

## **РОЗРОБКА РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОГО НАПРУЖЕННЯ В УМОВАХ ІНФОРМАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ**

**Заїкіна Г. Л.**

### **ВСТУП**

Проблема визначення міри психофізіологічного напруження людини в умовах навантажень різного роду є дискусійною у наукових колах, у зв'язку з відсутністю єдиного методичного підходу до його оцінки, а також різним наповненням психофізіологічного супроводу різних видів діяльності. Особливо міра напруження здобувачів загальної середньої освіти (ЗСО) під час інформаційного навантаження залишається гострою та актуальною, адже останнім часом спостерігається значне збільшення тривалості використання інформаційних технологій на фоні гіподинамії в умовах дистанційного процесу навчання. Крім того, існує невідповідність освітніх технологій, інформаційного навантаження та механізмів адаптації організму здобувачів до умов і форм дистанційного навчання, що призводить до збільшення кількості психосоматичних, неврологічних, офтальмологічних та інших відхилень і захворювань.

Тому моделювання математичних моделей ступеня психофізіологічного напруження сучасних здобувачів ЗСО під час навчально-пізнавальної діяльності дозволить виділити групи ризику щодо надмірного напруження та перенапруження їх організму і вчасно впровадити корекційні та профілактичні заходи щодо запобігання розвитку патологічних симптомів та синдромів.

Для цього необхідно провести детальне вивчення різних «маркерів» психофізіологічного напруження з подальшою їх обробкою факторним та регресійним аналізами математичної статистики, що дозволить отримати інтегральну модель оцінки зазначеного стану.

### **1. Алгоритм визначення міри психофізіологічного напруження на основі аналізу наукових спроб попередніх дослідників та власних спостережень**

Ще в 1976 р. Р. Баєвський виділив поняття «ціна діяльності» і визначив її як певне напруження регуляторних систем організму та мобілізацію функціональних резервів, зазначивши, що пошук ознак «ціни адаптації» є спрямованим аналізом набору змінних індикаторів. Відкритим залишається питання визначення комплексу тих показників,

за рахунок яких проявляється психофізіологічна «ціна» або міра напруження під час інформаційного навантаження.

Перші спроби окремих математичних розрахунків для оцінки психофізіологічного та функціонального станів людини під час виконання певної діяльності, визначення її «ціни» з урахуванням набору показників були зроблені наприкінці минулого і початку нинішнього століття. Зокрема, М. Корольчук пропонував визначати фізіологічну «ціну» діяльності за рахунок групи показників, що характеризують енерговитрати, при цьому, на його думку, першорядне значення мають індивідуально-психологічні особливості людини. Цим же автором запропоновано інтегральний показник, що дозволяє оцінити стан організму за сукупністю параметрів. За допомогою цієї формули можна оцінити зміни будь-якої функції організму під час діяльності в порівнянні зі станом спокою<sup>1</sup>.

Кореляційні закономірності показників різного рівня були використані згаданими вченими для створення експрес-методик адаптованості до певних видів діяльності. Вони представили математичний вираз діагностичних критеріїв для визначення адаптивності в екстремальних умовах.

Перші дослідження з проблеми міри напруження здобувачів освіти під час навчального процесу були проведені в кінці минулого століття: було запропоновано прогнозувати ефективність розумової діяльності за допомогою психофізіологічного рейтингу, який базується на індивідуально-типологічних властивостях особистості. Раніше інші дослідники вивчали напруження серцево-судинної системи під впливом навчального процесу: аналіз містив обробку динамічного ряду 100 послідовних серцевих інтервалів серцевого ритму з побудовою гістограм і розрахунком статистичних характеристик серцевого ритму, а також розглядали ефективність розумової діяльності.

На початку 2000-х років, підрахувавши адаптивну здатність серцево-судинної системи до інформаційних навантажень, було встановлено, що в осіб з різним рівнем розумової працездатності спостерігається більше напруження системи регуляції серцевого ритму, ніж в осіб з її низьким рівнем. За даними спектрального аналізу варіабельності серцевого ритму (ВСР) визначено типи реакції організму людини на інформаційне навантаження.

Питання академічної успішності сучасних школярів та чинники, що впливають на неї, зокрема інтенсивність фізичного та інформаційного навантаження, рівні розвитку пізнавальних процесів, міра напруженості

---

<sup>1</sup> Корольчук М. Психофізіологія діяльності: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ, 2009. 400 с.

регуляторних систем організму під час пізнавальної діяльності тощо, продовжують досліджуватися вченими всього світу і не втратили своєї актуальності.

На сьогодні дослідники встановили зв'язок між фізичною підготовленістю, поведінкою, станом здоров'я, що впливає на певні тканини мозку і нервові процеси, і академічними досягненнями<sup>2,3</sup>, між руховими та когнітивними навичками дітей<sup>4,5,6</sup>, між щоденною фізичною активністю та працездатністю дітей<sup>7,8,9</sup>. Досліджено роль індивідуальних когнітивних властивостей<sup>10</sup>, особливо уваги та різних видів мислення<sup>11</sup>, у розвитку пізнавальної діяльності в цілому<sup>12</sup> та шкільної зрілості<sup>13</sup>.

---

<sup>2</sup> Hillman C. H., Schott N. Der zusammenhang von fitness, kognitiver leistungsfähigkeit und gehirnzustand im schulkindalter. Konsequenzen für die schulische leistungsfähigkeit. *Sportpsychol.* 2015. № 20. P. 33–41. DOI: 10.1026/1612-5010/a000085.

<sup>3</sup> De Franchis V., Usai M. C., Viterbori P., Traverso L. Preschool executive functioning and literacy achievement in grades 1 and 3 of primary school: A longitudinal study. *Learning and Individual Differences.* 2017. № 54. P. 184–195. DOI: 10.1016/j.lindif.2017.01.026

<sup>4</sup> Alesi M., Bianco A., & Padulo J., Vella, F. P., Petrucci, M., Paoli, A., Palma A., Pepi, A. Motor and cognitive development: The role of karate. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014. № 4. P. 114–120. DOI: 10.11138/mltj/2014.4.2.114.

<sup>5</sup> Drollette E. S., Scudder M. R., Raine L. B., Moore R. D., Saliba B. J., Pontifex M. B., Hillman C. H. Acute exercise facilitates brain function and cognition in children who need it most: An ERP study of individual differences in inhibitory control capacity. *Developmental Cognitive Neuroscience.* 2014. № 7. P. 53–64. DOI: 10.1016/j.den.2013.11.001

<sup>6</sup> Jäger K., Schmidt M., Conzelmann A., Roebbers C. M. Cognitive and physiological effects of an acute physical activity intervention in elementary school children. *Frontiers in Psychology.* 2014. № 5. 1473 p. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01473

<sup>7</sup> Van der Niet A. G., Smith J., Scherder E. J.A., Oosterlaan J., Hartman E., Visscher C. Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *J. Sci. Med. Sport.* 2015. № 18. P. 673–677. DOI: 10.1016/j.jsams.2014.09.006.

<sup>8</sup> Vernon-Feagans L., Willoughby M., Garrett-Peters P. Predictors of behavioral regulation in kindergarten: Household chaos, parenting, and early executive functions. *Developmental Psychology.* 2016. № 52 (3), P. 430–441. <https://doi.org/10.1037/dev0000087>.

<sup>9</sup> Zelazo P. D., Forston J. L., Masten A. S., Carlson S. M. Mindfulness plus reflection training: Effects on executive function in early childhood. *Frontiers in Psychology.* 2018. № 9. 208 p. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00208>.

<sup>10</sup> Mullane J. C., Lawrence M. A., Corkum P. V., Klein R. M. The development of and interaction among alerting, orienting, and executive attention in children. *Child Neuropsychol.* 2006. № 22. P. 155–176. DOI: 10.1080/09297049.2014.981252

<sup>11</sup> Blair C., & Cybele Raver C. School readiness and self-regulation: A developmental psychobiological approach. *Annual Review of Psychology.* 2015. № 66. P. 711–731. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015221>

<sup>12</sup> Schmidt M., Jager K., Egger F., Roebbers C. M., Conzelmann A. Cognitively Engaging Chronic Physical Activity, But Not Aerobic Exercise, Affects Executive Functions in Primary School Children: A Group-Randomized Controlled Trial. *J. Sport Exerc. Psychol.* 2015. № 37. P. 575–591. DOI: 10.1123/jsep.2015-0069.

<sup>13</sup> Constantinidis C., Klingberg T. The neuroscience of working memory capacity and training. *Nature Reviews Neuroscience.* 2016. № 17 (7). P. 438–449. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.43>

Крім того, зв'язок між фізичною активністю та когнітивним розвитком<sup>14</sup> і роль емоційної складової<sup>15</sup> в ранньому дитинстві були вивчені. Слід зазначити, що проблема академічної неуспішності сучасних школярів досліджується як соціальна проблема<sup>16</sup>, а також вплив гігієни праці вчителя закладу ЗСО на успішність навчально-пізнавальної діяльності учнів<sup>17</sup>.

