















О.А. Шевченко<sup>1\*</sup>,   
 О.В. Шевяков<sup>2</sup>,   
 В.В. Корнієнко<sup>2</sup>,   
 І.А. Бурлакова<sup>2</sup>,   
 Я.А. Славська<sup>2</sup>,   
 Н.І. Жигайло<sup>3</sup>,   
 В.В. Вакулик<sup>4</sup>,   
 І.С. Остапенко<sup>5</sup>,   
 О.А. Герасимчук<sup>5</sup>,   
 Е.Ю. Дорошенко<sup>6</sup>,  
 В.В. Приходько<sup>7</sup>,   
 С.А. Чернігівська<sup>8</sup>,   
 О.М. Івченко<sup>9</sup>,   
 В.М. Тихонович<sup>10</sup>,   
 С.Б. Дорогань<sup>11</sup> 

## ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ СКЛАДОВІ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРІВ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ЯК ЧИННИК АВАРІЙНОСТІ В УМОВАХ ЗАГРОЗИ СОЦІАЛЬНОЇ КАТАСТРОФИ

Дніпровський державний медичний університет<sup>1</sup>  
 вул. Володимира Вернадського, 9, Дніпро, 49044, Україна  
 Дніпропетровський державний університет  
 внутрішніх справ<sup>2</sup>  
 пр. Гагаріна, 26, Дніпро, 49005, Україна  
 Львівський національний університет імені І. Франка<sup>3</sup>  
 вул. Університетська, 1, Львів, 79000, Україна  
 Дніпровський державний  
 аграрно-економічний університет<sup>4</sup>  
 вул. Сергія Єфремова, 25, Дніпро, 49600, Україна  
 Український державний університет  
 науки і технологій<sup>5</sup>  
 вул. Академіка В. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010, Україна  
 Запорізький державний  
 медико-фармацевтичний університет<sup>6</sup>  
 пр. Маяковського, 26, Запоріжжя, 69035, Україна  
 Придніпровська державна академія  
 фізичної культури і спорту<sup>7</sup>  
 вул. Набережна Перемоги, 10, Дніпро, 49094, Україна  
 Національний технічний університет  
 "Дніпровська політехніка"<sup>8</sup>  
 пр. Дмитра Яворницького, 19, Дніпро, 49005, Україна  
 Український державний  
 хіміко-технологічний університет<sup>9</sup>  
 пр. Гагаріна, 8, Дніпро, 49000, Україна  
 Харківський торговельно-економічний коледж  
 Державного торговельно-економічного університету<sup>10</sup>  
 пров. Отакара Яроша, 8, Харків, 61000, Україна  
 Донецький національний медичний університет<sup>11</sup>  
 вул. Юрія Коваленка, 4А,  
 м. Кропивницький, 25031, Україна

Dnipro State Medical University<sup>1</sup>  
 Volodymyra Vernadskoho str., 9, Dnipro, 49044, Ukraine  
 \*e-mail: toxysan@ukr.net  
 Dnipropetrovsk State University of Internal Affairs<sup>2</sup>  
 Haharina ave., 26, Dnipro, 49005, Ukraine  
 e-mail: mail@dduvs.in.ua  
 Ivan Franko National University<sup>3</sup>  
 Universytetska str., 1, Lviv, 79000, Ukraine  
 e-mail: zag\_kan@lnu.edu.ua  
 Dnipro state agrarian and economic university<sup>4</sup>  
 Serhiia Yefremova str., 25, Dnipro, 49600, Ukraine  
 e-mail: info@dsau.dp.ua  
 Ukrainian State University of Science and Technologies<sup>5</sup>  
 Akademika V. Lazariana str., 2, Dnipro, 49010, Ukraine  
 e-mail: kvpdit@gmail.com  
 Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University<sup>6</sup>  
 Maiakovskoho ave., 26, Zaporizhzhia, 69035, Ukraine  
 e-mail: pk@zsmu.zp.ua  
 Dnipro State Academy of Physical Culture and Sports<sup>7</sup>  
 Naberezhna Peremohy str., 10, Dnipro, 49094, Ukraine  
 e-mail: admin\_infiz@ukr.net  
 Dnipro University of Technology<sup>8</sup>  
 Dmytra Yavornytskogo ave., 19, Dnipro, 49005, Ukraine  
 Ukrainian State University of Chemistry and Technology<sup>9</sup>  
 Haharina ave., 8, Dnipro, 49005, Ukraine  
 Kharkiv Trade and Economics College of the State Trade  
 and Economics University<sup>10</sup>  
 Otakara Yarosha lane, 8, Kharkiv, 61000, Ukraine  
 e-mail: ntek@knu.edu.ua  
 Donetsk national medical university<sup>11</sup>  
 Yuriia Kovalenka str., 4A, Kropyvnytskyi, 25031, Ukraine

Цитування: *Медичні перспективи*. 2023. Т. 28, № 4. С. 107-117

Cited: *Medicni perspektivi*. 2023;28(4):107-117

**Ключові слова:** психофізіологічний потенціал, психологічний стан, оператори атомних електростанцій, методичний підхід, соціально-медична підтримка, психофізіологічне забезпечення

**Key words:** psychophysiological potential, psychological condition, operators of nuclear power plants, methodical approach, social and medical support, psychophysiological providing

