свідчить про важливість системного аналізу динаміки інформаційних потоків різної природи. Безсумнівно, в системі СІОС людський чинник ключовий, але проблем її функціонування набагато більше. Вони в – кількості джерел інформації, структурі навчальної інформації та різноманітті засобів оброблення біосигналів, їх нелінійності та багатомасштабності, а також в простих моделях систем управління. Сьогодні теорія життєздатності набуває нового розвитку, тому що саме життєздатність як здатність функціонувати всупереч впливу системо руйнуючих чинників здатна пояснити існування феномену ЛЧ при навчанні. Він пов'язаний з різноманіттям джерел інформації і індивідуальністю динаміки інформаційних потоків, а також з різними формами візуалізації інформації та засобами її аналізу. Вони обумовлюють багатогранні інформаційні аспекти проблеми життєздатності основних елементів системи СІОС (див. рис. 1).

Різнноманіття джерел інформації, інформаційних потоків, форм візуалізації інформації властиве сучасному університету. Тому його життєздатність визначається багатьма чинниками (комп'ютеризацією, ефективністю структури управління, стресостійкістю студентів і викладачів, не ефективністю системи управління університетом і інше). Зокрема, стресостійкість студента і викладача можна формувати в процесі навчання та творчої діяльності, але для цього необхідні уніфіковані засоби аналізу інформації.

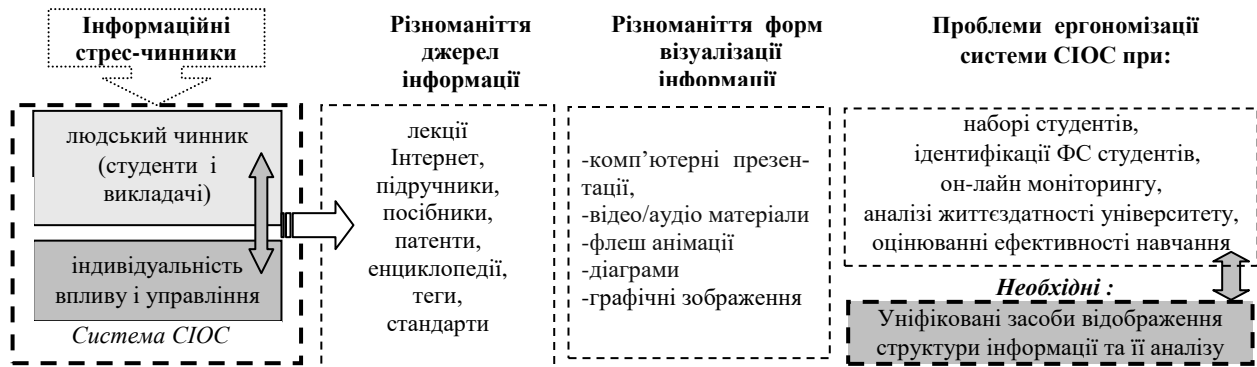


Рис. 1. Інформаційні аспекти проблеми життєздатності системи СІОС

Тому досить актуальним є аналіз просторово-часової узгодженості інформаційних потоків різної природи, виявлення і дослідження якої потребує пошуку уніфікованих показників функціонування динамічної системи. Зокрема певного поступу можна досягнути за допомогою міждисциплінарного підходу до дослідження індивідуальності функціонування об'єктів живої і неживої природи і засобів візуалізації на його основі [7].

2. Просторово-часове узгодження навчальної інформації

При аналізі життєздатності елементів системи СІОС досить важливо врахувати приховані взаємозв'язки її елементів (джерела навчальної інформації і інформаційні потоки). Дія стрес-чинників середовища породжує інформаційні збурення та невизначеність, що впливає на ФС студента та ефективність навчання і управління. Виникають проблеми з адаптацією студентів до збільшення інформаційного навантаження, а також до різних форм візуалізації інформації. Все це породжує просторово-часову не узгодженість навчальних циклів та вказує на необхідність пошуку засобів її виявлення.