Більшість наведених підходів до визначення міри психофізіологічного напруження є узагальненими, не виокремлюють конкретні показники, які є визначальними, або не враховують закономірності їх співвідношення; використовують для аналізу функції, які генетично детерміновані і не дозволяють об'єктивно оцінити стан організму під час того чи іншого навантаження; інші – дозволяють або передбачити готовність організму до виконання певної діяльності і не враховують ступінь напруження організму під час цієї діяльності, або використовують лише психологічні опитувальники без урахування оцінки психофізіологічних функцій, які не стосуються свідомості людини, тому такі методи оцінки не є об'єктивними.

Слід зазначити, що сьогодні немає чітко визначених концепцій, які б пояснювали, яким чином ЦНС забезпечує універсальність процесу мислення, що відіграє важливу роль у розумовій, пізнавальній діяльності особистості. Але є емпіричні дослідження, які присвячені дослідженню цієї проблеми, які можна поділити на два незалежні підходи.

Перший базується на реєстрації фізіологічних показників під час розумової діяльності, що має на меті виявлення динаміки фізіологічних показників у процесі розв'язування завдань різного типу. Шляхом зміни типів і складності завдань, аналізу супутніх змін фізіологічних показників під час дослідження були отримані фізіологічні кореляти працездатності та відображені в регресійних моделях «ціни» активності математично. На цій основі ґрунтуються висновки інших дослідників щодо особливостей фізіологічного забезпечення вирішення завдань

---

<sup>14</sup> Carson V., Hunter S., Kuzik N., Wiebe S. A., Spence J. C., Friedman A., Tremblay M. S., Slater L., Hinkley T. Systematic review of physical activity and cognitive development in early childhood. *J. Sci. Med. Sport*. 2016. № 19, P. 573–578. DOI: 10.1016/j.jsams.2015.07.011.

<sup>15</sup> Nakamichi K. (2017). Differences in children's peer preference by inhibitory control and emotion regulation. *Psychological Reports*. 2017. № 120. P. 805–823. DOI: 10.1177/0033294117709260

<sup>16</sup> Merrill K. L., Smith S. W., Cumming M. M., Daunic A. P. A review of social problem-solving interventions: Past findings, current status, and future directions. *Review of Educational Research*. 2017. № 87. P. 71–102. DOI: 10.3102/0034654316652943

<sup>17</sup> Braun S. S., Roeser R. W., Mashburn A. J., Skinner E. Middle school teachers' mindfulness, occupational health and well-being, and the quality of teacher-student interactions. *Mindfulness*. 2019. № 10 (2). P. 245–255. <https://doi.org/10.1007/s12671-018-0968-2>

різного типу<sup>18, 19, 20, 21</sup>. Другий підхід ґрунтується на тому, що притаманні людині способи пізнавальної діяльності відображаються у фізіологічних параметрах і в результаті набувають стійких індивідуальних особливостей<sup>22, 23, 24, 25</sup>.

Попередні дослідники, які вивчали розумову працездатність і пізнавальну діяльність у взаємозв'язку з проявами активності вегетативної нервової системи, показали, що ефективність і рівень стійкості до помилок обернено корелюють з даними спектральних характеристик кардіоритму. Результати власних досліджень, які представлені у наступних параграфах, збігаються з цими результатами і підтверджують той факт, що характеристики ВСП відображають ступінь напруженості психічної діяльності та впливають на її ефективність, тому показники отриманих характеристик є однією із змінних запропонованих регресійних моделей психофізіологічного напруження.

Одними зі змінних регресійних моделей можуть спектральні характеристики варіабельності серцевого ритму – VLF, LF, HF, з негативним знаком, що вказує на зниження рівня напруження зі збільшенням потужності цих спектральних діапазонів. Тобто, вища якість психічної діяльності та менша напруженість у осіб з високою сумарною потужністю та потужністю вказаних спектральних діапазонів супроводжуються високою лабільністю вегетативних показників, їх специфічністю до характеру діяльності, про що свідчать попередні дослідники.

---

<sup>18</sup> Sviderskaya N. E., Antonov A. G. Influence of individual psychological features on the EEG spatial organization in nonverbal divergent thinking. *Hum Physiol.* 2008. № 34. P. 565–573. <https://doi.org/10.1134/S0362119708050046>

<sup>19</sup> Kunimasa S.A., Miyagi K., Shimoda H. Ishii Detection Method of Temporary Rest State While Performing Mental Works by Measuring Physiological Indices. *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Understanding Human Cognition*, 8019 of the series Lecture Notes in Computer Science. 2013. P. 142–150. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39360-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39360-0_16)

<sup>20</sup> Silvia P. J., Beaty R. E., Nusbaum E. C. Creative motivation: Creative achievement predicts cardiac autonomic markers of effort during divergent thinking. *Biological Psychology.* 2014. № 102. P. 30–37. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2014.07.010

<sup>21</sup> Siegle G. J., D'Andrea W., Jones N. Prolonged physiological reactivity and loss: Association of papillary reactivity with negative thinking and feelings. *International Journal of Psychophysiology.* 2015. № 98. P. 310–320. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2015.05.009

<sup>22</sup> George L. Maddox. *A Comprehensive Resource in Gerontology and Geriatrics. The Encyclopedia of Aging.* New York. 2010. 1216 p.

<sup>23</sup> Hassall C., Sherratt T. Statistical inference and spatial patterns in correlates of IQ. *Intelligence.* 2011. № 39 (5). P. 303–310. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2011.05.001>

<sup>24</sup> Michael A., Woodley of Menie, Curtis S. France, are secular IQ losses biologically caused? *Intelligence.* 2015. № 53. P. 81–85. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2015.08.009>

<sup>25</sup> Sternberg R. J. Successful intelligence: A model for testing intelligence beyond IQ tests. *Psychology.* 2015. № 8 (2). P. 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.cjeps.2015.09.004>

Крім того, аналіз робіт попередніх науковців підтверджує гендерні відмінності у вегетативній регуляції успішної розумової діяльності за варіабельністю серцевого ритму, що збігається і з результатами даного дослідження.

З метою узагальнення досвіду попередніх науковців існує необхідність у визначенні чіткого алгоритму психофізіологічної діагностики під час інформаційного навантаження з подальшим відбором змінних, що увійдуть до регресійної моделі міри напруження організму як «маркери», що її відображають.

У даному дослідженні мірою психофізіологічного напруження під час інформаційного навантаження вважаються психофізіологічні витрати внутрішніх ресурсів, за рахунок яких виконується зазначена діяльність, а також ступінь навантаження на організм під час виконання цієї діяльності.

Крім того, для більш об'єктивної оцінки усі досліджувані параметри поділяємо на три основні групи: індивідуально-типологічні «маркери», що генетично детерміновані, але можуть мати певну динаміку змін, зумовлених змінами, що виникають у процесі адаптації до інформаційної діяльності; суб'єктивні «маркери», які відображають ступінь психологічного комфорту-дискомфорту під час виконання діяльності, міра напруження під час якої визначається; фізіологічні «маркери» – показники функціонування фізіологічних підсистем у процесі адаптації до зазначеної діяльності у порівнянні зі станом умовного спокою.

Також слід вважати міру напруження адекватною у випадку оптимального співвідношення між ефективністю діяльності та витратою психофізіологічних ресурсів організму людини. Про збільшення напруження може свідчити збереження працездатності за рахунок виснаження психічних і фізичних резервів організму, збільшення періоду відновлення до нормального рівня, що може призвести до погіршення здоров'я та виникнення різноманітних захворювань.

Тому актуальним залишається питання методики визначення та математичного розрахунку міри психофізіологічного напруження під час інформаційного навантаження здобувачів ЗСО не зважаючи на наявність певних наукових досягнень у вирішенні цього питання.

Математична обробка визначених «маркерів» міри психофізіологічного напруження повинна здійснюватися з урахуванням законів кореляції показників, мінімізованих ступінчастою регресією (за виключенням тих показників, які не є вирішальними), з можливістю кількісного відображення узагальнених ознак.

На наступному етапі необхідно встановити зв'язок між компонентами психофізіологічного напруження та інтенсивністю

інформаційних та фізичних навантажень. Зважаючи на відсутність аналогів математичних моделей психофізіологічної напруженності в умовах інформаційних навантажень, в тому числі когнітивних, навчальних та розумових, неможливо порівнювати регресійні моделі з моделями інших вчених.