**Реферат.** Психофізіологічні складові діяльності операторів атомних електростанцій як чинник аварійності в умовах загрози соціальної катастрофи. Шевченко О.А., Шевяков О.В., Корнієнко В.В., Бурлакова І.А., Славська Я.А., Жигайло Н.І., Вакулик В.В., Остапенко І.С., Герасимчук О.А., Дорошенко Е.Ю., Приходько В.В., Чернігівська С.А., Івченко О.М., Тихонович В.М., Дорогань С.Б. Мета дослідження – встановити особливості операторської праці та провідних факторів формування її психофізіологічної напруженості на атомних електростанціях в умовах загрози соціальної катастрофи у зв'язку з воєнними діями. Дослідження проводились на базі Запорізької та Хмельницької атомних електростанцій (АЕС) впродовж 2020-2021 років. Для вивчення динаміки психофізіологічного стану операторів АЕС використано вербально-комунікативний метод діагностики для збору відомостей про досліджуваних операторів з використанням «Google Form» та традиційні фізіологічні, психологічні та психофізіологічні методики. Проаналізовано соціально-демографічні особливості досліджуваних операторів блочного щита керування. Установлено, що серед обстежених були лише чоловіки (100%) віком 24-49 років та досвідом роботи від 4 до 20 років. Усі обстежені оператори (41 особа) – мешканці міста, із закінченою вищою освітою і сімейні. Використано методики психологічних (реактивна тривожність, самопочуття, активність, настрій, увага), фізіологічних (кардіографія, артеріальний тиск) та психофізіологічних (простих сенсомоторних та психофізичних) досліджень для емпіричної оцінки напруженості діяльності операторів блочного щита управління АЕС. Обстежено операторів, під час чергування яких фіксувалися помилки управління та передаварійні ситуації. Установлено, що психологічні, фізіологічні та психофізіологічні реакції цих операторів супроводжуються підвищеною реактивною тривожністю, погіршенням самопочуття, зниженням активності, настрою, скороченням функціональних резервів кардіореспіраторної системи, розумової та фізичної працездатності. Ці показники розглянуто як критерії розробки режимних заходів. Запропоновано при розробці заходів щодо оптимального відбору та розстановки операторських кадрів урахувати не тільки технологічні фактори, а й психофізіологічні особливості операторів у динаміці їхнього прояву. Функціональний стан операторів АЕС може бути оцінений за допомогою комплексу методів професійного відбору та професійної підготовки, що може привести до зменшення аварійності та зайвих витрат на перепідготовку. Очікуваними ефектами є також підвищення ефективності та якості операторської діяльності, продуктивності та надійності виконання виробничих завдань, збільшення професійного доволіття, зниження травматизму та професійно зумовленої захворюваності цих фахівців.

**Abstract.** Psychophysiological components of the activities of operators of nuclear power plants as a factor of accidents in the conditions of the threat of social catastrophe. Shevchenko O.A., Sheviakov O.V., Kornienko V.V., Burlakova I.A., Slavskaya Y.A., Zhyhaylo N.I., Vakulik V.V., Ostapenko I.S., Gerasimchuk O.A., Doroshenko E.Y., Prykhodko V.V., Chernihivska S.A., Ivchenko O.M., Tychonovych V.M., Dorogan S.B. The purpose of the study is to establish the peculiarities of operator's work and the leading factors of the formation of its psychophysiological tension at nuclear power plants in the conditions of the threat of social catastrophe in connection with military operations. The study was conducted at the Zaporizhzhya and Khmelnytsky nuclear power plants for the period of 2020-2021. To study the dynamics of the psychophysiological state of operators of nuclear power plants, a verbal-communicative diagnostic method was used to collect information about the operators investigated using Google Form and traditional physiological, psychological and psychophysiological methods. The socio-demographic features of the investigated operators of the block control panel were analyzed. It was established that men only (100%) aged 24-49 and with work experience from 4 to 20 years were among the examined. All surveyed operators (41 people) are residents of the city, with completed higher education and are family members. The methods of psychological (reactive anxiety, mood, activity, mood, attention), physiological (cardiography, blood pressure) and psychophysiological (simple sensorimotor and psychophysical) research methods were used to empirically assess the intensity of activity of the operators of the block control panel of nuclear power plants. There were examined operators, while on duty when control errors and pre-accident situations were recorded. It was established that the psychological, physiological and psychophysiological characteristics of these operators are followed by increased reactive anxiety, decreased indicators of well-being, activity, mood, reduction in functional reserves of the cardiorespiratory system, mental and physical capacity. These indicators are considered as criteria for the development of regulatory measures. It is proposed to take into account not only technological factors, but also the psychophysiological features of operators in the dynamics of their manifestation when developing measures for the optimal selection and personnel placement. The complex of methods for researching the functional state of operators can be used to optimize their professional selection and retraining, which can lead to reducing accidents and costs for professional training. The expected effect is an increase in the efficiency and quality of operator's activity, the productivity and reliability of the performance of production tasks, an increase in professional longevity, a decrease in rate and occupationally-related morbidity of these specialists.

В умовах загрози соціальної катастрофи у зв'язку з воєнними діями зростає значення людського фактора на виробництві. Необхідність

збереження та підтримки працездатності оператора при розробці та використанні соціотехнічних систем стає очевидною. Від вирішення цієї

проблеми залежить реалізація ефективності та надійності новітньої техніки та подальша безпечна її експлуатація [1]. Значення психофізіології операторської діяльності зростає від індивідуальної активності професіонала до міжособистісної взаємодії групового суб'єкта діяльності та його активності в соціумі.

Найбільш яскраво зазначені особливості проявляються в діяльності операторів атомних електричних станцій (АЕС). За допомогою операторської діяльності здійснюється взаємодія оператора з енергоблоком та іншими фахівцями, причому ефективність операторської діяльності визначається психофізіологічними особливостями, що не піддаються чіткій формалізації через високий рівень складності, неоднозначності, варіабельності та взаємної компенсації психологічних та фізіологічних процесів (особистісні особливості операторів).

Надійність операторської діяльності в аварійних ситуаціях забезпечується формуванням образу управління [4]. Оператор може уявити будь-яке обладнання, згорнувши або розгорнувши його [5, 6]. Але цього недостатньо для досягнення необхідного рівня безпеки [7, 8]. В умовах загрози соціальної катастрофи у зв'язку з воєнними діями аварійність значно зростає: у сфері енергетики половина аварій спричинена помилками управління операторів у стані стресу [9].

У науковій літературі не так багато робіт [1, 9, 15, 16], пов'язаних саме з психофізіологічним фактором аварійності на технічно і технологічно складних, масштабних підприємствах, у тому числі енергетичних. Цій проблемі й присвячено дослідження.

Мета дослідження – установити особливості операторської праці та чинників її психофізіологічної напруженості на атомних електростанціях в умовах загрози соціальної катастрофи у зв'язку з воєнними діями.