Життєздатність елементів системи СІОС забезпечує узгодженість різних потоків (інформації, енергії, ентропії, фінансів і інші). Їх вплив може бути сприятливим, несприятливим та нейтральним, а реакція на цей вплив буде залежати від його динаміки. Узагальнення принципів загальної теорії систем і теорій життєздатності систем дозволило зробити висновок, що безпека, стійкість і ефективність функціонування елементів будь-якої динамічної системи забезпечується:

1) взаємною доповнюваністю інформації про функціонування елементів системи (принцип динамічної взаємодоповнюваності);

2) взаємозв'язаністю структур і функцій, зокрема, поєднанням жорсткості структур управління одних (технічних) елементів і лабільності інших (біоб'єктів);

3) просторово-часовою узгодженістю інформаційних потоків різної природи.

З наведеного вище видно, що основними проблемами аналізу життєздатності елементів системи СІОС є: а) консервативність структури управління навчальним середовищем; б) недостатня візуалізація навчальної інформації; в) різноманіття джерел інформації (лекції, Інтернет, підручники, відео/аудіо матеріали, методики і т.п.); г) різноманіття не взаємодоповнюючих навчальних засобів дослідження і моделювання; д) індивідуальність динаміки різних інформаційних потоків. Все це не сприяє функціональному комфорту для навчання студентів, який зумовлює їх тривалу працездатність та високу ефективність навчання.

Найбільш ефективним є трансформаційне навчання, в основі якого – використання попередніх знань для конструювання нових. Тому, для узгодження в просторі і часі важливим є пошук алгоритмів оцінки ступеня перекриття навчальної інформації. Отже, для аналізу життєздатності системи СІОС необхідні взаємодоповнююча навчальна інформація і взаємозв'язані інформаційні потоки. Вони найбільш притаманні більшості природничих дисциплін (фізика, біологія, екологія і інші). Дійсно, в цих науках аналізуються різні за природою циклічні і еволюційні процеси, динаміка яких описується однаковими взаємозв'язаними параметрами (стан, швидкість і прискорення). Ці параметри мають геометричний зміст (довжина, крутизна і кривизна), що робить геометричні моделі більш наглядними і інформативними. Тому не дивно, що саме геометризація класичної і квантової фізики, біології і хімії

сприяла їх розвитку і взаємозбагаченню, а також зародженню синергетики. Ефективним виявилось відображення сигналів у вигляді графічних образів (вейвлет-спектрограм, фазових портретів та інші). Оскільки природні процеси, як показав Н. Вінер, повинні відображати подібні структури функціонування, то для аналізу життєздатності елементів системи СІОС необхідно візуалізувати структуру навчальної інформації та виявити приховані взаємозв'язки.

Важливо, щоб візуалізація навчальної інформації містила елементи проблемності і була носієм зв'язаної інформації. Для цього, на наш погляд, найбільш ефективним є міждисциплінарний підхід до дослідження індивідуальності функціонування об'єктів живої і неживої природи шляхом параметричної геометризації динаміки відповідних процесів [7]. В основу методології підходу покладено візуалізацію динаміки фізичних, біологічних, хімічних процесів (відгуків, характеристик, сигналів тощо) шляхом їх параметричної геометризації в просторі динамічних подій [7-11]. Для цього одновимірною часовою залежністю будь-якого параметра функціонування (сигнал, інформаційний потік і т.п.) після подвійного цифрового диференціювання подається в просторі (стан-швидкість-прискорення) у вигляді тривимірної замкнутої траєкторії динамічних подій, яка є параметричною 3D-моделлю динамічної системи. Ортогональними проекціями цієї траєкторії є індивідуальні графічні образи, конфігурацій яких є сигнатурами 1-го і 2-го порядків. В них відображається природна декомпозиція інформаційного потоку на динамічні, енергетичні і інформаційні складові, які є геометрично упорядкованими ділянками конфігурацій сигнатур. Площа сигнатури 1-го порядку відображає потужність підмножини відповідних мікростанів, натуральний логарифм якої є ентропією Больцмана [9]. Це дозволяє статистично аналізувати динамічну систему та використовувати при цьому відомі параметри (статистичну вагу, ентропію тощо). Особливої уваги заслуговує конфігурація сигнатури 2-го порядку, в якій відображається структура взаємозв'язків в системі чи в її елементах. Ця сигнатура розташована в 4 квадрантах площини (швидкість-прискорення). Її конфігурація є геометричною моделлю циклу оберненого зв'язку, який є основою системної динаміки. Вона досліджує поведінку елементів системи в часі в залежності від їх структури. Для аналізу циклів оберненого зв'язку елементів системи запропонована матриця взаємозв'язків. Вона сфор-