## **2. Методичний інструментарій визначення «маркерів» психофізіологічного напруження під час інформаційного навантаження**

Змінні представлених у наступному параграфі математичних моделей визначали шляхом кореляційного та факторного аналізу показників функціонального стану та когнітивних властивостей здобувачів ЗСО. Для цього було проведено діагностику їх когнітивного статусу за рівнями розвитку слухової оперативної пам'яті, зорової пам'яті, уваги, понятійного та наочно-образного мислення, гнучкості мислення. Особистісні якості та функціональний стан організму оцінювали за рівнем нейротизму, екстраверсії-інтроверсії, проявом пограничних невротичних розладів, самопочуттям, активністю, настроєм, а також динамікою змін розумової працездатності під час інформаційного навантаження у динаміці дня і робочого тижня. Для оцінки функціонального стану серцево-судинної системи та організму в цілому під час інформаційного навантаження та в стані умовного спокою застосовували метод варіаційної пульсометрії. У ході дослідження нейродинамічні властивості оцінювали за параметрами латентного періоду (ЛП) простої зорово-моторної реакції (ЗМР), реакції вибору одного з трьох стимулів (РВ 1-3), реакції вибору двох із трьох стимулів (РВ 2-3). Крім того, застосовано методи кореляційного, факторного та регресійного аналізів математичної статистики.

Усі ці функції оцінювали за відомими методиками, які були обрані за принципами інформативності, адекватності, валідності, надійності, доступності, а також можливості проведення експерименту без порушення навчального процесу.

Дослідження слухової оперативної пам'яті здійснено за методикою «слухова оперативна пам'ять». Зорова пам'ять оцінена за відомою методикою «зорової пам'яті» в модифікації з використанням геометричних фігур на прямокутниках із 16 клітинками. При обробці результатів підраховувалась загальна кількість правильно відтворених і розміщених фігур. Оцінка була отримана за сумою двох виконаних завдань. Діагностику обсягу уваги проводили за методикою «знаходження чисел». Завдання виконувалися тричі з різними таблицями. Визначали кількість правильно і неправильно записаних чисел,

підраховуючи різницю між правильно записаними числами та кількістю помилок. Отриману різницю перевели в бали.

За допомогою методики оцінювання понятійного мислення (тест «Аналогії») оцінено рівень розвитку словесно-логічного мислення здобувачів ЗСО, розуміння змісту слів, логічних зв'язків між поняттями. Гнучкість, яка є індивідуальною особливістю мислення, однією з якостей мисленнєвого процесу, аналізувалася за допомогою тесту «Анаграми». Здобувачам ЗСО потрібно було скласти слова з кожного набору букв, не додаючи і не втрачаючи жодної літери. Після обробки бланків кількість правильних відповідей була переведена в бали. Діагностика наочно-образного мислення (за допомогою матриць Равена) дозволила оцінити здатність уявляти ситуації та зміни в них, а також відтворювати всю багатогранність різних фактичних характеристик об'єкта.

Нейродинамічні властивості досліджено за допомогою хроно-рефлексометрії з використанням комп'ютерної системи «Діагност-1», розробленої М. Макаренком та В. Лізогубом. У ході дослідження характер прояву сенсомоторної реакції досліджувався за здатністю вищих відділів ЦНС вивчати максимально можливий рівень швидкої дії для безпомилкового розрізнення позитивних і гальмівних подразників, які викликані не тільки високо генетично обумовленими типологічними властивості ЦНС, а й психічними властивостями (пам'ять, увага, сприйняття та мислення).

Визначали латентні періоди (ЛП) зорово-моторних реакцій різної складності в «оптимальному режимі»; у режимі «зворотного зв'язку» здійснювалася діагностика функціональної рухливості нервових процесів (ФРНП) та сили нервових процесів (СНП) на стимули різної модальності, які були представлені геометричними фігурами.

Особистісні якості оцінювали за показниками екстраверсії, нейротизму, стану психічних процесів. Екстраверсію та рівень нейротизму оцінювали за відомим тестом Г. Айзенка на виявлення властивостей темпераменту особистості. Результати обробляли за трьома шкалами за тестовим ключем.

Суб'єктивну оцінку функціонального стану організму проводили за допомогою психологічного тесту «САН», заснованого на самооцінці, активності та настрої на момент обстеження. Здобувачам ЗСО було запропоновано зіставити свій стан з рядом ознак за багатоступінчастою шкалою. Після проведення тесту результати обробляли за відповідним ключем. Для визначення наявності та рівня невротичних розладів використовували дитячий опитувальник неврозів у власній модифікації для піддітків.



Зміни розумової працездатності (РП) у динаміці робочого дня та тижня визначали за двохвилинною коректурною пробою з використанням літерних таблиць В. Анфімова у модифікації за методикою М. Антропової та В. Козлової, яка дозволила отримати комплексну оцінку індивідуальних значень отриманих показників розумової діяльності. Результат виконання завдань розглядався як показник активності другої сигнальної системи. За кількістю помилок визначали ступінь втоми студентів, що дозволяло говорити про порушення балансу збуджувальних і гальмівних процесів.

Оцінку варіабельності серцевого ритму (ВСР) проводили за допомогою програмного забезпечення та приладу Кардіоспектр ("Solvaig", Київ). Обладнання, призначене для аналізу короткострокових показників ВСР, дозволяє проводити непараметричний і параметричний спектральний аналіз. Зазначене промислове обладнання стандартизоване і відповідає технічним вимогам.

Для оцінки стану організму здобувачів ЗСО у стані умовного спокою та під час інформаційного навантаження використовували статистичний аналіз динамічного ряду кардіоінтервалів, аналіз гістограми та спектральний аналіз. При цьому визначали частотні діапазони, що відображають адаптаційні можливості організму або рівень напруження: HF, LF, VLF. У результаті спектрального аналізу динамічного ряду кардіоінтервалів отримано показники, які оцінюють вегетативний баланс, рівень контролю серцевого ритму та функціональний стан організму. З метою стандартизації фізіологічного дослідження використовували запис 120 кардіоциклів у фізіологічно стабільних умовах ( $t$  мікроклімат =  $20 \pm 2$  °C). Перед вимірюванням максимально знижували можливі фізичні та емоційні впливи на показники. Запис ВСР під час виконання завдання проводили після запису кардіоінтервалів у спокої в положенні лежачи. Інформаційне навантаження моделювали за допомогою Психологічного тесту «Виключення понять» для визначення рівня розвитку словесно-логічного мислення за загальноприйнятими бланковими методиками у власній модифікації. Завдання для всіх учасників експерименту було однаковим і дозованим. У стані спокою та під час виконання завдання датчик приладу «Кардіоспектр» кріпили на безіменному пальці вільної руки і реєстрували кардіоінтервали. Після завершення реєстрації аналізувався підсумковий висновок, що відображає основні показники ВСР.

Дослідження проводилось на базі Сумських закладів ЗСО із дотриманням біологічної та медичної етики з попереднім письмовим дозволом батьків учасників емпіричного дослідження. У ньому взяли участь 529 здобувачів ЗСО віком 11–15 років попередньо розподілених

на групи за критеріями статі та інтенсивністю інформаційних та фізичних навантажень.

Основну групу (ОГ) склали здобувачі ЗСО з перевищенням нормативної гігієнічної норми інформаційного навантаження за рахунок додаткових консультативних та репетиторських занять інформаційного характеру, а також відсутністю організованої фізичної активності.

Здобувачі, які мали організовану фізичну активність у вигляді відвідувань спортивних секцій протягом тижня (мінімум три тренування на тиждень тривалістю у середньому по 2 години) із дотриманням гігієнічних вимог щодо інформаційного навантаження, віднесено до групи порівняння № 1 (ГП<sub>1</sub>).

Здобувачі ЗСО з традиційно організованою руховою активністю за рахунок уроків фізичного виховання (3 уроки на тиждень) та відповідністю гігієнічним вимогам щодо інформаційного навантаження увійшли до групи порівняння № 2 (ГП<sub>2</sub>).

### **3. Методика визначення інтегрального показника психофізіологічного напруження організму в умовах інформаційних навантажень**

Визначення зазначеного показника здійснювалося двома способами. Спосіб I базується на основі методу інтегральних оцінок. Спосіб II – на факторному аналізі та побудові регресійної моделі психофізіологічного напруження (ПФН).

#### *Перший спосіб побудови моделі ПФН.*

Проведено аналіз показників функціонального та психофізіологічного станів здобувачів ЗСО за зазначеними «маркерами» у параграфі 2 та проведено відбір інформативних ознак за наступним алгоритмом.

Крок 1: виявлення показників, що вірогідно відрізняються між досліджуваними групами за критерієм Стьюдента. Результат: виявлена група характеристик різного спрямування, що вірогідно відрізняються.