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились протягом 2020-2021 років на Запорізькій (ЗАЕС) та Хмельницькій (ХАЕС) атомних електростанціях України в період загрози соціальної катастрофи у зв'язку з очікуваним посиленням воєнних дій (зовнішньої збройної експансії). Для з'ясування особливостей операторської діяльності авторами здійснено аналіз алгоритмів роботи провідних операторів шляхом складання ергономічних контрольних карток, а також апробовано методичний підхід до діагностики психофізіологічного стану операторів та отримання критеріїв сформованості його складових як чинника аварійності.

Проведено отримання емпіричного матеріалу про психофізіологічний функціональний стан операторів у реальному часі, для чого було визначено низку завдань:

- визначення динаміки реактивної та особистої тривожності (методика Ч. Спілбергера - Ю. Ханіна);
- вивчення динаміки самооцінки психологічного стану операторів за методикою “Самопочуття, активність, настрої” (САН);
- дослідження динаміки напруженості концентрації уваги операторів протягом робочого дня за допомогою коректурної проби Бурдона;
- визначення динаміки фізіологічних та психофізіологічних показників функціонального стану операторів (варіативність кардіоінтервалів, систолічного та діастолічного артеріального тиску, латентних періодів простих сенсомоторних (зоровомоторних та слухомоторних) реакцій, критичної частоти злиття світлових миготінь (КЧЗСМ), сили кистьових м'язів та витривалості кисті (кистьова динамометрія).

Усі використані методики є загальновищезначеними та стандартизованими [9].

Обстежено операторів трьох змін першого блоку щита управління двох електростанцій у кількості 41 особа (чоловіча вибірка) віком від 24 до 49 років, що становить 68% від загального складу оперативного персоналу. Дослідження проводили з урахуванням змінності їх праці (три зміни). При цьому було отримано письмову згоду операторів на проведення та оприлюднення результатів дослідження.

Вибір методів дослідження динаміки психофізіологічного стану оперативного персоналу атомних електростанцій ґрунтується на показниках їх прогностичної цінності, виходячи з оптимальної тривалості їх проведення, що дозволяє не відволікати надовго (4-5 хвилин) операторів від процесу керування. Дослідження повторювалися чотири рази протягом виробничої зміни, винятком була коректурна проба Бурдона, яка апробована тричі лише з однією зміною.

Окремо обстежено операторів енергоблоків (20 осіб), помилки управління яких, за висновком спеціальних комісій, спричинили передаварійні ситуації (основна група), хоча ці фахівці і продовжували працювати операторами, регулярно проходячи планове психофізіологічне обстеження. Контрольну групу склали оператори, які після проходження планових психофізіологічних спостережень у період професійної підготовки на базі навчально-тренувального центру успішно працювали операторами енергоблоків без помилок управління. Помилки в діях операторів

визначалися експертами спеціальних комісій шляхом цілозмісних спостережень, заповнення ергономічних контрольних карт та контент-аналізу алгоритмів управління [9]. Основна та контрольна вибірки досліджуваних були однорідними за віком та досвідом роботи.

Для опрацювання отриманих результатів використано загальноприйняті методи варіаційної описової статистики. Математико-статистичний метод дослідження використовувався для перевірки нормальності розподілу даних, підтвердження/спростовування їх репрезентативності, вірогідності розбіжностей між групами порівняння, пошуку взаємозв'язків та факторів, що можуть виступати як психофізіологічні складові діяльності операторів як чинника аварійності. Після перевірки нормальності розподілу даних розраховували середнє арифметичне (M) та помилку середнього арифметичного (m). Для оцінки валідності та надійності методик використовувався кореляційний аналіз за Пірсоном [3].

У процесі роботи всі отримані дані в цифровій формі заносилися в окрему базу емпіричної інформації. Зведені таблиці створено з використанням програми MS Excel v.8.0.3. Обробка отриманих даних здійснювалась за допомогою пакетів програм SPSS 16.0 та MS Excel v.8.0.3. Аналіз нормальності розподілу проводився за допомогою пакету STATISTICA 8.0 з відкритою ліцензією для некомерційного використання [2, 3].

Репрезентативність вибірки у групах порівняння визначалася методом контролю над по-

точною імовірністю, що надало змогу забезпечити вірогідність результатів та не допустити невинного зростання вибірок.

Проведене дослідження передбачало оформлення інформованих згод його учасників та повною мірою відповідало основним біоетичним вимогам Гельсінської декларації, Конвенції Ради Європи про права людини і біомедицину, провідним положенням ВООЗ і МОЗ України, а також етичним стандартам, які встановлені Комісією з питань етики Дніпровського державного медичного університету (протокол № 10 від 02.06.2022 року).

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як показує контент-аналіз ергономічних контрольних карт та посадових інструкцій операторів, блоковий щит управління АЕС є місцем максимального інформаційного та психофізіологічного навантаження, оскільки саме тут здійснюється контроль та управління реакторною установкою (рис. 1). Сюди стікається вся інформація про стан та перебіг технологічних процесів у реакторному відділенні та звідси ведеться безпосередній контроль за його діяльністю. На блоковому щиті управління постійно перебуває зміна у складі: начальник зміни блоку; начальник зміни реакторного цеху; провідний інженер з управління реактором; провідний інженер з управління турбіною; старший машиніст турбінного цеху та два підмінні оператори.