мована 12 безрозмірними показниками збалансованості потужностей функціонування B_{ij} між основними фазами циклу оберненого зв'язку. Зокрема, статистичні показники упорядкованості і збалансованості протифазних складових циклів оберненого зв'язку дозволяють системно аналізувати будь-які інформаційні потоки в навчальному середовищі під трьома взаємодоповнюючими кутами зору – динамічним, енергетичним і кібернетичним.

Аналіз просторово-часового розподілу складових конфігурацій сигнатур і інформаційних масивів, які вони охоплюють, ґрунтується на взаємодоповнюючих засобах виявлення прихованих взаємозв'язків. Зауважимо, що уніфіковані методи обробки, взаємозв'язані динамічні параметри (стан, швидкість, прискорення) і статистичні показники (ентропія і інші) дозволяють системно аналізувати результати комплексного ергономічного дослідження функціонування динамічної системи. Отже, застосування підходу та універсального інструментарію на його основі надає нові можливості для дослідження динаміки функціонування різних елементів системи СІОС. Зокрема їх сумісності, взаємодоповнюваності і узгодженості; експрес-ідентифікації перехідних ФС елементів системи [7, 10]. Перевагою такої візуалізації інформації є доповнення динамічного опису функціонування системи статистичним, що дозволяє використовувати при аналізі фундаментальні закони, принципи і критерії. Так, для прогнозування їх життєздатності можна використовувати термодинамічні критерії упорядкованості, стійкості й оборотності.

Таким чином, параметрична геометризація інформаційних потоків та взаємопов'язані засоби їх аналізу дозволяють системно досліджувати життєздатність елементів системи СІОС в складних умовах. Для ключових елементів системи – студентів і викладачів, надзвичайно актуальним є моніторинг їх ФС в реальному режимі часу, що може забезпечити їх інформаційну підтримку. Особливо важливою є виявлення структури циклу біологічного оберненого зв'язку в електрофізіологічних сигналах. Її врахування сприятиме формуванню стресостійкості студентів в процесі навчання.

3. Зв'язок стресостійкості з ефективністю діяльності студента і викладача

В ергономії вплив несприятливих чи екстремальних стрес-чинників різного походження на ФС людини, який обумовлює ЛЧ, базуються на визначенні «ціни» діяльності, професійного здоров'я і індивідуальної норми. При їх аналізі

складною проблемою є індивідуальність перехідних ФС людини. В системі СІОС саме індивідуальність людини – психологічна, психофізіологічна, особистісна – визначає, чи буде «ціна» її діяльності допустимою або стане непомірно високою. Дійсно, індивідуальність ФС студента і викладача найбільш проявляється в їх стресостійкості і комунікативній компетенції, які відображає сукупність локально зосереджених і взаємопов'язаних характеристичних ознак біологічних сигналів. Їх різноманіття істотно ускладнює визначення стресостійкості. Однак її можна оцінити за допомогою пакетного представлення сигнатур електрофізіологічних сигналів, в яких відображається характер перебудови циклу біологічного оберненого зв'язку та його адаптивність. В роботі [7] наведено універсальні характеристичні ознаки такої перебудови при дії інформаційних стрес-чинників. Отже, шляхом порівняння пакетів сигнатур з типовими (модельними) сигнатурами можна в режимі реального часу ідентифікувати перехідні та стресові ФС людини.

