

**Буров О.Ю.**

д.т.н., старший дослідник, провідний науковий співробітник  
Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ КОГНІТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СТАРШОКЛАСНИКІВ ШЛЯХОМ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

### **Постановка проблеми і обґрунтування її актуальності.**

Зростання частки навчального процесу з використанням електронних засобів навчання [1], аналіз тенденцій створення нових технологій з акцентом на інтелектуальні компоненти та людиноцентричні мережі [2], а також фактичного світового досвіду розроблення систем «людина-кіберпростір», особливо для освіти [3; 4], дозволяють визначити, що новий напрям розвитку технологій - «системи людина-кіберпростір» (Cyber-Human Systems - CHS) - швидко розвивається і часто визначається як передовий рубіж досліджень [5]. Напрямок CHS розвинувся з наступних попередніх програм: людиноцентричні системи, інтерфейс людина-комп'ютер, універсальний доступ, цифрове суспільство та технології, до певної міри – електронний уряд, авторське право в інформаційній сфері, взаємодія людей та/або роботів, системи інтеграції людини та організаційно-технічних систем (human-system integration – HSI), синтетичне середовище [6]. Виходячи з цього, можна розглядати напрям CHS як розроблення проектів у тривимірному просторі людина-комп'ютер-середовище, тобто як реалізацію проблематики ергономіки/людського чинника згідно до поглядів українських учених [7].

Такий підхід значно розширює можливості пошуку та використання необхідних для досліджень і практики ресурсів [8]. Поява розвинених CHS змінює пріоритети суспільства, стимулюючи розвиток людського капіталу, формування умов його функціонування в цифровому середовищі, впровадження нових форм і засобів навчання, а також необхідність у нових компетентностях [9], зростання вимог до когнітивних можливостей людини (характер розумової діяльності якої набуває все більше рис операторської праці) та їх контролю у транспортній [10] та інших емерджентних галузях [11]. Проте слід відмітити, що незважаючи на численні дослідження та публікації з питань когнітивної психології, у тому числі щодо проектування когнітивних завдань [12], стійкість когнітивних функцій людини у часі залишається практично відкритим питанням, насамперед по відношенню до підлітків, незважаючи на потребу знання динаміки таких функцій у учнів різного віку під час навчання протягом життя [13], у т.ч. з урахуванням впливу навчального навантаження [14], а також зростаючого використання соціальних мереж [15].

**Основне завдання дослідження.** Дослідити стійкість когнітивних функцій старшокласників за допомогою комп'ютерного моделювання потоку когнітивних завдань.

### **Короткий виклад розв'язання поставленого завдання.**

Для вирішення поставленого завдання була використана комп'ютерна система, за допомогою якої в попередніх дослідженнях вивчався вплив зовнішніх і особистісних факторів на працездатність операторів. Дослідження проводились на дорослих фахівцях і волонтерах, а також на студентах [7; 15], а також на групі старшокласників у пілот-дослідженні [16], у якому використовувався проектно-орієнтований підхід до розвитку дослідницьких компетентностей учнів, що поєднував індивідуальне та групове проведення експериментальних досліджень з метою досягнення певної синергії зусиль учнів [17].

### **Методика експериментального дослідження.**

Щоденне обстеження базується на використанні комп'ютерної системи психофізіологічних досліджень СПФІ для моніторингу когнітивної діяльності учнів. Обстеження включає виконання психологічних тестів і паралельну реєстрацію тривалості

RR-інтервалів ЕКГ (безперервно, з використанням апаратури «Сольвейг») та артеріального тиску систолічного АДс і діастолічного АДд перед початком та після виконання тестів.

Перед початком тестової сесії проводиться електропунктурна діагностика кожного випробувача з використанням приладу БАТ-2 AGNIS (Литва).

До складу тестів входять:

- Тест на короткострокову пам'ять Т2. Випробувачу пред'являється таблиця з 12 випадковими числами від 11 до 99. Кількість правильно відтворених чисел фіксується як результат.

- Тест на чуття часу Т3. Випробуваному пропонується після звукового сигналу через вказаний на екрані відрізок часу натиснути будь-яку клавішу (підрахунок часу виконується без застосування наручних та інших годинників).