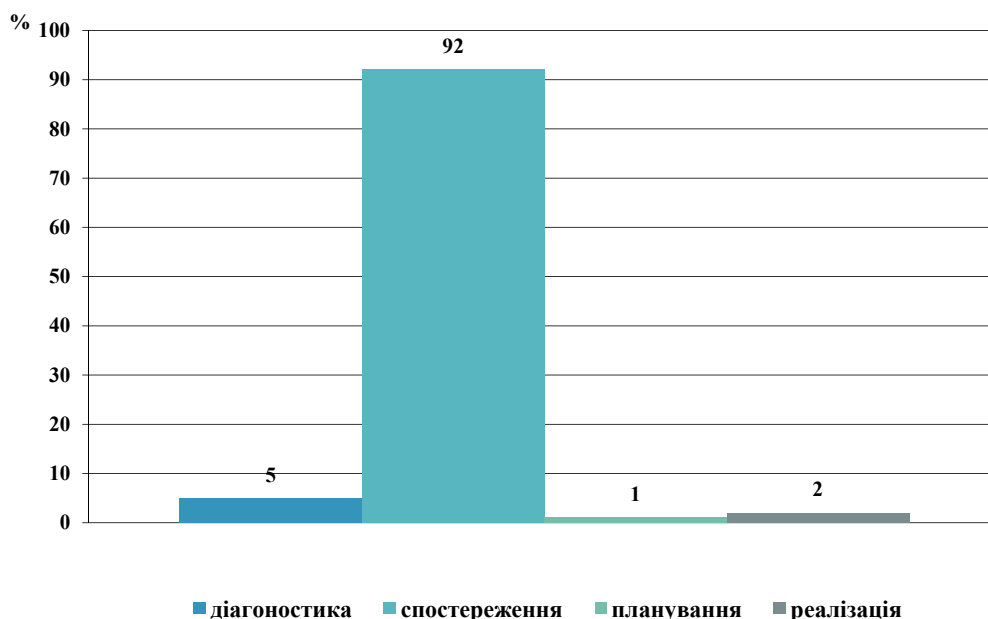


Рис. 1. Розподіл за часом основних фаз діяльності оператора АЕС у нормальному режимі управління, %

Оператори здійснюють контроль за роботою реакторної установки, а також управління коригуваннями, змінами нейтронної потужності, регламентними операціями, перемиканням у технологічних системах тощо. Інструкції написані з позицій ортодоксального біхевіоризму з типовою для нього формулою S→R: є обов'язок, а в разі його невиконання накладаються штрафні санкції. Посадові інструкції не містять відомостей про вимоги до основних психофізіологічних параметрів стану людини. Практика аналізу ергономічних контрольних карт показує, що для роботи у високоавтоматизованих системах, пов'язаних з ризиком та великою ціною помилкових дій, є необхідність введення функціональної експрес-діагностики людини-оператора за фізіоло-

гічними, психологічними та психофізіологічними показниками. У фізіології праці, психофізіології та ергономії вважається загальноновизнаним фактом вплив функціонального стану оператора на ефективність його діяльності.

Аналіз алгоритмів управління показує, що діяльність операторів АЕС можна вважати очікуванням аварійно небезпечних зрушень параметрів устаткування (табл. 1). Їх виникнення унеможливує ліквідацію невідповідностей автоматикою і спричинює дії операторів. Черговий персонал енергосистеми (черговий інженер станції, черговий щита управління підстанції, начальник зміни) також можуть бути віднесені до операторського складу.

Таблиця 1

## Професіограма діяльності оператора атомної електростанції

Найменування одиниці діяльності	Результати виконання одиниці діяльності	Фактори, що ускладнюють виконання одиниці діяльності
Приймання та переробка оперативної інформації	Формування концептуальної моделі оперативної ситуації	Проектування, виготовлення системи відображення інформації без урахування ергономічних вимог, невміння взаємодіяти з інформаційною моделлю, формувати образно-концептуальну модель
Аналіз оперативної ситуації	Оцінка ступеня відхилення значень параметрів від заданих. Виявлення причин відхилення	Динаміка розвитку відхилення. Обсяг інформації, яку слід переробляти. Невідповідність психофізіологічних та особистісних особливостей оператора вимогам діяльності. Кількість причинно-наслідкових зв'язків
Ухвалення рішення	Алгоритм керувальних впливів	Рівень складності алгоритму керувальних впливів. Дефіцит часу
Реалізація ухваленого рішення	Досягнення відповідності реальних значень параметрів та вимог до них	Невідповідність блокового щита керування ергономічним вимогам. Дефіцит часу. Психофізіологічна невідповідність оператора режиму діяльності. Несформованість професійних навичок

Максимально можливе ускладнення обстановки під час експлуатації АЕС – це аварія (рис. 2). Вона як складний психологічний та фізіологічний подразник часто не просто погіршує результати діяльності, а зумовлює неадекватну поведінку операторів.

Аналіз усієї сукупності функціональних об'єктів, характеру інтелектуальних, емоційних та сенсорних навантажень та режиму праці, з урахуванням їх впливу на центральну нервову систему, дозволяє стверджувати, що умови праці операторів

АЕС за напруженістю відповідають показникам 3 класу 2 ступеня, тобто є шкідливими (табл. 2).

Засвоєння професійних знань та навичок операторської праці відбувається шляхом формування складної функціональної системи. Воно детерміноване психофізіологічними характеристиками операторів впродовж навчально-тренувальної роботи, при цьому ефективність навчання визначається врахуванням індивідуально-психологічних (типологічних) особливостей, а також можливістю індивідуальної підготовки.

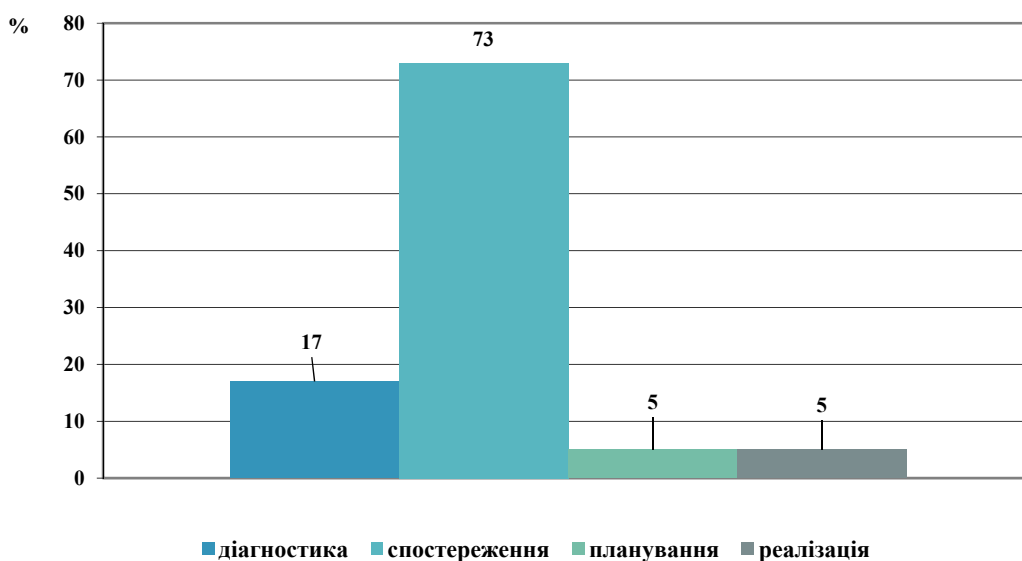


Рис. 2. Розподіл за часом основних фаз діяльності оператора АЕС в аварійному режимі, %