Здатність людини протидіяти негативному впливу стрес-чинників обумовлена індивідуальним комплексом вроджених і надбаних психофізичних, психологічних і фізіологічних властивостей і процесів. Саме стресостійкість і комунікативна компетентність забезпечує надійне і безпечне функціонування людини під час трудової діяльності в складних умовах. Стресостійкість людини є передумовою життєстійкості та формується в процесі набуття досвіду [2]. Тому саме від здатності людини до формування стресостійкості в процесі навчання напряму залежить ефективність її діяльності. Так, аналіз публікацій щодо інженерно-психологічних аспектів стресостійкості виявив зв'язок «успішність діяльності – успішність навчання – стійкість до стрес-чинників в процесі навчання і діяльності». Тому важливим є формування стресостійкості студентів з першого курсу навчання, а викладачів – в процесі творчої діяльності.

В ергономіці встановлено, що чим вище рівень підготовленості, тим нижче рівень психофізіологічних витрат людини [12]. Тому для формування необхідних якостей курсантів військових закладів впроваджена психофізіологічна підготовка. В ході такої підготовки формуються психофізіологічні якості, що визначають: а) успіх в навчанні; б) стійкість до екстремальних чинників діяльності; в) високий рівень працездатності. Ефективність інженерно-психологічної підготовки курсантів вказує на необхідність впровадження її елементів в навчальний процес університету. Зауважимо, що у цивільних університетах, як правило, не проводиться поперед-

ній психофізіологічний відбір. Тому студенти і викладачі з невідомим рівнем стресостійкості є елементами системи, які підвищують загальний ризик її неефективності. При цьому своєчасне визначення перехідних ФС (втоми та інших) дозволяє студенту запобігти зниженню ефективності навчання та сформувати необхідні навички для подальшої професійної діяльності. Тому студентам 1-го курсу необхідно надати інформацію, яка допоможе узгоджувати працездатний ФС студента з навчальним навантаженням і сприятиме зниженню «ціни» адаптації до навчальної діяльності та формуванню його стресостійкості.

4. Особливості ергономізації освітнього середовища

Сьогодні досить актуальним є питання пошуку нових підходів до побудови індивідуальної траєкторії навчання [13, 14]. Підвищенню ефективності навчання сприятиме ознайомлення студентів з елементами сучасної ергономіки і інженерної психології. Дійсно, необхідно допомогти студенту враховувати його індивідуальність, а саме його стиль навчання, особливості когнітивної та мотиваційної сфер, ФС і інші характеристики особистості. Тому велике значення мають методики їх самоаналізу та самоконтролю, оволодіння якими сприятиме більш ефективній навчальній діяльності студента.

Все це потребує більш широкого використання сучасних інформаційних, комутаційних і освітніх технологій у навчальному середовищі. Адже, саме від успішності самонавчання студента залежить надійність його діяльності в майбутньому та, як наслідок, безпека керованої ним динамічної системи. Зокрема, навчальні цикли в системі СІОС повинні бути максимально узгоджені, а це означає подібність їх динамічних структур. Тому формування життєздатної системи потребує уніфікованих засобів виявлення динамічної структури навчальних циклів (інформаційних потоків будь-якої природи) та інтегративних показників для їх аналізу.

Дія зовнішніх чинників на систему може призводити до перебудови динамічної структури навчального циклу, що найкраще відображається в пакетному представленні циклів оберненого зв'язку [7]. В них наочно відображається перебудова динамічної структури різних за природою інформаційних потоків (технологічних, біологічних і інших). Аналіз характеру зміни конфігурації цих циклів та їх площі в пакеті надає нові можливості для дослідження стійкості і адаптивності елементів системи СІОС. Наприклад, аналіз

зміни ФС студента при дії стрес-чинників інформаційного середовища дозволяє виявити стан перевтоми. Отже, досліджувати, моделювати і аналізувати вплив зовнішніх і внутрішніх чинників на процеси взаємної адаптації елементів системи можна шляхом структурно-функціонального аналізу динаміки функціонування елементів системи СІОС.