Крок 2: мінімізація методом якісного (змістовного) експертного оцінювання виявлених характеристик. Експертами були обрані показники різних функціональних систем з наукової точки зору – різні якості діяльності. Результат: показник NN, як величина зворотно обернена величині ЧСС; величина індексу Баєвського (індексу напруження), як відображення напруження ССС; показники стану нервової системи – величина депресії та нейротизму; показники продуктивності РП протягом тижня, як відображення розумового стомлення.

Крок 3: розподіл отриманих характеристик, що позитивно характеризують та негативно. Формування відносних характеристик ССС з урахуванням стану спокою.

Крок 4: формування інтегральної характеристики міри напруження організму шляхом конструювання похідної функції.

Крок 5: формування інтегральної оцінки тижневої інтенсивності розумової працездатності, що формується як середнє арифметичне.

Крок 6: формування ПФН шляхом дробі до чисельнику якої входять показники відображення навантаження, а до знаменнику – показники, які відображають ефективність діяльності.

Крок 7: корекція ПФН шляхом логарифмування з метою стиснення діапазону зміни величини.

Крок 8: групування усіх значень ПФН на чотири діапазони та вербальна оцінка кожного з них.

Крок 9: верифікація отриманого показника ПФН на вихідному матеріалі даних. Верифікація за якісним та кількісним критеріями за допомогою кластерного та дискримінантного аналізу.

На основі закономірностей співвідношення показників вегетативного супроводу інформаційного навантаження, граничних невротичних розладів, а також продуктивності розумової працездатності протягом тижня, що пройшли мінімізацію шляхом покрокової регресії, була створена математична модель ПФН інформаційної діяльності здобувачів ЗСО, яка дозволяє визначити міру напруження регуляторних систем та функціональних резервів організму за умови інформаційних навантажень:

$$\text{ПФН} = \log \left( \left( \frac{D \times N \times IB_n \times NN_n}{IB_s \times NN_s} : \frac{Q_p + Q_s + Q_{pt}}{3} \times 100 \right) + 1 \right), \quad (1)$$

де  $D$  – показник рівня депресії (бали);

$N$  – показник рівня нейротизму (бали);

$IB_n$  – індекс Баєвського після навантаження (ум. одиниці);

$NN_n$  – середня довжина інтервалів RR послідовних циклів серцевих скорочень після навантаження (мс);

$IB_s$  – індекс Баєвського у стані спокою (ум. одиниці);

$NN_s$  – середня довжина інтервалів RR послідовних циклів серцевих скорочень у стані спокою (мс);

$Q_p$  – коефіцієнт розумової працездатності, показник інтенсивності розумової діяльності на початку робочого тижня (ум. одиниці);

$Q_s$  – коефіцієнт розумової працездатності, показник інтенсивності розумової діяльності у середині робочого тижня (ум. одиниці);

$Q_{pt}$  – коефіцієнт розумової працездатності, показник інтенсивності розумової діяльності наприкінці робочого тижня (ум. од.).

Показник базується на розрахунку загальних статистичних характеристик вихідного масиву даних, кореляційному аналізі, порогових (критичних) значеннях діючих факторів вихідного масиву даних, діхотомізації даних та інтегральної оцінки бінарних шкал.

За даними результатів дослідження визначено відносний ризик високого ПФН під час інформаційного навантаження за критеріями, які формують інтегральний показник.

Як видно з таблиці 1, до найбільш пріоритетних факторів ризику високого ПФН належать показники нейротизму (78,5 %) та індекс Баєвського під час інформаційного навантаження (80 %).

Таблиця 1

**Характеристика ризику розвитку високого ПФН у здобувачів ЗСО за умов інформаційних навантажень**

| Показник                                      | Відносний ризик (R) | Питома вага внеску (%) |
|---|---------------------|------------------------|
| Депресія, бали                                | 1,1                 | 58,6                   |
| Нейротизм, бали                               | 1,5                 | 78,5                   |
| Індекс Баєвського у стані спокою, ум. од.     | 1,3                 | 69,4                   |
| Індекс Баєвського після навантаження, ум. од. | 1,5                 | 80,0                   |
| NN у стані спокою, мс                         | 1,2                 | 63,7                   |
| NN після навантаження, мс                     | 1,4                 | 71,3                   |
| Q пн., ум. од.                                | 1,1                 | 57,8                   |
| Q ср., ум. од.                                | 1,2                 | 62,4                   |
| Q суб., ум. од.                               | 1,5                 | 79,3                   |

*Другий спосіб побудови моделі ПФН.*

Для виявлення основних факторів, які зумовлюють ПФН, був використаний факторний аналіз з використанням методу головних компонентів.

Для аналізу були обрані показники шляхом експертної оцінки, які найоб'єктивніше відображають міру психологічних та фізіологічних витрат та міру напруження організму здобувачів ЗСО. Інтерпретація головних факторів після обертання факторної матриці за критерієм Varimax normalized дозволив виділити чотири фактори з власним навантаженням більше 1,0 (таблиця 2).

Власні числа для усіх чотирьох факторів перевищують одиницю, тому усі вони мають право на існування за даним критерієм відбору факторів. Загальна сума дисперсій складає 68,4 %. Значення факторних навантажень – у таблиці 3.

Таблиця 2

**Результати первинної обробки показників психофізіологічного  
обстеження у цілому за допомогою факторного аналізу**

| Номер фактору | Власні числа | % загальної дисперсії | Кумулятивні власні числа | Накопичений % дисперсії |
|---------------|--------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1             | 2,334        | 25,939                | 2,334                    | 25,939                  |
| 2             | 1,744        | 19,379                | 4,079                    | 45,319                  |
| 3             | 1,075        | 11,941                | 5,153                    | 57,260                  |
| 4             | 1,007        | 11,189                | 6,160                    | 68,449                  |

Таблиця 3

**Значення факторних навантажень після обертання факторів  
методом Varimax normalized**

| Показник                     | Номер фактору |        |        |        |
|------------------------------|---------------|--------|--------|--------|
|                              | 1             | 2      | 3      | 4      |
| Q <sub>пн</sub>              |               | -0,698 |        |        |
| Q <sub>ср</sub>              |               | -0,798 |        |        |
| Q <sub>суб</sub>             |               | -0,703 |        |        |
| Нейротизм                    |               |        | -0,925 |        |
| Депресія                     |               |        |        | -0,851 |
| NN <sub>FON</sub> спокій     | -0,889        |        |        |        |
| ІВ спокій                    | 0,669         |        |        |        |
| NN <sub>FON</sub> активність | -0,862        |        |        |        |
| ІВ активність                | 0,654         |        |        |        |
| Заг. дис.                    | 2,298         | 1,689  | 1,072  | 1,101  |
| Доля заг.                    | 0,255         | 0,188  | 0,119  | 0,122  |

**Примітка:**

Q<sub>пн</sub> – коефіцієнт продуктивності розумової працездатності на початку навчального тижня;

Q<sub>ср</sub> – коефіцієнт продуктивності розумової працездатності у середині навчального тижня; Q<sub>суб</sub> – коефіцієнт продуктивності розумової працездатності наприкінці навчального тижня;

NN<sub>FON</sub> спокій, NN<sub>FON</sub> активність – середня довжина інтервалів RR послідовних циклів серцевих скорочень у стані спокою та під час інформаційної активності;

ІВ спокій, ІВ активність – індекс Баєвського (показник активності симпатичної нервової системи) – напруження організму у стані спокою та під час інформаційної активності.

Зважаючи на те, що для факторного аналізу необхідною умовою є наявність якомога менших парних кореляцій між вихідними ознаками, слід представити один і той же показник у різних станах як відносну величину або середнє значення за обставинами. Таким чином, показники

розумової працездатності протягом тижня слід представити як середнє арифметичне, а показники вегетативного забезпечення пізнавальної діяльності школярів – як відношення їх величин у стані активності до стану спокою:  $(Q_{\text{пн}}+Q_{\text{ср}}+Q_{\text{суб}})/3 = Q_{\text{ср}}$ ;  $NN_{\text{FON}}$  активність/ $NN_{\text{FON}}$  спокій =  $NN_{\text{від}}$ ;  $IB$  активність/ $IB$  спокій =  $IB_{\text{від}}$  (табл. 4).

Таблиця 4

**Значення факторних навантажень після обертання факторів методом Varimax normalized**

| Показник          | Номер фактору |               |               |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
|                   | 1             | 2             | 3             |
| Нейротизм         |               |               | <b>-0,875</b> |
| Депресія          |               | <b>-0,809</b> |               |
| $Q_{\text{ср}}$   |               | <b>0,673</b>  |               |
| $IB_{\text{від}}$ | <b>0,755</b>  |               |               |
| $NN_{\text{від}}$ | <b>-0,750</b> |               |               |
| Заг. дис.         | 1,179         | 1,181         | 1,075         |
| Доля заг.         | 0,236         | 0,236         | 0,215         |

Для визначення кількості факторів було використано прийом Кеттела – «критерій каменистого осипу». Так, власні числа змінних були відмічені на графіку у залежності від порядкового номеру фактору, причому проранжувавши їх спочатку у порядку зменшення значущості.