Посадові інструкції зобов'язують операторів здійснювати переробку інформації, яка надається на відеокadraх моніторів і стосується стану активної зони реактора (температури, витрати теплоносія, потужності реакторної установки, параметрів технологічних систем). Чотири основні дисплейні відеокadри контролюються оператором

постійно, кожні чотири години оператори переглядають інші відеокadри (усього їх 64). На кожному відеокadрі від 20 до 30 параметрів, що підлягають аналізу (усього параметрів  $\approx 20000$ ). Існують також допоміжні монітори для отримання цифрової інформації, які використовуються для відстеження тенденцій зміни параметрів.

Таблиця 2

Умови праці операторів АЕС за окремими показниками напруженості

№	Показник напруженості трудового процесу	Характеристика показника	Клас умов праці
1	<i>Інтелектуальне навантаження</i>		
1.1	Зміст роботи**	Вирішення складних завдань з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій)	3.1
1.2	Сприймання сигналів (інформації) та їх оцінювання**	Сприймання сигналів з подальшим порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Остаточна оцінка фактичних значень параметрів	3.1
2	<i>Сенсорне навантаження</i>		
2.1	Тривалість зосередження уваги (у % від часу зміни)*	Більше 75,0	3.1
2.2	Спостереження за екранами відеотерміналів, годин на зміну**	Більше 6,0	3.2
3	<i>Емоційне навантаження</i>		
3.1	Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки**	Є відповідальним за функціональну якість кінцевої продукції, роботи, завдання. Неправильні рішення можуть призвести до пошкодження обладнання, зупинки технологічного процесу, можливої небезпеки для життя	3.2
3.2	Ступінь ризику для власного життя та життя інших осіб*	Вірогідний	3.2
4	<i>Режим праці</i>		
	Змінність роботи**	Тризмінна робота (з роботою в нічну зміну)	3.1
	Критерій визначення класу та ступеня з урахуванням коефіцієнтів		2,75
	Загальна оцінка умов праці за критерієм напруженості		3.2

Примітки: \* – показник є основним та оцінюється з коефіцієнтом 1,0; \*\* – показник є допоміжним та оцінюється з коефіцієнтом 0,15.



Час діяльності оперативного персоналу блокового щита управління АЕС розбитий на 15-добові цикли, що складаються з нічних, денних, вечірніх змін та вихідних днів.

Значення показників динаміки функціонального стану операторів атомних електростанцій, усереднені методами статистичної обробки, наведені в таблицях 3-7.

Ці дані свідчать про те, що самопочуття операторів знижується від початку до кінця роботи, становить від  $6,1 \pm 0,5$  бала (початок роботи першої зміни) до  $4,5 \pm 0,5$  бала,  $p < 0,05$  (кінець другої зміни) при максимумі 7 балів.

Активність є більш складним процесом, її динаміку можна інтерпретувати як стійке зниження (від  $5,4 \pm 0,5$  бала на початку другої зміни до  $4,5 \pm 0,5$  бала,  $p < 0,05$  наприкінці роботи), або як недостатнє зниження (від  $5,3 \pm 0,6$  бала на початку першої зміни до  $4,9 \pm 0,5$  бала,  $p > 0,05$  наприкінці роботи, причому середня активність операторів стабільно підтримувалася протягом 4-х годин праці). Аналогічна тенденція виявлена для третьої зміни (активність операторів коливається від  $5,3 \pm 0,5$  до  $4,8 \pm 0,5$  бала,  $p > 0,05$ ).

Динаміка настрою коливається найменшою мірою, помірно знижуючись від початку до кінця роботи: розмах коливань становить від  $5,5 \pm 0,2$  бала (третьа зміна, початок роботи) до  $4,6 \pm 0,5$  бала,  $p > 0,05$  (друга зміна, кінець роботи).

Акцентуємо особливу увагу на тенденції достовірного зростання реактивної тривожності операторів від початку до кінця роботи. Коливання тривожності становить від  $21,4 \pm 4,0$  бали в першій

зміні до початку праці до  $30,9 \pm 3,5$  бала,  $p < 0,05$  у другій зміні наприкінці робочого дня.

Динаміку концентрації уваги за допомогою коректурних проб Бурдона досліджено лише для однієї зміни на початку роботи, через чотири години безперервної діяльності та наприкінці роботи. Зафіксовано зміни показників продуктивності виконання завдань за одну хвилину протягом п'ятихвилинного тестування, а також допущені помилки та стійкість концентрованості уваги. Зазначимо, що до початку роботи загальна тенденція характеризується розкидом індивідуальних показників за стійкістю концентрації від  $79 \pm 3$  до  $663 \pm 5$  знаків,  $p < 0,01$ . Через чотири години безперервної роботи зафіксовано мінімальне значення стійкості концентрації уваги на рівні  $63 \pm 3$  знаки при максимумі оператора  $636 \pm 5$ . До кінця роботи максимум значень стійкості концентрації уваги відзначений на рівні  $1035 \pm 5$  знаків при мінімумі  $69 \pm 3$  знаки,  $p < 0,01$ . У всіх операторів встановлено тенденцію до достовірного зростання стійкості уваги від початку до кінця роботи (табл. 6).

Установлено, що коефіцієнт лінійної кореляції Пірсона між реактивною тривожністю та самопочуттям операторів атомних електростанцій коливається від  $-0,87$  до  $0,70$ , що вказує на можливість різноспрямованого кореляційного зв'язку між цими показниками (табл. 7) і його значну залежність від години доби. У зв'язку з цим подальший кореляційний аналіз решти показників не проводили.