Візуалізація різних інформаційних аспектів життєздатності (упорядкованості, збалансованості, узгодженості, адаптивності і інші) елементів системи СІОС надзвичайно актуальна для освітніх інновацій. Особливо в сфері індивідуалізації навчання і управління підготовкою майбутніх спеціалістів. Так, інженерно-психологічне та ергономічне моделювання індивідуальної траєкторії навчання потребує побудови адаптивної структури навчального процесу, щоб формування необхідних навичок відбувалось на основі розуміння своєї психофізіології [12 – 14]. Подібність структури різних навчальних циклів оберненого зв'язку є ознакою їх узгодження. При цьому індивідуальна траєкторія навчання повинна відповідати психофізіологічному профілю особистості і динамічній структурі інформаційних потоків. Цьому сприятиме наповнення системи СІОС такими геометричними моделями, для аналізу структури взаємозв'язків в яких можна використовувати ергономічні закони взаємної адаптації В. Венди. Освоєння методики побудови структур-стратегій дозволить студентам оптимізувати навчання [12, 14]. Це збільшує ефективність навчання і, відповідно, його мотивацію. Важливо, що це сприятиме формуванню у студента стресостійкості.

Застосування геометричних моделей інформаційних потоків різної природи дозволяє використати ергономічні закони взаємної адаптації для аналізу функціонування системи СІОС з психологічним, психофізіологічним, педагогічним супроводом навчальної діяльності. Це надасть нові можливості у підготовці фахівців, які будуть адаптовані до майбутньої діяльності. Їх переваги проявляться вже на першому курсі за рахунок зменшення часу адаптації до навчання та освоєння навичок до ефективного самонавчання.

В цілому, структурування навчальної інформації, геометричне й інформаційне моделювання структур різних за природою навчальних процесів та циклів дозволяє установити міждисциплінарні зв'язки. Це відкриває якісно нові можли-

вості для структурно-функціонального аналізу ефективності функціонування елементів системи СІОС.

5. Створення комфортного навчального середовища

Використання уніфікованого інструментарію для візуалізації інформаційних потоків буде сприяти гармонізації зв'язків між елементами системи СІОС. Саме вони повинні визначати її структуру управління, від упорядкованості і збалансованості якої залежить ефективність функціонування особисто-орієнтованого і інноваційного навчального середовища. В ньому студент стане активним споживачем міждисциплінарних засобів навчання, а викладач отримає інструментарій для створення інноваційних е-засобів навчання і самонавчання [15]. Все це збільшує час прямої і віртуальної його взаємодії зі студентом та дозволяє: скоротити аудиторний час вивчення дисциплін та створити умови для самонавчання і якісного засвоєння матеріалу; збільшити ефективність зв'язку студент-викладач.

Об'єктивною необхідністю є актуалізація ергономічних знань студентів з урахуванням інформатизації проблем безпеки, надійності, стійкості і зростаючої важливості людино-машинної взаємодії. Для забезпечення успішної адаптації студентів 1-го курсу до інформаційного навчального середовища університету необхідне міждисциплінарне переосмислення знань ергономіки, інженерної психології, безпеки життєдіяльності, охорони праці. Воно дозволить внести системне бачення проблем проектування сучасної техніки – через призму інформаційних і динамічних аспектів життєздатності системи. Це системний погляд на життєвий цикл складних динамічних систем. В його основі – проектування та існування складних систем з позицій сучасного трактування ергономіки – нейроергономіки [1]. Необхідність такої дисципліни полягає в освоєнні структурно-функціонального аналізу людино-машинної взаємодії для оптимізації навчальної діяльності людини і безпечного функціонування динамічної системи.

Використання уніфікованого інструментарію для візуалізації процесів різної природи (фізичних, біологічних, інформаційних і інших) в системі СІОС дозволяє студентам вибудовувати індивідуальну траєкторію навчання. При цьому наочність навчальної інформації сприятиме розробці інноваційних навчальних засобів, які підвищать ефективність навчання і подальшу діяльність за рахунок розуміння механізмів оптимізації інформаційної взаємодії людини і техніки. Необхідно також зазначити, що ергономіка і

людський чинник є однією з важливих дисциплін в багатьох технічних університетів світу.