Кількість факторів була виділена за точкою перегину крутої ділянки графіку у положу ділянку. Перегин відбувається при  $k = 3$ . Тому кількість факторів була обмежена трьома (табл. 5).

Таблиця 5

**Результати первинної обробки показників психофізіологічних властивостей у цілому за допомогою факторного аналізу**

| Номер фактору | Власні числа | % загальної дисперсії | Кумулятивні власні числа | Накопичений % дисперсії |
|---------------|--------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1             | 1,198        | 23,964                | 1,198                    | 23,964                  |
| 2             | 1,181        | 23,614                | 2,379                    | 47,578                  |
| 3             | 1,056        | 21,118                | 3,435                    | 68,696                  |

Перший фактор, можна умовно назвати «фізіологічним маркером», який містить дві перемінні з позитивним та негативним значенням. У цілому «сила» фактору, або факторна вага, склала майже 24,0%. До складу першого фактору увійшли змінні, які характеризують

відношення показників варіабельності серцевого ритму у стані інформаційної активності до стану спокою: зміни середньої довжини інтервалів RR послідовних циклів серцевих скорочень під час інформаційної активності у порівнянні зі станом спокою, що відображає активність симпатичної нервової системи (факторне навантаження –  $-0,75$ ), зміни індексу Баєвського під час інформаційної активності, що відображає напруження організму у цілому ( $0,75$ ).

Другий фактор, який умовно можна назвати «психічний комфорт», має факторну вагу близьку до ваги першого фактору –  $23,6\%$ . Тобто, за «силою» перший та другий фактори є рівноцінними. Даний фактор представлений двома змінними – показником депресії з негативним значенням ( $-0,81$ ) та величиною середнього значення показників РП протягом тижня, навантаження якої складає  $0,67$ .

Третій фактор, вага якого складає  $21,0\%$  по суті відображає «індивідуально-типологічний маркер» і може мати трактування «емоційної стійкості». Даний фактор представлений показником нейротизму ( $-0,87$ ).

У результаті обробки даних психофізіологічного обстеження для хлопців і дівчат окремо було виділено також 3 основні фактори (таб. 6) для кожної статі, до яких входять змінні з навантаженням більше  $0,60$  (таб. 7).

Таблиця 6

**Результати первинної обробки показників  
психофізіологічного обстеження здобувачів ЗСО різної статі  
за допомогою факторного аналізу**

| Стать   | № фактору | Власні числа | % загальної дисперсії | Кумулятивні власні числа | Накопичений % дисперсії |
|---------|-----------|--------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| хлопці  | 1         | 1,25         | 24,97                 | 1,25                     | 24,97                   |
|         | 2         | 1,20         | 23,97                 | 2,45                     | 48,93                   |
|         | 3         | 1,06         | 21,17                 | 3,51                     | 70,10                   |
| дівчата | 1         | 1,17         | 23,45                 | 1,17                     | 23,45                   |
|         | 2         | 1,12         | 22,39                 | 2,29                     | 45,84                   |
|         | 3         | 0,99         | 19,78                 | 3,28                     | 65,62                   |

У здобувачів ЗСО різної статі «сили» виділених факторів мають наближені значення, але структура факторів у дівчат виявилася дещо іншою. Якщо у хлопців розподіл факторів відбувається за такою ж схемою як і для здобувачів у цілому і лише другий фактор має іншу полярність: фактор 1 – «фізіологічний маркер», фактор 2 – «психічний

дискомфорт», фактор 3 – «емоційна стійкість», то для дівчат фактором 1 є «психічний дискомфорт», який характеризується проявами депресії (0,73) та зниженням продуктивності розумової працездатності (-0,79), фактор 2 представлений лише однією змінною, але з високим факторним навантаженням (-0,81), яка відображає баланс симпатичної та парасимпатичної ланок вегетативної нервової системи та напруження організму під час навантаження у цілому (ІВ<sub>від</sub>). Враховуючи негативний знак навантаження, даний фактор умовно можна назвати «вегетативним балансом інформаційної діяльності». Третій фактор у дівчат також умовно можна назвати «емоційною стійкістю», але з іншою структурою, ніж у хлопців. Крім показника нейротизму (-0,66) до даної категорії входить величина NN<sub>від</sub>, причому з достатньо високим навантаженням (0,82). Незначні коливання NN під час інформаційної активності свідчать про відсутність стресової реакції на даний вид навантаження і навпаки – значне зниження даної величини вказує на емоційне збудження, стресові явища (даний показник – величина обернено пропорційна величині ЧСС).

Таблиця 7

**Значення факторних навантажень після обертання факторів методом Varimax normalized для груп різної статі**

| Змінні            | Хлопці |       |       | Дівчата |       |       |
|-------------------|--------|-------|-------|---------|-------|-------|
|                   | 1      | 2     | 3     | 1       | 2     | 3     |
| Нейротизм         |        |       | -0,85 |         |       | -0,66 |
| Депресія          |        | 0,82  |       | 0,73    |       |       |
| Q <sub>сер</sub>  |        | -0,71 | 0,67  | -0,79   |       |       |
| ІВ <sub>від</sub> | 0,77   |       |       |         | -0,81 |       |
| NN <sub>від</sub> | -0,76  |       |       |         |       | 0,82  |
| Заг. дис.         | 1,20   | 1,20  | 1,11  | 1,15    | 1,14  | 0,99  |
| Доля заг.         | 0,24   | 0,24  | 0,22  | 0,23    | 0,23  | 0,20  |

Враховуючи той факт, що у дослідженні прийняли участь здобувачі ЗСО, що відрізнялися за інтенсивністю рухової та інформаційної активності існує необхідність проведення факторного аналізу для різних груп.

Як видно, з таблиці 8, власні числа перших двох факторів в усіх виділених групах більше одиниці і лише треті фактори більшості категорій наближені до одиниці. Але, враховуючи той факт, що у структурі третіх факторів містяться змінні з високими факторними навантаженнями, вони мають право на існування.



Таблиця 8

**Результати первинної обробки психофізіологічних показників здобувачів ЗСО різних емпіричних груп за допомогою факторного аналізу**

|                    | Власні числа |      |      | % загальної дис. |       |       | Нак. % дисперсії |       |       |
|--------------------|--------------|------|------|------------------|-------|-------|------------------|-------|-------|
|                    | I            | II   | III  | I                | II    | III   | I                | II    | III   |
| ОГ                 | 1,47         | 1,20 | 0,96 | 29,40            | 23,90 | 19,14 | 29,40            | 53,31 | 72,44 |
| ОГ <sub>хл</sub>   | 1,76         | 1,21 | 0,92 | 35,20            | 24,25 | 18,35 | 35,20            | 59,45 | 77,80 |
| ОГ <sub>дв</sub>   | 1,81         | 1,14 | 0,99 | 36,20            | 22,83 | 19,85 | 36,20            | 59,03 | 78,88 |
| ГП <sub>1</sub>    | 1,32         | 1,10 | 0,94 | 26,43            | 22,01 | 18,74 | 26,43            | 48,44 | 67,19 |
| ГП <sub>1 хл</sub> | 1,32         | 1,09 | 0,96 | 26,36            | 21,80 | 19,22 | 26,36            | 48,16 | 67,38 |
| ГП <sub>1 дв</sub> | 1,52         | 1,39 | 0,94 | 30,30            | 27,72 | 18,86 | 30,30            | 58,03 | 76,89 |
| ГП <sub>2</sub>    | 1,37         | 1,34 | 1,12 | 27,47            | 26,73 | 22,32 | 27,47            | 54,20 | 76,52 |
| ГП <sub>2 хл</sub> | 1,56         | 1,47 | 1,05 | 31,22            | 29,41 | 20,93 | 31,22            | 60,63 | 81,56 |
| ГП <sub>2 дв</sub> | 1,50         | 1,24 | 0,97 | 30,04            | 24,82 | 19,46 | 30,04            | 54,86 | 74,32 |

Факторний аналіз показників ПФН для категорій різних груп дослідження дозволив виділити наступні фактори.

Як видно з таблиці 9, у ОГ фактор 1, який можна назвати «вегетативним забезпеченням РП», представлений показником продуктивності РП (Q) з факторним навантаженням –  $-0,89$  та величиною  $NN_{\text{від}}$  (0,68).

