

<https://doi.org/10.31891/PT-2023-3-12>

УДК 159.947:355.01

**Олена СОРОКА**

кандидат психологічних наук, доцент,

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»

<https://orcid.org/0000-0003-1637-3437>

e-mail: [elkazej@gmail.com](mailto:elkazej@gmail.com)

## **АНАЛІЗ ДИНАМІКИ БІОКОРЕЛЯТІВ ПОКАЗНИКІВ ПСИХОЛОГІЧНОГО СТРЕСУ У МАЙБУТНІХ КОРАБЕЛЬНИХ ФАХІВЦІВ**

*У статті презентовано результати емпіричного дослідження динаміки біологічних корелятів показників психологічного стресу у майбутніх корабельних фахівців під час виконання фізичних вправ із різною величиною навантаження пульсовий артеріальний тиск змінюється пропорційно до об'єму крові, що викидається серцем при кожній систолі, і може досягати надвисоких значень – вище за 100 міліметрів ртутного стовпчика. При цьому нормальної реакцією організму є перехід до вихідних значень протягом 5 хвилин після закінчення виконання вправ. Відсутність такої реакції свідчить про підвищений вміст кортизолу у крові, що, у свою чергу, відображає перебування людини у стресовому стані.*

*Ключові слова: біологічні кореляти; психологічний стрес; майбутні корабельні фахівці; фізичні вправи; стресовий стан.*

**Olena SOROKA**

Danube Institute of the National University «Odesa Maritime Academy»

## **ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF BIO-CORRELATES OF PSYCHOLOGICAL STRESS INDICATORS IN FUTURE SHIPBOARD SPECIALISTS**

*The article presents the results of an empirical study of the dynamics of biological correlates of psychological stress indicators in future shipboard specialists. It is noted that the psychological state is a relatively time-limited adjustment of the human psyche, which affects the course of mental processes and the manifestation of personality traits, increases or decreases the activity of mental activity over a certain period of time, determines the ability to work, readiness to overcome workloads, and even the ability of an individual to mobilise at the right time. Under the influence of mental stress, a ship's specialist working in extreme conditions undergoes significant changes in the cardiovascular and respiratory systems of the body. Therefore, the identification of these patterns is an important link in the work on the formation of his stress resistance.*

*As you know, heart rate and pulse blood pressure are the main indicators of the functional state and activity of the entire cardiovascular system. It has been empirically established that during exercise with varying amounts of exertion, pulse arterial pressure changes in proportion to the volume of blood ejected by the heart during each systole and can reach ultra-high values above 100 millimetres of mercury. In this case, the normal reaction of the body is to return to baseline values within 5 minutes after the end of exercise. The absence*

*of such a reaction indicates an increased level of cortisol in the blood, which, in turn, reflects a person's stressful state.*

*Key words: biological correlates; psychological stress; future ship's specialists; physical exercises; stressful state.*

### **Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями**

Психологічний стан – відносно обмежене у часі налаштування психіки людини, яке дозволяє індивідууму мобілізуватися у потрібний момент. Під впливом психічних навантажень у корабельного фахівця, що працює в екстремальних умовах, відбуваються значні зміни у роботі серцево-судинної та дихальної систем організму. Тому виявлення цих закономірностей є важливою ланкою у роботі з формування його стресостійкості.

### **Аналіз досліджень та публікацій**

Проблема дослідження біомаркерів психологічного стресу вже тривалий час перебуває у фокусі уваги його дослідників. Так, В. Барабой розглядав комплексно фізіологію, біохімію і психологію стресу; О. Зембицький досліджував особливості психофізіологічного впливу професійної діяльності військових моряків на їхню особистість. Свої докторські дисертації присвятили зазначеній проблемі О. Кокун, який розглядав оптимізацію адаптаційних можливостей людини у психофізіологічному забезпеченні діяльності, а М. Корольчук вивчав психофізіологію працездатності корабельних спеціалістів в екстремальних умовах. У свою чергу А. Несен, В. Чернишов, Ю. Рудик досліджували стрес як чинник соматичної патології і коморбідності в аспекті діагностики, профілактики та лікування.

### **Формулювання цілей статті**

Мета статті полягає у презентації результатів емпіричного дослідження динаміки біологічних корелятив показників психологічного стресу у майбутніх корабельних фахівців.