Висновки

Для аналізу життєздатності елементів системи СІОС як динамічної системи використано міждисциплінарний підхід і уніфікований інструментарій для візуалізації інформації на його основі. Він дозволяє врахувати рекурсивність структури життєздатних систем та вказує на необхідність формування системи СІОС з елементів, що мають подібні структури функціонування. Дійсно, перетворення інформаційних потоків різної природи в графічні образи, сигнатури і цикли значно розширяє можливості моделювання і системного аналізу. Так, в конфігураціях циклів оберненого зв'язку елементів системи відображаються просторово-часові структури їх функціонування, від упорядкованості і подібності яких залежать ефективність і стійкість системи. Зокрема, від упорядкованості і збалансованості структури кардіоциклу залежить адаптивність серцево-судинної системи студента. Вона визначає його стресостійкість, від якої залежить ефективність навчання. Отже, використання міждисциплінарного підходу і універсального інструментарію дозволяє виявляти і оцінювати зв'язок структури з функцією, що надає викладачу нові можливості для створення інноваційних засобів для ефективного навчання і самонавчання. Зокрема, використання різних видів візуалізації навчальної інформації (графічні образи, 3D-моделі, сигнатури, комп'ютерні презентації; флеш-анімації і т.п.) спрощує: а) їх порівняльний аналіз; б) визначення взаємозв'язку інформаційних масивів за ступенем їх перекриття; в) визначення узгодженості інформаційних потоків шляхом структурно-функціонального аналізу їх циклів оберненого зв'язку. На основі цих засобів можна розробити методику побудови індивідуальної траєкторії навчання, що сприятиме якісному засвоєнню матеріалу.

Враховання просторово-часової узгодженості структур циклів оберненого зв'язку елементів системи СІОС дозволяє оптимізувати її функціонування. Зокрема, міждисциплінарні засоби аналізу дозволяють гармонізувати зв'язки між існуючими й інноваційними її елементами, що також сприятиме розробці методик побудови індивідуальної траєкторії навчання.

Обґрунтовано об'єктивну необхідність актуалізації міждисциплінарних знань студентів. Зокрема, з навчальної ергономіки, інженерної психології і сучасної теорії життєздатності складних динамічних систем. Це забезпечить успішну ада-

птацію студентів 1-го курсу до інформаційного навчального середовища університету.

Список використаної літератури

1. Parasuraman, R. Neuroergonomics: research and practice [Text] / R. Parasuraman // *Theor. Issues Ergon. Sci.* – 2003. – vol. 4, no. 1–2. – P. 5–20. DOI 10.1080/14639220210199753
2. Мадди, С. Теории личности: сравнительный анализ [Текст] / С. Мадди. – СПб.: Речь, 2002. – 539 с.
3. Бир, Ст. Мозг фирмы [Текст] / Ст. Бир. – М.: Либроком, 2009. – 416 с.
4. Хазов, М. Ю. Учимся быть богом: создание жизнеспособных систем [Текст] / М. Ю. Хазов. – Новосибирск, 1992. – 336 с.
5. Альтшуллер, Г. С. Как стать гением: жизненная стратегия творческой личности [Текст] / Г. С. Альтшуллер, И. М. Верткин. – Минск: Беларусь, 1994. – 479 с.
6. Dijkstra, A. Cybernetics and Resilience Engineering: Can Cybernetics and the Viable System Model Advance Resilience Engineering? [Text] / A. Dijkstra // *Proceedings of the Resilience Workshop*. Vadstena, Sweden, 2007. – P. 23–29.
7. Mygal, V. P. An interdisciplinary approach to study individuality in biological and physical systems functioning [Text] / V. P. Mygal, A. V. But, G. V. Mygal, I. A. Klimenko // *Scientific Reports*, Nature Publishing Group. – 2016. – № 6. – P. 387–391. DOI: 10.1038/srep29512
8. But, A. V. Structure of a time variable photoresponse from semiconductor sensors [Text] / A. V. But, V. P. Migal and A. S. Fomin // *Technical Physics*. – 2012. – № 57. – P. 575–577. DOI <https://doi.org/10.1134/S1063784212040044>
9. Mygal, V. P. Geometrization of the dynamic structure of the transient photoresponse from zinc chalcogenides [Text] / V. P. Mygal, A. V. But, A. S. Phomin, I. A. Klimenko // *Semiconductors*. – 2015. – № 49. – P. 634–637. DOI: 10.1134/S1063782615050152
10. Migal, V. P. Hereditary functional individuality of semiconductor sensors [Text] / V. P. Migal, A. V. But, G. V. Migal, I. A. Klymenko // *Functional Materials*. – 2015. – Vol. 22, № 3. – P. 387–391. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/fm22.03.387>
11. Мигаль, В. П. Киберфизический подход к исследованию функционирования динамических систем [Текст] / В. П. Мигаль, Г. В. Мигаль // *Электротехнические и компьютерные системы*. – 2016. – № 22 (98). – С. 354–358.
12. Dul, J. A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession [Text] / J. Dul, R. Bruder and all. // *Ergo-*