Таблиця 3

Динаміка показників самопочуття, активності та настрою операторів АЕС ( $M \pm m$ ,  $n=61$ )

Оператори, група	Показники функціонального стану											
	самопочуття (бали)				активність (бали)				настрій (бали)			
	9 година	11 година	13 година	16 година	9 година	11 година	13 година	16 година	9 година	11 година	13 година	16 година
Зміна 1												
О	$4,5 \pm 0,2$	$4,4 \pm 0,1$	$4,3 \pm 0,1$	$4,1 \pm 0,1$	$4,0 \pm 0,1$	$4,0 \pm 0,1$	$4,0 \pm 0,1$	$3,5 \pm 0,3$	$4,0 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,1$	$3,7 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,3$
К	$6,1 \pm 0,2^*$	$6,0 \pm 0,2^*$	$5,9 \pm 0,2^*$	$5,5 \pm 0,3^*$	$5,3 \pm 0,3^*$	$5,4 \pm 0,2^*$	$5,4 \pm 0,2^*$	$5,0 \pm 0,2^*$	$5,3 \pm 0,1^*$	$5,1 \pm 0,2^*$	$5,0 \pm 0,3^*$	$5,0 \pm 0,3^*$
Зміна 2												
О	$5,5 \pm 0,2$	$5,3 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,3$	$4,5 \pm 0,2$	$5,4 \pm 0,2$	$5,1 \pm 0,2$	$4,7 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,2$	$5,1 \pm 0,2$	$4,8 \pm 0,2$	$4,6 \pm 0,2$
К	$6,3 \pm 0,2^*$	$6,2 \pm 0,2^*$	$6,0 \pm 0,2^*$	$6,5 \pm 0,2^*$	$6,4 \pm 0,2^*$	$6,0 \pm 0,2^*$	$6,5 \pm 0,2^*$	$6,5 \pm 0,2^*$	$6,1 \pm 0,2^*$	$6,1 \pm 0,2^*$	$6,7 \pm 0,2^*$	$6,5 \pm 0,2^*$
Зміна 3												
О	$3,8 \pm 0,2$	$3,7 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,2$	$3,4 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,2$	$3,3 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,2$	$3,4 \pm 0,2$	$3,3 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,2$
К	$5,3 \pm 0,2^*$	$5,2 \pm 0,2^*$	$4,7 \pm 0,1^*$	$4,7 \pm 0,1^*$	$5,3 \pm 0,2^*$	$5,0 \pm 0,2^*$	$5,1 \pm 0,1^*$	$4,8 \pm 0,2^*$	$5,5 \pm 0,1^*$	$5,0 \pm 0,2^*$	$5,0 \pm 0,2^*$	$4,8 \pm 0,2^*$

Примітки: О – основна група операторів; К – контрольна група; значущість міжгрупової різниці: 0,95 (\*) з контролем; тут і далі показано години доби.

Психофізіологічні показники операторів атомних електростанцій ( $M \pm m$ ,  $n=61$ )

Показник, група	Перед початком роботи	Під час роботи			Після роботи
		на початку	в середині	наприкінці	
R-R, інтервал, с	О	0,8±0,1	0,7±0,1	0,6±0,1	0,5±0,2
	К	1,0±0,1*	0,9±0,1*	0,8±0,2*	0,7±0,2*
AT <sub>c</sub> , мм рт. ст.	О	130±5	130±5	140±5	140±5
	К	125±5	125±5	130±5	135±5
AT <sub>d</sub> , мм рт. ст.	О	75±5	75±5	75±5	85±5
	К	70±5	70±5	70±5	80±5
Ппульсовий тиск, мм рт. ст.	О	55±5	55±5	65±5	55±5
	К	55±5	55±5	60±5	55±5
М'язова сила, кг	О	55±5	53±4	48±5	35±5
	К	65±5*	63±5*	59±3	47±5*
Витривалість, с	О	28±5	25±5	23±3	18±5
	К	35±5*	34±5*	33±5*	27±5*
ЛП ПЗМР, мс	О	205±5	213±5	220±5	245±5
	К	180±5**	185±5**	190±5**	200±5**
ЛП ПСМР, мс	О	180±5	192±5	205±5	211±7
	К	160±5**	165±5**	170±5**	180±5**
КЧЗСМ, Гц	О	45±5	42±5	40±5	35±5
	К	55±5**	53±5**	51±5**	50±5**

Примітки: КЧЗСМ – критична частота злиття світлових миготінь; ЛП ПЗМР, ЛП ПСМР – латентні періоди простих зорово- та слухомоторних реакцій; значущість міжгрупової різниці: 0,99 (\*\*), 0,95 (\*) з контролем.

Як показано в таблиці 3, у всіх операторів тривалість кардіоінтервалів на електрокардіограмі знижується наприкінці зміни, відповідаючи по частішанню серцевої діяльності в середньому на 38%. Чутливими до навантажень стали показники м'язової сили кисті (зменшились наприкінці роботи на 36%) та витривалості (зменшились на 38%). Зміни психомоторики відбивають показники латентних періодів простих зорово-моторних (збільшилися на 15%) та слухомоторних (збільшилися на 18%) реакцій, а психофізичних функцій – показник критичної частоти злиття світлових миготінь (зменшився на 22% до кінця роботи). Виявлено тенденцію підвищення до кінця зміни рівня артеріального тиску (на 7-9%). Констатовано статистично значущу різницю в показниках м'язової сили кисті, витривалості та латентних періодів обох сенсомоторних реакцій на початку зміни. Це можемо пояснити накопиченням хронічної втоми

окремих операторів в умовах загрози соціальної катастрофи у зв'язку з воєнними діями і підтвердити це опитуваннями, але цей артефакт потребує подальших більш глибоких досліджень. Наявність такої різниці на початку дослідження дещо ускладнює, але не унеможлиблює подальший аналіз виявлених тенденцій.