- Тест самооцінки, активності, настрою Т4. Скорочений варіант тесту САН. Піддослідному пропонується дати суб'єктивну оцінку свого стану за 7-бальною шкалою у вигляді відповідей на 5 пар запитань-характеристик.

- Тест на перестановку цифр (комбінаторний) у порядку зростання Т5. Пред'являється випробувачу в робочому вікні. Складається з послідовності 4 цифр натурального ряду, що не повторюються (від 0 до 9) і розміщені у випадковому порядку. Час на виконання задачі – фіксований і розраховується індивідуально для кожного випробувача за результатами виконання тренувального тестування як середній час виконання задач.

- Тест на перестановку цифр (комбінаторний) у порядку зростання Т6. Задачі того ж типу, як і у Т5, але час на виконання задачі – вільний («авто-темп»).

- Тест на перестановку цифр (комбінаторний) в порядку спадання Т9. Задачі того ж типу, як і у Т6, час на виконання задачі – вільний («авто-темп»).

- Тест на пошук пропущеної цифри з діапазону від 0 до 7, темп виконання тесту – вільний, Т7.

Зовнішніми факторами, що впливають на варіативність психофізіологічних показників і продуктивність розумової діяльності, є ультрадіанні ритми, а також геліофізичні, геомагнітні та метеорологічні фактори. З метою вивчення їх дії включали як вивчені, так і потенційні інформативні показники цих факторів, що реєструються на основі даних SEC's Anonymous FTP Server (Solar-Geophysical Data) та інших відповідних офіційних сайтів, а також сайту погоди Gismeteo.com .

В експериментальному дослідженні приймали участь 5 добровольців – учнів Київського палацу дітей та юнацтва (10 клас), один учень виконував функції дослідника та провів усе дослідження самостійно після необхідного навчання. Тестування відбувалось у позашкільний час 3 рази на тиждень о 16:30 кожного разу (з метою усунення впливу ультрадіанних ритмів) з середини листопада до середини грудня. З метою виконання вимог біоетики та захисту персональних даних з батьками усіх учасників були підписані інформовані згоди щодо участі школярів в проекті.

Через низку причин не всі учасники змогли проходити тестування кожного дня проведення експериментальних досліджень протягом визначеного терміну, повні дані, що дозволили зробити науково обґрунтовані висновки, отримані за результатами тестування двох учасників.

Результати виконання тестів перцептивного (Т7) та когнітивного типу (Т6 і Т9) підтвердили встановлений у попередніх дослідженнях [7; 16] факт зміни результативності виконання тестів (середній час і надійність рішення тестових завдань) протягом місяця (рис.1), причому виявлені зміни носили коливний характер, що може бути пояснено впливом навчального навантаження, а також впливом циркасептаних (навколо тижневих) ритмів.

Відомо, що під впливом навантаження, у т.ч. розумового, відбуваються функціональні зрушення в регуляції серцево-судинної системи, що може викликати преморбідні стани. Досліджень зміни енергетичного балансу працюючих людей значно менше, а щодо підлітків – такі дослідження практично відсутні. Тому в нашому дослідженні, яке можна вважати

пілот-дослідженням, особливу увагу приділили регуляції серця. Динаміка рівня активації меридіану перикарда (міжнародне позначення MC-7) вказує також на коливний характер змін як MC-7 правої (H2r), так і лівої (H2l) руки, з індивідуальними особливостями обох випробувачів (рис.2).