nomics. – 2012. – Vol. 55, No. 4. – P. 377–395. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>

13. Baxter, J. A. Roles and student identities in online large course forums: Implications for practice [Text] / J. A. Baxter, J. Haycock // International review of research in open and distance learning. – 2014. – Vol. 15 (1). – P. 20–40.

14. Venda, V. F. Dynamics in ergonomics, psychology, and decisions: Introduction to Ergodynamics [Text] / V. F. Venda, Y. V. Venda. – Norwood, NJ.: Ablex Publishing Corporation. – 1995. – 503 p.

15. Паронджанов, В. Д. Как написать хороший учебник для хороших людей [Текст] / В. Д. Паронджанов. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 500 с.

References

1. Parasuraman, R. (2003), Neuroergonomics: research and practice. Theor. Issues Ergon. Sci, vol. 4, no. 1–2, P. 5–20. DOI 10.1080/14639220210199753

2. Maddi, S. (2002), Teorii lichnosti: sravnitelnyy analiz [Theories of personality: a comparative analysis], SPb, Rech Publ., 539 p.

3. Bir, St. (2009), Mozg firmyi [The brain of the firm]. Moscow, Librokom Publ, 416 c.

4. Hazov, M. Yu. (1992), Learning to be God: creating sustainable systems [Uchimysya byit bogom: sozдание zhiznesposobnyih sistem], Novosibirsk, 336 p.

5. Altshuller, G. S., Vertkin, I. M. (1994), How to become a genius: the life strategy of a creative personality [Kak stat geniem: zhiznennaya strategiya tvorcheskoy lichnosti], Minsk, Belarus Publ., 479 p.

6. Dijkstra, A. (2007), Cybernetics and Resilience Engineering: Can Cybernetics and the Viable System Model Advance Resilience Engineering? Proceedings of the Resilience Workshop, Vadstena, Sweden, pp. 23–29.

7. Mygal, V. P., But, A. V., Mygal, G. V., Klimenko I. A. (2016), An interdisciplinary approach to study individuality in biological and phys-

ical systems functioning. Scientific Reports, Nature Publishing Group, no. 6, pp. 387–391. DOI: 10.1038/srep29512

8. But, A. V., Migal, V. P. and Fomin, A. S. (2012), Structure of a time variable photoresponse from semiconductor sensors. Technical Physics, no. 57, pp. 575–577. DOI <https://doi.org/10.1134/S1063784212040044>

9. Mygal, V. P., But, A. V., Phomin, A. S., Klimenko, I. A. (2015), Geometrization of the dynamic structure of the transient photoresponse from zinc chalcogenides. Semiconductors, no. 49, pp. 634–637. DOI: 10.1134/S1063782615050152

10. Mygal, V. P., But, A. V., Phomin, A. S., Klimenko, I. A. (2015), Hereditary functional individuality of semiconductor sensors. Functional Materials, vol. 22, no. 3, pp. 387–391. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/fm22.03.387>

11. Migal, V. P., Migal, G. V. (2016), Cyberphysical approach to the study of the functioning of dynamic systems [Kiberfizicheskiy podhod k issledovaniyu funktsionirovaniya dinamicheskikh sistem], Elektrotehnicheskie i kompyuternye sistemyi, no. 22 (98), pp. 354–358.