Фактор 2 характеризує «депресивне напруження» і представлений двома змінними – показником депресії (0,69) та величиною  $IV_{\text{від}}$  (0,88).

Фактор 3 відображає «емоційну стійкість» і представлений величиною нейротизму з негативним значенням факторного навантаження ( $-0,97$ ).

Аналіз статевих відмінностей виявив деякі особливості за розподіленням факторів. Так, якщо у хлопців фактори ПФН мають структуру, подібну до факторної структури ОГ у цілому, то у дівчат дещо інша картина: фактор 1 «Емоційна нестійкість під час інформаційної діяльності» представлений величиною нейротизму (0,84) та  $Q_{\text{сер}}$  (0,87); фактор 2 «вегетативне забезпечення невротичних змін», що характеризується змінами вегетативного балансу за показником  $NN_{\text{від}}$  (0,87) під час прояву невротичних порушень депресивного характеру (0,78). Фактор 3 представлений у дівчат ОГ величиною  $IV_{\text{від}}$  (0,98) і може трактуватися як «вегетативний дисбаланс» під час пізнавальної активності.

**Значення факторних навантажень після обертання факторів  
методом Varimax normalized**

| група           | Фактор            | У цілому     |              |              | Хлопці       |              |              | Дівчата      |              |              |
|-----------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                 |                   | 1            | 2            | 3            | 1            | 2            | 3            | 1            | 2            | 3            |
| ОГ              | Нейротизм         |              |              | <b>-0,97</b> |              |              | <b>-0,95</b> | <b>0,84</b>  |              |              |
|                 | Депресія          |              | <b>0,69</b>  |              |              | <b>0,69</b>  |              |              | <b>0,78</b>  |              |
|                 | Q <sub>сер</sub>  | <b>-0,89</b> |              |              | <b>-0,79</b> |              |              | <b>0,87</b>  |              |              |
|                 | ІВ <sub>від</sub> |              | <b>0,88</b>  |              |              | <b>0,89</b>  |              |              |              | <b>0,98</b>  |
|                 | NN <sub>від</sub> | <b>0,68</b>  |              |              | <b>0,86</b>  |              |              |              | <b>0,87</b>  |              |
| ГП <sub>1</sub> | Нейротизм         |              | <b>0,77</b>  |              |              |              | <b>-0,96</b> |              |              | <b>-0,95</b> |
|                 | Депресія          | <b>0,73</b>  |              |              |              | <b>-0,67</b> |              |              | <b>0,75</b>  |              |
|                 | Q <sub>сер</sub>  |              | <b>-0,70</b> |              |              | <b>0,74</b>  |              | <b>0,62</b>  |              |              |
|                 | ІВ <sub>від</sub> | <b>0,77</b>  |              |              |              |              |              |              | <b>0,87</b>  |              |
|                 | NN <sub>від</sub> |              |              | <b>0,99</b>  | <b>-0,91</b> |              |              | <b>0,84</b>  |              |              |
| ГП <sub>2</sub> | Нейротизм         |              | <b>-0,81</b> |              | <b>-0,86</b> |              |              | <b>-0,84</b> |              |              |
|                 | Депресія          |              | <b>0,81</b>  |              | <b>0,88</b>  |              |              |              | <b>0,79</b>  |              |
|                 | Q <sub>сер</sub>  |              |              | <b>-0,94</b> |              |              | <b>-0,97</b> |              | <b>-0,78</b> |              |
|                 | ІВ <sub>від</sub> | <b>0,78</b>  |              |              |              | <b>0,78</b>  |              |              |              | <b>-0,98</b> |
|                 | NN <sub>від</sub> | <b>-0,83</b> |              |              |              | <b>-0,88</b> |              | <b>-0,68</b> |              |              |

У учнів ГП<sub>1</sub> ведучим фактором є «депресивне напруження», який характеризується проявами депресії (0,73) на напруженні ССС за показником ІВ<sub>від</sub> (0,77).

Фактор 2 включає показники нейротизму (0,77) та продуктивності РП (-0,70) і відображає «емоційну нестійкість під час пізнавальної діяльності».

Фактор 3 – «варіабельність серцевого ритму», що характеризується величиною NN<sub>від</sub> (0,99).

Структура факторів хлопців і дівчат також має деякі відмінності: якщо у хлопців факторами 1 і 2 є «варіабельність серцевого ритму» та «психічний комфорт» відповідно то у дівчат ними є «вегетативне забезпечення РП» та «депресивне напруження». Фактор 3 «емоційна стійкість» має однакову структуру як у хлопців, так і у дівчат.

Для учнів ГП<sub>2</sub> фактори ПФН розподілилися наступним чином: фактор 1 («фізіологічний маркер») відображає фізіологічну складову, що представлена показниками вегетативного забезпечення – ІВ<sub>від</sub> (0,78) та NN<sub>від</sub> (-0,83), другим фактором є «емоційна стійкість» та фактор 3 – «фактор розумової працездатності». Причому, у хлопців головним фактором можна вважати «емоційну стійкість», що представлена

показниками нейротизму (-0,86) та депресії (0,88), а у дівчат ведучим фактором є «вегетативне забезпечення емоційної стійкості», структура якого складається з двох компонентів: нейротизму (-0,84) та  $NN_{\text{від}}$  (-0,68).

Наступним етапом було створення моделі регресії з урахуванням перемінних, які пройшли факторний аналіз. На основі обраних показників були розраховані параметри моделі, значення яких представлені у таблиці 10. У цілому запропонована модель є вірогідною та адекватною ( $F = 42,26; p < 0,0001$ ).

Як видно з таблиці, продуктивність РП на початку тижня ( $Q_{\text{пн}}$ ), а також зміни показників середніх довжин інтервалів RR послідовних циклів серцевих скорочень у стані спокою ( $NN_{\text{FON}}$  спокій) та під час інформаційної активності ( $NN_{\text{FON}}$  активність) мають тенденцію впливати на ПФН ( $p_a > 0,05$ ), у той час, як вплив інших показників на нього у цілому виявився достовірним ( $p_a < 0,001$ ). Виключення складає лише показник продуктивності РП у середині тижня ( $Q_{\text{ср}}$ ), вірогідність впливу якого складає 0,04 ( $p_a < 0,05$ ). Але зважаючи на те, що у цілому модель вірогідна та адекватна, для побудови багатфакторної лінійної моделі усі змінні можна залишити.

Таблиця 10

**Параметри регресійної моделі психофізіологічної «ціни»  
пізнавальної діяльності учнів**

| Змінні                       | $\beta$ | $S_{\beta}$ | a             | $S_a$ | $t_a$  | $p_a$       | Дольові вклади |
|------------------------------|---------|-------------|---------------|-------|--------|-------------|----------------|
| Вільний член ( $a_0$ )       |         |             | <b>2,258</b>  | 0,27  | 8,37   | <b>0,00</b> |                |
| $Q_{\text{пн}}$              | -0,02   | 0,05        | <b>-0,001</b> | 0,00  | -0,34  | 0,73        | 0,031          |
| $Q_{\text{ср}}$              | -0,10   | 0,05        | <b>-0,009</b> | 0,01  | -2,07  | <b>0,04</b> | 1,123          |
| $Q_{\text{суб}}$             | -0,16   | 0,05        | <b>-0,014</b> | 0,00  | -3,24  | <b>0,00</b> | 2,833          |
| Нейротизм                    | 0,31    | 0,05        | <b>0,044</b>  | 0,01  | 6,81   | <b>0,00</b> | 10,306         |
| Депресія                     | 0,35    | 0,05        | <b>0,059</b>  | 0,01  | 7,44   | <b>0,00</b> | 12,847         |
| $NN_{\text{FON}}$ спокій     | -0,04   | 0,07        | <b>0,0002</b> | 0,00  | -0,52  | 0,60        | 0,156          |
| ІВ спокій                    | -0,54   | 0,05        | <b>-0,004</b> | 0,00  | -10,65 | <b>0,00</b> | 31,474         |
| $NN_{\text{FON}}$ активність | 0,04    | 0,07        | <b>0,0002</b> | 0,00  | 0,51   | 0,61        | 0,140          |
| ІВ активність                | 0,62    | 0,05        | <b>0,003</b>  | 0,00  | 11,82  | <b>0,00</b> | 41,090         |
|                              |         |             |               |       |        |             | 100,000        |

Найбільший вплив здійснюють показники індексів напруження ССС (ІВ спокій, ІВ активність), причому із співвідношень бета-коефіцієнтів видно, що вплив ІВ у стані активності у 1,15 раза більший, ніж у стані

спокою (0,62/0,54). А також вплив даних змінних майже у 2 рази перевищує вплив показників депресії та нейротизму ( $\beta = 0,35$  та  $\beta = 0,31$  відповідно).