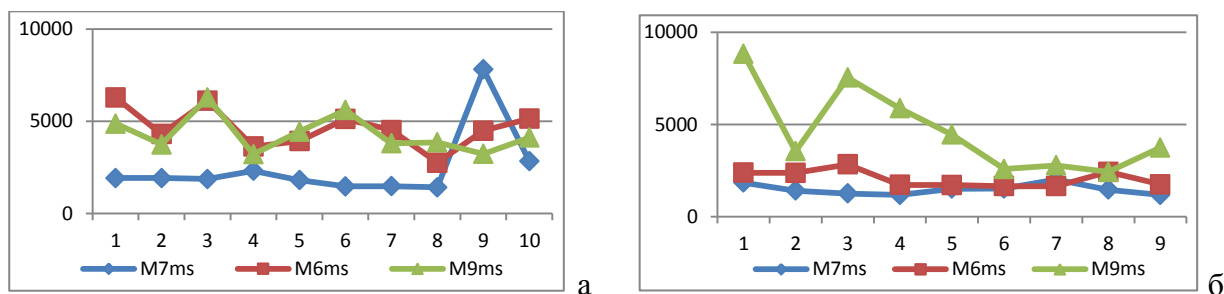


Рис.1 Динаміка середнього часу виконання тестових завдань (у мс) по днях тестування випробувачів Г. (рис.1а) та Н. (рис.1б).

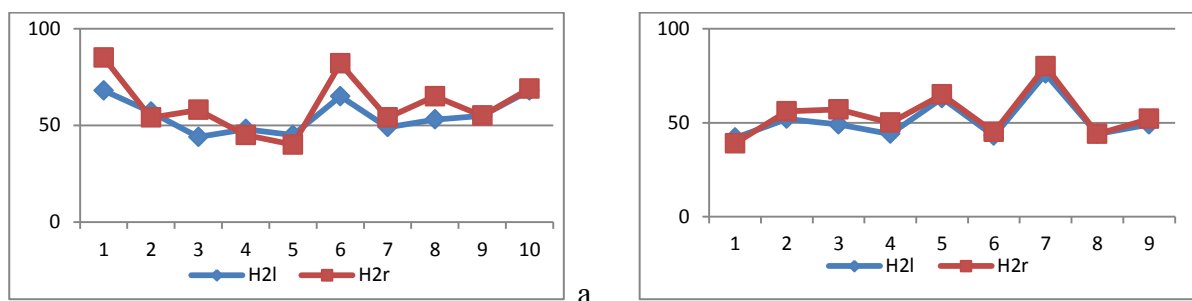


Рис.2 Динаміка рівня активації меридіану перикарда по днях тестування випробувачів Г. (рис.2а) та Н. (рис.2б).

Дослідження впливу енергетичного балансу, вегетативної регуляції (за показниками частоти серцевого ритму, а також артеріального тиску), властивостей нервової системи (зокрема, функційної рухливості нервових процесів) і зовнішніх факторів (показники швидкості сонячного вітру, СВ, та щільності (n) його протонної компоненти на час проходження тестування) виявили їх високий кореляційний зв'язок з показниками швидкості, а особливо надійності, виконання перцептивного та когнітивних тестів. При відборі 3 найбільш інформативних незалежних змінних за стандартною процедурою (стандартний пакет STATISTICA 5.1) покрокового регресійного аналізу було виявлено: коефіцієнт множинної кореляції швидкості виконання тестів (індекс відповідає номеру тесту)  $R_7 = 0,97...0,98$  ( $p < 0,001$ ),  $R_6 = 0,7...0,93$  ( $p < 0,01$ ),  $R_9 = 0,95...0,97$  ( $p < 0,001$ ),  $R_{7n} = 0,97...0,98$  ( $p < 0,001$ ); коефіцієнт множинної кореляції надійності виконання тестів  $R_{7r} = 0,99$  ( $p < 0,001$ ),  $R_{6r} = 0,88...0,91$  ( $p < 0,01$ ),  $R_{9r} = 0,95...0,97$  ( $p < 0,01$ ).

Важливим результатом є не тільки високий кореляційний зв'язок між показниками когнітивної діяльності та іншими чинниками, але самі найбільш інформативні чинники. Встановлено, що для різних тестів і випробувачів склад чинників відрізняється (впливає індивідуальність людей), проте завжди впливають суттєвим чином показники властивостей нервової системи, енергетичного балансу/дисбалансу та показники сонячного вітру.

## Висновки

1. Методика дослідження стійкості когнітивних можливостей старшокласників виявила значні коливання швидкості та надійності виконання простих когнітивних тестових завдань.
2. Підтверджено сильний кореляційний зв'язок показників когнітивної та перцептивної діяльності випробувачів з індивідуальними властивостями їх нервової системи, енергетичного

регулювання та показниками геліофізики (швидкість та щільність сонячного вітру), що співпадає з аналогічними даними, отриманими під час дослідження дорослих.