Досліджуючи психофізіологічні характеристики операторів атомних електростанцій, ми встановили різні рівні їх сформованості в представників основної та контрольної груп (табл. 3, 4). Максимально така різниця виражена за показниками рівня концентрації уваги, психофізичних та психомоторних функцій ( $p < 0,01$ ). Менш значуще, хоч і з достатньою ймовірністю, виражені відмінності виявлено також в показниках самооцінки психологічного стану, тривожності, гемодинаміки та динамометрії ( $p < 0,05$ ).



Таблиця 5

Динаміка особистісної та реактивної тривожності операторів АЕС ( $M \pm m$ ,  $n=41$ )

Оператори	Показники особистісної тривожності (бали)	Показники реактивної тривожності (бали)			
		9 година	11 година	13 година	16 година
Зміна 1	37,6±1,8	21,4±4,0	22,4±4,0	21,1±3,5	24,1±4,0
Зміна 2	38,7±4,5	24,3±6,0	25,7±7,5	23,4±3,5	30,9±3,5*
Зміна 3	37,7±3,5	20,0±3,5	25,3±4,0	24,4±1,5	28,1±4,5*

Примітка. Значущість різниці в динаміці зміни: 0,95 (\*).

Отримані дані збігаються з даними І.А. Шрамка та Щу Гао Хан, отриманими на підприємствах металургійного та військового комплексу України та Китаю в довоєнний період та в умовах

загрози соціальної катастрофи [15, 16], а також мають спільні тенденції з даними О.В. Бабатенка, які отримані в харчовій промисловості [1].

Таблиця 6

Динаміка концентрації уваги операторів АЕС ( $M \pm m$ ,  $n=41$ )

Показники коректурної спроби								
кількість переглянутих знаків			кількість помилок			стійкість концентрації уваги		
9 година	13 година	16 година	9 година	11 година	16 година	9 година	11 година	16 година
1355±15	1343±15	1387±15	8,4±2,5	6,6±1,5	7,7±2,5	272,1±14,5	284,5±14,5	422,0±22,0*

Примітка. Значущість різниці в динаміці зміни: 0,95 (\*).

Виявлену тенденцію погіршення динаміки функціонального стану операторів ми пояснюємо саме впливом на працездатність зовнішнього фактора загрози соціальної катастрофи в період

війни, що також підтверджується численними дослідженнями професійного здоров'я фахівців у різних галузях [4-8, 10, 11-14].

Таблиця 7

## Коефіцієнт кореляції показників реактивної тривожності та самопочуття операторів АЕС (за Пірсоном)

Оператори ( $n=41$ )	Час роботи			
	9 година	11 година	13 година	16 година
Зміна 1	0,16	-0,23	-0,20	0,12
Зміна 2	-0,16	0,25	0,20	-0,20
Зміна 3	-0,87	0,70	0,44	0,18

Аналіз досліджень І.А. Шрамка [15] свідчить, що формування та підтримка необхідного рівня працездатності фахівців-операторів є основою самореалізації їхньої особистості протягом розвитку професіоналізму, що потребує, на наш

погляд, тривалого дослідження, нас цікавили здебільшого експрес-методи оцінки динаміки функціонального стану операторів. У сумісних дослідженнях з Щу Гао Хан [16] доведено, що особливо критичними є психологічні стани

хронічної втоми та перевтоми, які розвиваються в операторів, потребують формування системи саморегуляції та адекватного виробничій ситуації стилю поведінки. У процесі трудової діяльності, на наш погляд, це може призвести до неконструктивних дій та спотворення професіоналізму. Окрім того, на китайських операторів впливають неусвідомлені конфуціанські настанови, що дещо знижують гостроту проблеми несумлінного працівника, який припускає можливість значної кількості помилок управління.

Бабатенко О.В. [1] установив чинники, диференціально-діагностичні критерії, динамічні особливості та показники соціальної підтримки розвитку професіоналізму операторів у процесі трудової діяльності (самопочуття, активність, настрої, психологічне благополуччя, когнітивні фактори тощо). Це дозволяє тлумачити працездатність фахівців як здатність до оптимізації процесу, засобів та умов діяльності в сучасній соціотехнічній системі харчової промисловості, але не торкається проблем прогнозування аварійності.

Дослідниками професійного здоров'я [6,7] встановлено відмінності в рівнях функціональних станів фахівців у річному циклі діяльності за показниками суб'єктивної оцінки психологічного стану, психічних процесів (увага, пам'ять, мислення), психофізіологічних (психофізичних та психомоторних) функцій. Ними констатовано, що найсуттєвіші зв'язки зі складовими розвитку професіоналізму мають інформаційні чинники, що вказує на вектор у психофізіологічному супроводі операторської діяльності, оскільки допомагає оптимізувати робочу поведінку операторів з урахуванням впливів соціуму. Це потребує подальшої розробки пропонуваної нами ідеї психологічного забезпечення розвитку соціотехнічних систем діяльності.

#### ВИСНОВКИ

1. При формуванні операторського складу на атомних електростанціях, де технологічний процес характеризується складною високоавтоматизованою системою управління, в умовах загрози соціальної катастрофи у зв'язку з воєнними діями разом з техніко-технологічними факторами доцільним є врахування психологічних (тривожність, самооцінка психологічного стану, професійна увага), фізіологічних (кардіографія, гемодинаміка) та психофізіологічних (психофізика та психомоторика) особливостей операторів. Установлено помірно достовірні ( $p < 0,05$ ) зрушення психологічних показників операторів: самопочуття (від  $6,3 \pm 0,5$  до  $3,4 \pm 0,4$  бала), активності (від  $6,4 \pm 0,5$  до  $3,3 \pm 0,5$  бала), настрою (від  $6,1 \pm 0,5$  до  $3,2 \pm 0,5$  бала); фізіологічних

(варіативності кардіоінтервалів (від  $1,0 \pm 0,1$  до  $0,5 \pm 0,2$  с), м'язової сили (від  $65 \pm 5$  до  $35 \pm 5$  кг), витривалості (від  $28 \pm 5$  до  $18 \pm 5$  с), реактивної тривожності (від  $20,0 \pm 3,5$  до  $30,9 \pm 3,5$ ), стійкості концентрації уваги ( $272,1 \pm 14,5$  до  $422,0 \pm 22,0$ ) та достовірні ( $p < 0,01$ ) зрушення психофізіологічних показників (латентних періодів простої зорово-моторної реакції (від  $205 \pm 5$  до  $245 \pm 5$  мс), латентних періодів простої слухо-моторної реакції (від  $180 \pm 5$  до  $211 \pm 7$  мс), критичної частоти злиття світлових миготінь (від  $55 \pm 5$  до  $35 \pm 5$  Гц). Інші показники не виявили достовірних зрушень.