### **Виклад основного матеріалу**

Як відомо, частота серцевих скорочень і пульсовий артеріальний тиск є основними показниками функціонального стану та діяльності усієї серцево-судинної системи. У звичайному стані пульс здорової людини, як правило, не перевищує 80 ударів за хвилину, при цьому верхні межі значень його досягаються при виконанні фізичних вправ у формі змагання або у формі здійснення поточних і підсумкових контролів. При інтенсивності серцевих скорочень (ЧСС), що

перевищують верхню межу високого навантаження (180 ударів за хвилину), організм переходить у критичний стан – стан максимальних навантажень. Одночасно значення пульсового артеріального тиску (ПАД) відображає запас потенційної та кінетичної енергії струму крові на ділянках судинної системи і врахування периферичного опору кровотоку та загальної частоти серцевих скорочень. Її величина визначається як різниця між показниками систолічного (СТ) та діастолічного (ДТ) тисків. У нормальних умовах (у спокої), у яких ДТ = 70-80 мм. рт. ст., рівень ПАД перебуває у діапазоні до 50 мм. рт. ст. Одночасно значення його нижніх меж є характеристикою особистості за типом роботи серцево-судинної системи відповідно до контрольних значень СТ: гіпотоніки (СТ нижче 110 мм. рт. ст.), ПАД <30 мм. рт. ст., нормотоніки (СТ 110-129 мм. рт. ст.), ПАД = 30-49 мм. рт. ст., гіпертоніки (СТ 130-140 мм. рт. ст.), ПАД = 50-60 мм. рт. ст. Також необхідно зазначити, що під час виконання фізичних вправ із різною величиною навантаження ПАД змінюється пропорційно до об'єму крові, що викидається серцем при кожній систолі, і може досягати надвисоких значень – вище 100 мм. рт. ст. При цьому нормальною реакцією організму є перехід до вихідних значень протягом 5 хв. після закінчення виконання вправ. Відсутність такої реакції свідчить про підвищений вміст кортизолу у крові, що, у свою чергу, відображає перебування людини у стресовому стані.

У межах проведеного емпіричного дослідження основними методами стали: пульсометрія та вимірювання артеріального тиску, які здійснювалися за тимчасовими відрізками виконання курсантами контрольних вправ із застосуванням додаткових стресових чинників та без них. Для об'єктивізації отриманих даних на заключному етапі експерименту також передбачалося проведення тестування виконання позапрограмної вправи – метання холодної зброї (ножа) з елементами несподіванки.

Проведення вимірювань здійснювалося за допомогою автоматичного тонометра, секундоміра та пульсометра, до складу якого входять наручний годинник і кардіодатчик, що закріплюється на тілі. Результатом проведених вимірювань стало виявлення обстежуваних, у яких на «старті» ЧСС перебувала у діапазоні значень середнього та високого фізичного навантажень (ЧСС >120 уд./хв.). При відносно низьких підсумкових результатах окремих фаз виконання контрольних вправ фіксувалися надвисокі значення ЧСС більше 190 уд./хв. (табл. 1).

Таблиця 1

Контрольні вправи	Показник ЧСС вище 190 уд./хв.					
	Група 1			Група 2		
	«4»	«3»	«2»	«4»	«3»	«2»
Метання гранати	1	2	0	0	1	0
Тест Купера	6	9	8	4	9	7
Нахил тулуба уперед, сидючи на гімнастичній лаві	0	2	2	1	2	3
Біг на 2000 м	0	6	1	0	5	2

Такі дані більшою мірою свідчать про стресоутворюючу дію виконуваних вправ, ніж просто недостатню фізичну підготовленість курсантів. Так, при виконанні Тесту Купера, навіть укладаючись у контрольні нормативи й отримуючи позитивну оцінку, окремі обстежувані не могли продовжувати займатися, відчуваючи запаморочення та нудоту, чому безпосередньо сприяло перебування організму у тривалому стресовому стані (табл. 2).

Таблиця 2

### Зразок обліку даних виконання контрольної вправи - тест Купера

Контрольна точка	Точки контролю	Пульс, ЧСС
1	Перед оголошенням питань навчального заняття	123
2	За 30 с перед стартом	149
1-ше коло вправ	10 віджимань	181
	10 стрибків з упору лежачи	186
	10 вправ на прес	182
	10 присідань	195
2-ге коло вправ	10 віджимань	197
	10 стрибків з упору лежачи	199
	10 вправ на прес	189
	10 присідань	195
3-тє коло вправ	10 віджимань	197
	10 стрибків з упору лежачи	199
	10 вправ на прес	186
	10 присідань	199
4-тє коло вправ	10 віджимань	200
	10 стрибків з упору лежачи	199
	10 вправ на прес	195
	10 присідань	200
Разом		Задовільно

Одночасно, при метанні гранати перевищення значень ЧСС вище 160 уд./хв. найчастіше позначалося на техніці виконання захисних дій: порушення техніки виконання прийому, злитості рухів і навіть

втрати рівноваги, що безпосередньо позначалося на оцінці виконання нормативу (табл. 3).