Отже, рівняння регресійної моделі ПФН з урахуванням коефіцієнтів буде мати наступний вигляд:

$$y = 2,258 - 0,001x_1 - 0,009x_2 - 0,014x_3 + 0,044x_4 + 0,059x_5 + \\ + 0,0002x_6 - 0,004x_7 + 0,0002x_8 + 0,003x_9 \quad (2)$$

де  $y$  – ПФН;  $x_1$  –  $Q_{\text{пн}}$ ;  $x_2$  –  $Q_{\text{ср}}$ ;  $x_3$  –  $Q_{\text{суб}}$ ;  $x_4$  – нейротизм;  $x_5$  – депресія;  $x_6$  –  $NN_{\text{фон}}$  спокій;  $x_7$  –  $IB$  спокій;  $x_8$  –  $NN_{\text{фон}}$  активність;  $x_9$  –  $IB$  активність.

Враховуючи те, що для рівняння регресії не можна використовувати змінні одного порядку, слід показники, які відповідають даному критерію представити як середнє значення, або як співвідношення, так як це здійснено під час факторного аналізу. Тоді параметри регресійної моделі ПФН інформаційної діяльності учнів будуть мати значення, представлені у таблиці 11.

Таблиця 11

**Параметри регресійної моделі психофізіологічної «ціни»  
пізнавальної діяльності учнів**

| Перемінні         | $\beta$       | $S_{\beta}$ | $a$           | $Sa$  | $t_a$  | $p_a$ | Дольові вклади |
|-------------------|---------------|-------------|---------------|-------|--------|-------|----------------|
| Нейротизм         | <b>0,285</b>  | 0,032       | <b>0,067</b>  | 0,008 | 8,861  | 0,000 | <b>16,866</b>  |
| Депресія          | <b>0,166</b>  | 0,028       | <b>0,058</b>  | 0,010 | 6,043  | 0,000 | <b>5,760</b>   |
| $Q_{\text{ср}}$   | <b>-0,116</b> | 0,040       | <b>-0,019</b> | 0,006 | -2,903 | 0,004 | <b>2,796</b>   |
| $IB_{\text{від}}$ | <b>0,574</b>  | 0,058       | <b>1,663</b>  | 0,169 | 9,827  | 0,000 | <b>68,650</b>  |
| $NN_{\text{від}}$ | <b>0,169</b>  | 0,014       | <b>0,144</b>  | 0,012 | 12,025 | 0,000 | <b>5,928</b>   |
|                   |               |             |               |       |        |       | 100,000        |

Дана модель у цілому вірогідна і адекватна ( $F = 1432,6$ ;  $p < 0,0001$ ). Враховуючи, що усі перемінні незалежні, а також мають певну вагу (не може бути значення 0) рівняння регресії можна будувати без вільного члена. Отже, з урахуванням усіх вищезазначених критеріїв регресійна модель ПФН інформаційної діяльності здобувачів ЗСО буде мати такий вигляд:

$$\begin{aligned} & \text{ПФЦ} = \\ & = \log \left( 0,067x_1 + 0,058x_2 - 0,019 \frac{x_3 + x_4 + x_5}{3} + 1,663 \frac{x_6}{x_7} + 0,144 \frac{x_8}{x_9} \right) \quad (3) \end{aligned}$$

де  $x_1$  – нейротизм;  $x_2$  – депресія;  $x_3$  –  $Q_{\text{пн}}$ ;  $x_4$  –  $Q_{\text{ср}}$ ;  $x_5$  –  $Q_{\text{суб}}$ ;  $x_6$  – ІВ активність;  $x_7$  – ІВ спокій;  $x_8$  –  $NN_{\text{FON}}$  активність;  $x_9$  –  $NN_{\text{FON}}$  спокій.

Усі отримані показники, які є складовими інтегрального показника ПФН оброблені за обома отриманими математичними моделями, з наступним визначенням вартості напруження під час інформаційної діяльності кожного окремого здобувача за встановленим алгоритмом (табл. 12).

Логарифмування обох моделей дозволило обмежити кількість рівнів ПФН та зменшити їх діапазон.

Після здійснення даного прийому кількість рівнів та їх діапазони для обох моделей ПФН виявилися в однакових межах. Це дозволило створити єдиний варіант визначення приналежності величини ПФН кожного здобувача до певного її рівня не залежно від обраної математичної моделі.

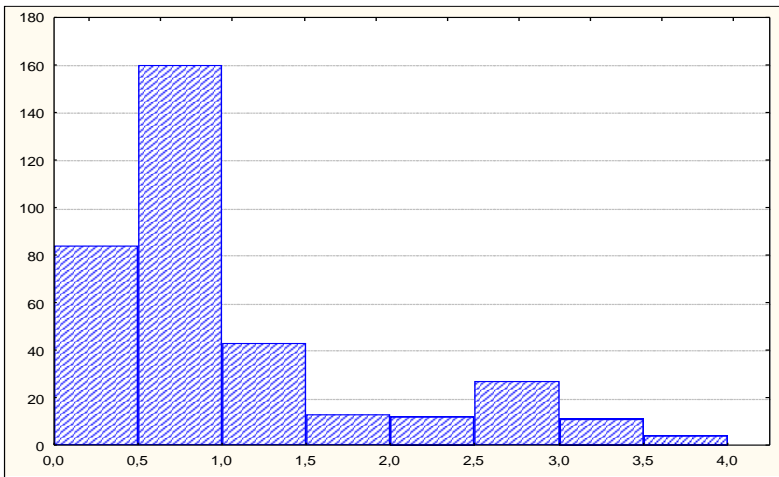
Таблиця 12

**Оцінка ПФН під час інформаційного навантаження**

| Кількість балів за ПФН  | Рівень ПФН | Якісна оцінка ПФН |
|-------------------------|------------|-------------------|
| < 1                     | I          | Низька            |
| $\geq 1$ , але < 2      | II         | Середня           |
| $\geq 2$ , але $\leq 3$ | III        | Висока            |
| > 3                     | IV         | Дуже висока       |

Градація ПФН здійснювалась за допомогою метода сигмального розподілення. Розрахунок показників ПФН здійснено за допомогою логарифмування вихідного розподілення ПФН, яке було ненормальним (рис. 1), а після зазначеної математичної дії стало нормальним логарифмічно.

Таким чином, II рівень відповідає середньому значенню  $\bar{x}$ , I рівень:  $\bar{x} - \sigma$ ; III рівень:  $\bar{x} + \sigma$ ; IV рівень:  $\bar{x} + 2\sigma$ .



**Рис. 1. Гістограма розподілу показників ПФН здобувачів ЗСО з різним інформаційним та фізичним навантаженнями**

Характеристика рівнів ПФН під час інформаційного навантаження:

**I** – низький рівень ПФН характеризується незначним напруженням основних регуляторних систем організму під час виконання інформаційного навантаження та протягом тижневої навчальної діяльності, що свідчить, з одного боку – про високі адаптаційні можливості організму до інтенсивних інформаційних навантажень – у тому випадку, коли академічна успішність та якість виконуваної роботи оцінюються на оцінку «відмінно» або «добре»; з іншого – про недостатню активність мотиваційно-вольової сфери здобувача або низький розумовий потенціал (що необхідно враховувати під час характеристики ПФН кожного індивіда), що у свою чергу відбивається на якості навчання.

**II** – середній рівень ПФН характеризується наявністю напруження з боку нервової та серцево-судинної системи, але не призводить до розумової втоми та виснаження основних регуляторних систем організму, розглядається як гармонійне співвідношення інтенсивності інформаційного навантаження та психофізіологічних можливостей організму за умов достатньої та високої ефективності навчання.

**III** – високий рівень – свідчить про низький рівень адаптаційного потенціалу організму до інформаційних навантажень, зниження рівня функціонального та психофізіологічного стану, наявність невротичних розладів, зниження загального тонуусу організму, що у свою чергу є критерієм для реабілітаційних, відновлювальних заходів, спрямованих

на ліквідацію та профілактику у подальшому розумовій втомі з урахуванням індивідуальних особливостей кожного індивіда.

**IV** – дуже високий рівень – вказує на наявність гострих порушень або зривів адаптаційних механізмів організму, крім того, може свідчити про наявність патологічних змін, що потребує додаткових обстежень та аналізу стану здоров'я.

## **ВИСНОВКИ**

Таким чином, діагностика психофізіологічних властивостей до та під час певних навантажень дозволяє визначати міру напруження організму людини під час певної діяльності за допомогою попередньо розробленої моделі зазначеного напруження. Алгоритм розробки подібної моделі полягає у першочерговому визначенні «маркерів» напруження шляхом факторного аналізу масиву отриманих даних. На їх основі існує можливість розробки математичної формули за допомогою регресійного аналізу математичної статистики. Не зважаючи на велику кількість показників властивостей і функцій, які визначалися у ході дослідження, до регресійної моделі увійшли лише показник варіабельності серцевого ритму, показники розумової працездатності у динаміці тижня, рівень нейротизму та один із показників прояву граничних невротичних розладів – депресії.