12. Dul, J., Bruder, R. A. (2012), Strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. Ergonomics, vol. 55, no. 4, pp. 377–395. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>

13. Baxter, J. A., Haycock, J. (2014), Roles and student identities in online large course forums: Implications for practice. International review of research in open and distance learning, vol. 15 (1), pp. 20–40.

14. Venda, V. F., Venda, Y. V. (1995), Dynamics in ergonomics, psychology, and decisions: Introduction to Ergodynamics. Norwood, NJ., Ablex Publishing Corporation Publ., 503 p.

15. Parondzhanov, V. D. (2017), How to write a good tutorial for good people [Kak napisat horoshiy uchebnik dlya horoshih lyudey], M., DMK Press, 500 p.

ANALYSIS OF THE UNIVERSITY'S VIABILITY AS COMPLEX DYNAMIC SYSTEM

V. P. Mygal, G. V. Mygal

National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute"

Abstract. *It is shown that the main reason for the decrease in the viability of the dynamic system is the individuality of the dynamic processes of different nature, as well as the variety of sources information and means of its analysis. This diversity is most evident in the system "student - informational learning environment". It leads to problems (efficiency and individualization of learning, stability, spatial and temporal inconsistency of information flows, etc.). They reduce the viability of the university as a dynamic system, for*

the analysis of which an interdisciplinary approach is applied. It is based on the visualization of information through parametric geometrization of the dynamics of processes of various nature into their graphic images and signatures. Their configurations are feedback loops that allows you to analyze the structure of relationships, their order and balance. These funds allow: a) to develop a methodology for constructing an individual trajectory of learning that will contribute to the qualitative mastery of the material; b) analyze space-time consistency of the functioning of all elements of the system "student - informational learning environment". By means of batch representation of signatures of electrophysiological signals, one can assess the student's stress resistance. It manifests itself in character of the restructuring of the cycle of biological feedback and in its adaptability. Given the recursiveness of the structure of viable systems, it is possible to form an adaptive learning environment from elements that have similar feedback loop structures. All this allows students to become active consumers modern learning tools and facilitates the creation of innovative and electronic learning tools for self-study. The need for actualization of students' knowledge in interdisciplinary educational ergonomics and the modern theory of the viability of complex systems is justified with the goal of increasing the effectiveness of teaching.

Keywords: *viability, information flows, spatial and temporal characteristics, individualization of training, structure of functioning, cognitive activity, stress resistance.*

АНАЛИЗ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ УНИВЕРСИТЕТА КАК СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В. П. Мигаль, Г. В. Мигаль

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»*

Аннотация. *Многообразие источников информации и средств ее анализа наиболее проявляется в системе «студент – информационная образовательная среда». Рост их количества снижает жизнеспособность университета как динамической системы, для анализа которой применен междисциплинарный подход. В его основе визуализация учебной информации и выявления в ней структуры взаимосвязей. Это расширяет возможности эргономизации средств обучения.*

Ключевые слова: *жизнеспособность, информационные потоки, пространственно-временные характеристики, индивидуализация обучения, структура функционирования, когнитивная деятельность, стрессоустойчивость.*

Отримано 14.03.2018



Мигаль Валерій Павлович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри фізики Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», вул. Чкалова, 17, Харків, Україна, e-mail: valeriymygal@gmail.com, моб. +38-(050)-756-08-29.

Mygal Valeriy, doctor of technical sciences, professor, professor of dept. of physics, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Chkalova str., 17, Kharkov, Ukraine, e-mail: valeriymygal@gmail.com, phone +38-(050)-756-08-29.

ORCID ID: 0000-0003-3622-5423



Мигаль Галина Валеріївна, доктор технічних наук, доцент кафедри автомобілів та транспортної інфраструктури Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», вул. Чкалова, 17, Харків, Україна, e-mail: mygal.galina@gmail.com, тел. +38-050-636-87-17.

Mygal Galina, doctor of technical sciences, professor of dept. of Automobile and Transport Infrastructure, National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Chkalova str., 17, Kharkiv, Ukraine, e-mail: mygal.galina@gmail.com, phone +38-050-636-87-17.

ORCID ID: 0000-0002-9862-9338