2. Методичний інструментарій оцінки психофізіологічного стану операторів Запорізької та Хмельницької атомних електростанцій можливо використовувати для оптимізації професійного відбору шляхом відповідного обґрунтування створення груп професійної придатності (абсолютно придатні, професійно придатні, умовно придатні, професійно непридатні), що є суттєвим чинником зниження аварійності та витрат на професійну підготовку. Складовими цього соціально-економічного ефекту є підвищення надійності операторської діяльності, зниження виробничого травматизму та професійно зумовленої захворюваності.

3. Отримані дані в перспективі можуть розглядатись як мішені медико-психологічної підтримки прямих показників професійного здоров'я операторів на робочих місцях, а також при створенні програм відновлення й формування необхідного рівня працездатності. Потребують створення доказової бази встановлені факти погіршення психофізіологічних показників.

#### Внески авторів:

Шевченко О.А. – концептуалізація, адміністрування проекту, написання – рецензування та редагування;

Шевяков О.В. – концептуалізація, дослідження, написання – початковий проект;

Корнієнко В.В. – методологія, візуалізація;

Бурлакова І.А., Дорошенко Е.Ю. – формальний аналіз;

Славська Я.А. – візуалізація, курація даних;

Жигайло Н.І. – курація даних, дослідження, перевірка;

Вакулик В.В. – курація даних, ресурси, формальний аналіз;

Остапенко І.С., Герасимчук О.А. – ресурси, візуалізація;

Приходько В.В., Чернігівська С.А. – візуалізація, ресурси;

Івченко О.М., Тихонович В.М. – формальний аналіз, перевірка;

Дорогань С.Б. – ресурси, курація даних.

**Фінансування.** Дослідження не має зовнішніх джерел фінансування.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

## REFERENCES

1. Babatenko OV. [Prevention and correction of negative functional states of food industry specialists]. Current problems of psychology. Coll. of science Proceedings of the HS. Kostyuk Institute of Psychology of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2019;9(12):16-25. Ukrainian.
2. Fetisov VS. [Package of statistical data analysis STATISTICA]. Nizhin: NSU named after M. Gogol; 2019. p. 100-114. Ukrainian.
3. Kim TK. A test as parametric statistic. Korean J Anesthesiol. 2019;68(6):540-6. doi: <https://doi.org/10.4097/kjae.2019.68.6.540>
4. Kornienko VV. [Conceptualization of the study of the problem of socio-psychological foundations of the rehabilitation potential of the individual. In: Kornienko VV, editor. Theoretical and applied problems of psychology and social work: collection of science Proceedings of the Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl]. Severodonetsk: Publishing house of SNU named after V. Dahl; 2021:36-45 p. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.33216/2219-2654-2021-56-3-2-169-179>
5. Popovych V, Ragimov F, Ivanova I, Buryk Z. Development of social and communicative paradigm of the field of social networks. International Journal of Data and Network Science. 2020;4:319-28. doi: <https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2020.6.001>
6. Hillgard SH. Combat stress disorders and the U.S. Military Medicine. 2020;155(11):515-19. doi: <https://doi.org/10.1093/milmed/155.11.515>
7. Kashiwagi S. Psychological rating fatigue. Ergonomics. 2021;14:28-33.
8. Shevchenko O, Burlakova I, Sheviakov O, Agarkov O, Shramko I. Psychological foundations of occupational health of specialists in the economic sphere. Medycni perspektivi. 2020;25(2):163-7. doi: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2020.2.206890>
9. Sheviakov OV. [Psychological support for the development of sociotechnical systems]. Dnipropetrovsk: Innovation; 2009. p. 275-95. Ukrainian.
10. Sheviakov OV, Doroshenko EYu, Mykhaluk YeL, Prikhodko VV, Lyakhova IM, Nikanorov OK, et al. [Features of social and psychological rehabilitation of sportsmen-paralympians specialized in powerlifting]. Zaporozhye medical journal. 2020;22(1):96-102. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2020.1.194632>
11. Sheviakov O, Gerasimchuk O. Psychological aspects of formation of professional health safety of specialists System. International security studios managerial, economic, technical, legal, environmental, informative and psychological aspects: collective monograph. Tbilisi: International Educations and scientists Foundation; 2023. p. 1133-47.
12. Sheviakov O, Burlakova I, Kornienko V, Vakukik V, Slavskaya Ya, et al. Psychoprophylaxis of the professional training crisis. Philosophy, Economics and Law Review. 2022;2(1):7-15.
13. Zhyhailo N, Sheviakov O, Burlakova I, Slavskaya Ya, Ostapenko I, Gerasimchuk O. Psychoprophylaxis of the professional training crisis. Scientific Bulletin of Dnipropetrovsk State University of Internal Affairs. 2022;1:317-24.
14. Zhyhailo N, Sheviakov O, Burlakova I, Slavskaya Ya, Ostapenko I, Gerasimchuk O. System of psychological support for the development of rehabilitation potential of power structures specialists. Public administration and Law Review. 2023;1(13):62-76. doi: <https://doi.org/10.36690/2674-5216-2022-1-57>
15. Shramko IA. [Social support of women in dynamic socio-technical systems of activity]. Habitus. 2020;18:150-4. Ukrainian.
16. Zhyhailo N, Sheviakov O, Shu Gao Han, Khomulenko T. The history of war survival culture and the art of victory. Philosophy, Economics and Law Review. 2022;2(2):48-63. doi: <https://doi.org/10.31733/2786-491X-2022-2-48-63>

Стаття надійшла до редакції  
13.05.2023