Результати первинної обробки психофізіологічних показників здобувачів ЗСО різних емпіричних груп за допомогою факторного аналізу дають підстави стверджувати, що факторні навантаження та їх першочерговість і групування залежать від статі, інтенсивності фізичних та розумових навантажень.

Оцінка міри напруження організму здобувачів ЗСО під час інформаційних напружень, а також виведені градації її рівнів дозволять своєчасно запобігти виснаженню організму, розумовій втомі та перевтомі шляхом впровадження корекційних і профілактичних заходів, що надзвичайно актуально в умовах дистанційного навчання та надмірного використання засобів інформаційних технологій.

## **АНОТАЦІЯ**

У монографії представлено алгоритм розробки математичних моделей психофізіологічного напруження під час інформаційного навантаження здобувачів ЗСО з різною інтенсивністю інформаційних та фізичних навантажень. Дане дослідження дозволило визначити змінні, які визначають міру психофізіологічного напруження.

Регресійні моделі були створені з урахуванням змінних, які пройшли кореляційний і факторний аналіз. На основі обраних показників

показано два способи розрахунку параметрів моделі. Результати дозволили встановити залежність різних функцій і властивостей, які беруть участь у забезпеченні діяльності. Регресійні моделі психофізіологічного напруження будуть мати різне наповнення змінних залежно від статі, інтенсивності інформаційного та фізичного навантажень. До змінних, які найчастіше включаються в регресійні моделі, тобто є найважливішими «маркерами» міри психофізіологічного напруження здобувачів ЗСО є: показники варіабельності серцевого ритму, наявність граничних невротичних розладів, рівень нейротизму та показники продуктивності розумової працездатності.

### Література

1. Корольчук М. Психофізіологія діяльності: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ, 2009. 400 с.
2. Hillman C. H., Schott N. Der zusammenhang von fitness, kognitiver leistungsfähigkeit und gehirnzustand im schulkindalter. Konsequenzen für die schulische leistungsfähigkeit. *Sportpsychol.* 2015. № 20. P. 33–41. DOI: 10.1026/1612-5010/a000085.
3. De Franchis V., Usai M. C., Viterbori P., Traverso L. Preschool executive functioning and literacy achievement in grades 1 and 3 of primary school: A longitudinal study. *Learning and Individual Differences.* 2017. № 54. P. 184–195. DOI: 10.1016/j.lindif.2017.01.026
4. Alesi M., Bianco A., & Padulo J., Vella, F. P., Petrucci, M., Paoli, A., Palma A., Pepi, A. Motor and cognitive development: The role of karate. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014. № 4. P. 114–120. DOI: 10.11138/mltj/2014.4.2.114.
5. Drollette E. S., Scudder M. R., Raine L. B., Moore R. D., Saliba B. J., Pontifex M. B., Hillman C. H. Acute exercise facilitates brain function and cognition in children who need it most: An ERP study of individual differences in inhibitory control capacity. *Developmental Cognitive Neuroscience.* 2014. № 7. P. 53–64. DOI: 10.1016/j.den.2013.11.001
6. Jäger K., Schmidt M., Conzelmann A., Roebbers C. M. Cognitive and physiological effects of an acute physical activity intervention in elementary school children. *Frontiers in Psychology.* 2014. № 5. 1473 p. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01473
7. Van der Niet A. G., Smith J., Scherder E. J.A., Oosterlaan J., Hartman E., Visscher C. Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *J. Sci. Med. Sport.* 2015. № 18. P. 673–677. DOI: 10.1016/j.jsams.2014.09.006.
8. Vernon-Feagans L., Willoughby M., Garrett-Peters P. Predictors of behavioral regulation in kindergarten: Household chaos, parenting, and early



executive functions. *Developmental Psychology*. 2016. № 52 (3), P. 430–441. <https://doi.org/10.1037/dev0000087>.

9. Zelazo P. D., Forston J. L., Masten A. S., Carlson S. M. Mindfulness plus reflection training: Effects on executive function in early childhood. *Frontiers in Psychology*. 2018. № 9. 208 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00208>.

10. Mullane J. C., Lawrence M. A., Corkum P. V., Klein R. M. The development of and interaction among alerting, orienting, and executive attention in children. *Child Neuropsychol*. 2006. № 22. P. 155–176. DOI: [10.1080/09297049.2014.981252](https://doi.org/10.1080/09297049.2014.981252)

11. Blair C., & Cybele Raver C. School readiness and self-regulation: A developmental psychobiological approach. *Annual Review of Psychology*. 2015. № 66. P. 711–731. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010814-015221>

12. Schmidt M., Jager K., Egger F., Roebbers C. M., Conzelmann A. Cognitively Engaging Chronic Physical Activity, But Not Aerobic Exercise, Affects Executive Functions in Primary School Children: A Group-Randomized Controlled Trial. *J. Sport Exerc. Psychol*. 2015. № 37. P. 575–591. DOI: [10.1123/jsep.2015-0069](https://doi.org/10.1123/jsep.2015-0069).

13. Constantinidis C., Klingberg T. The neuroscience of working memory capacity and training. *Nature Reviews Neuroscience*. 2016. № 17 (7). P. 438–449. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.43>

14. Carson V., Hunter S., Kuzik N., Wiebe S. A., Spence J. C., Friedman A., Tremblay M. S., Slater L., Hinkley T. Systematic review of physical activity and cognitive development in early childhood. *J. Sci. Med. Sport*. 2016. № 19. P. 573–578. DOI: [10.1016/j.jsams.2015.07.011](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.07.011).

15. Nakamichi K. (2017). Differences in children’s peer preference by inhibitory control and emotion regulation. *Psychological Reports*. 2017. № 120. P. 805–823. DOI: [10.1177/0033294117709260](https://doi.org/10.1177/0033294117709260)

16. Merrill K. L., Smith S. W., Cumming M. M., Daunic A. P. A review of social problem-solving interventions: Past findings, current status, and future directions. *Review of Educational Research*. 2017. № 87. P. 71–102. DOI: [10.3102/0034654316652943](https://doi.org/10.3102/0034654316652943)

17. Braun S. S., Roeser R. W., Mashburn A. J., Skinner E. Middle school teachers’ mindfulness, occupational health and well-being, and the quality of teacher-student interactions. *Mindfulness*. 2019. № 10 (2). P. 245–255. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12671-018-0968-2>

18. Sviderskaya N. E., Antonov A. G. Influence of individual psychological features on the EEG spatial organization in nonverbal divergent thinking. *Hum Physiol*. 2008. № 34, P. 565–573. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0362119708050046>

19. Kunimasa S.A, Miyagi K., Shimoda H. Ishii Detection Method of Temporary Rest State While Performing Mental Works by Measuring Physiological Indices. *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. Understanding Human Cognition*, 8019 of the series Lecture Notes in Computer Science. 2013. P. 142–150. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39360-0\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39360-0_16)
20. Silvia P. J., Beaty R. E., Nusbaum E. C. Creative motivation: Creative achievement predicts cardiac autonomic markers of effort during divergent thinking. *Biological Psychology*. 2014. № 102. P. 30–37. DOI: 10.1016/j.biopsycho.2014.07.010
21. Siegle G. J., D’Andrea W., Jones N. Prolonged physiological reactivity and loss: Association of papillary reactivity with negative thinking and feelings. *International Journal of Psychophysiology*. 2015. № 98. P. 310–320. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2015.05.009
22. George L. Maddox. *A Comprehensive Resource in Gerontology and Geriatrics. The Encyclopedia of Aging*. New York. 2010. 1216 p.
23. Hassall C., Sherratt T. Statistical inference and spatial patterns in correlates of IQ. *Intelligence*. 2011. № 39 (5), 303–310. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2011.05.001>
24. Michael A., Woodley of Menie, Curtis S. France, are secular IQ losses biologically caused? *Intelligence*. 2015. № 53. P. 81–85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2015.08.009>
25. Sternberg R. J. Successful intelligence: A model for testing intelligence beyond IQ tests. *Psychology*. 2015. № 8 (2). P. 76–84. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejeps.2015.09.004>

**Information about the author:**

**Zaikina Hanna Leonidivna,**

<https://orcid.org/0000-0003-3094-4259>

Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor,  
Vice-Rector for Scientific-Pedagogical (Educational and Social) Work,  
Associate Professor at the Department of Public Health and Medical-  
Biological Fundamentals of Physical Culture  
Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko  
87, Romenska str., Sumy, 40002, Ukraine