3. Виявлені особливості когнітивної діяльності потребують подальшого дослідження та уточнення дії механізмів регуляції такої діяльності.

### Список використаних джерел

1. В. Ю. Биков. «Інноваційний розвиток засобів і технологій систем відкритої освіти», у *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*: Зб.наук. праць, Випуск 29, Редкол.: І.А.Зязюн (голова) та ін., Київ-Вінниця: ТОВ фірма «Планер», 2012, с.32-40.
2. О. Ю. Буров. "Технології та інновації в діяльності людини ери інформації: людина та ІКТ", *Інформаційні технології і засоби навчання*, № 6 (50), 2015, с. 1-13. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1317>. Дата звернення: Січ. 10, 2016.
3. Encyclopedia of the Sciences of Learning. Seel, Norbert M., Ed. Springer US, 2012. [Online]. Available: <http://www.springer.com/us/book/9781441914279>
4. 2016 Learning Technology Study, 2016. [Online]. Available: <https://www.docebo.com/elearning-lms-resources/papers-researches/>. Accessed on: Jan. 10, 2017.
5. R. Sukkerd, D. Garlan, R. Simmons. "Task Planning of Cyber-Human Systems", In: Calinescu R., Rumpe B. (eds) *Software Engineering and Formal Methods. Lecture Notes in Computer Science*, vol 9276. Springer, Cham.
6. О. П. Пінчук, С.Г. Литвинова, О.Ю. Буров. «Синтетичне навчальне середовище – крок до нової освіти», *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2017. 4 (60). с. 28-45. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1831>
7. А. Ю. Буров. «Ергономічні основи розробки систем прогнозування працездатності людини-оператора на основі психофізіологічних моделей діяльності», Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.01.04, Харк. нац. академ. міськ. госп-ва, Харків, 2007.
8. О. П. Пінчук. Організація та функціонування мережі ресурсних центрів дистанційної освіти загальноосвітніх навчальних закладів: [монографія] / [Пінчук О. П., Богачков Ю. М., Биков В. Ю., Манак А. Ф., Олійник В. В., Буров О. Ю., Коневщинська О. Е., Іванюк І. В., Рождественська Д. Б., Барладим В.М., Корнієць О. М., Мушка І. В.]. – Київ, "Атіка", 2014. – 184 с.
9. European Commission, Directorate-General for Education and Culture, November, 2012. *Education and Training 2020 Work programme Thematic Working Group 'Assessment of Key Competences' Literature review*, Glossary and examples, 52.
10. А. Ю. Буров. «Психофізіологічне забезпечення труда операторов», *Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте*, 1999, №6, с.32-34.
11. Н. Veltman, G. Wilson, O. Burov. "Cognitive load". *NATO Science Series RTO-TR-HFM-104*, Brussels, 2004. Pp. 97–112.
12. E. Hollnagel. *Handbook of Cognitive Task Design*. Boca Raton: CRC Press, 2003.
13. O. Burov, "Life-Long Learning: Individual Abilities versus Environment and Means", in Proc. of the 12th Intern. Conf. on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kyiv, Ukraine, 2016, pp. 608-619.
14. O. Burov, O. Tsarik. "Educational workload and its psychophysiological impact on student organism", *Wor.*, Volume 41, Supplement 1/ 2012, Pp. 896-899.
15. S. Lyuyunova, and O. Burov, "Methods, Forms and Safety of Learning in Corporate Social Networks", in Proc. of the 13th Inter. Conf. on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Kyiv, Ukraine, 2017, pp. 406-413.
16. Т. М. Зубченко, Ю. А. Науменко, О. Ю. Буров. "ІКТ для дослідження динаміки когнітивних можливостей учнів під дією зовнішніх та внутрішніх факторів", *Комп'ютер у школі та сім'ї*, 2017, Т. 1, с. 3-14.
17. Д. Корнели, Ч. Данофф. *Парагогика: синергия самостоятельной и организованной учебной деятельности*. 2013. <http://www.connectedlearning.ru/home/ravnogogika/1st-paper>