Таблиця 3

**Оцінка техніки виконання вправи «Метання гранати»**

Групи	Пульс	«5» 75 балів	«4» 60 балів	«3» 40 балів	«2» 0 балів
Група 1	ЧСС < 120 уд./хв.	1	0	0	0
	120 < ЧСС < 150 уд./хв.	8	16	2	1
	150 < ЧСС < 190 уд./хв.	1	6	13	7
	ЧСС > 190 уд./хв.	1	0	0	0
Група 2	ЧСС < 120 уд./хв.	0	0	0	0
	120 < ЧСС < 150 уд./хв.	11	11	5	3
	150 < ЧСС < 190 уд./хв.	1	6	12	6
	ЧСС > 190 уд./хв.	0	0	0	0

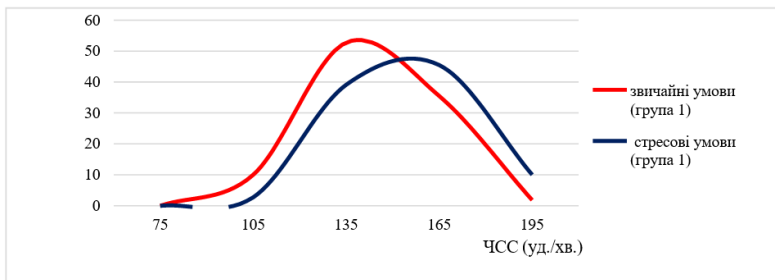
Було відзначено, що як і в разі експертної оцінки тих, хто займається зовнішніми проявами, при виконанні контрольних вправ та інших розділах фізичної підготовки: гімнастика та атлетична підготовка (нахил тулуба вперед, сидячи на гімнастичній лаві), біг на 2000 м результати свідчили про залежність отриманих оцінок та значень ЧСС (табл. 4).

Частотний розподіл значень у курсантів, отриманий у цих дослідженнях, подано на рис. 1, з якого видно, як змінюється ЧСС при виході обстежуваних на вихідне положення (на старт). Особливо це є показовим при впровадженні додаткових стресових чинників.

Таблиця 4

**Оцінка техніки виконання контрольних вправ нахил тулуба вперед, сидячи на гімнастичній лаві / біг на 2000 м**

Групи	Пульс, ЧСС уд./хв.	Оцінка за вправу							
		«5»		«4»		«3»		«2»	
1	< 120	0	0	1	1	0	0	0	0
	120-150	14	9	7	11	4	5	1	1
	150-190	4	4	11	6	10	15	3	3
	> 190	0	0	0	0	0	0	0	0
2	< 120	0	0	0	0	0	0	0	0
	120-150	21	10	9	9	3	9	1	1
	150-190	1	2	11	7	5	15	4	2
	>> 190	0	0	0	0	0	0	0	0



**Рис. 1.** Діаграма розподілу ЧСС у курсантів передвиконанням контрольної вправи «Нахил тулуба вперед, сидячи на гімнастичній лаві»

Зміни, що відбуваються, є достатньо закономірними і з врахуванням перебування обстежуваних у стані, що визначається фізичним терміном «стартова готовність», що супроводжується зміною середнього показника ЧСС зі зміщенням у бік великих величин, що відображає загальну активацію симпатичної системи. Разом із цими значеннями ЧСС у межах середнього або високого фізичного навантажень в обстежуваних на момент лише заняття стартового рубежу свідчить про переважання процесів збудження над гальмуванням – стану «стартової лихоманки», тривале перебування в якій негативно позначається на результаті діяльності. У цей проміжок часу спостерігається збільшення дисперсії розподілу ЧСС, крива стає більш пологою та витягнутою.

Необхідність перевірки справедливості отриманих результатів щодо природи та величини параметрів процесу, що розглядається, зумовила необхідність їхнього підтвердження статистикою. Було проведено 16 випробувань із чотирьох контрольних вправ із виявленням значень ЧСС та ПАД: у звичайних умовах та із застосуванням стресових чинників. Результати експерименту піддавалися статистичного аналізу, який містив перевірку випробувань на однорідність та оцінювання коефіцієнтів за допомогою матриці. При однаковій кількості випробувань у кожній із груп та припущень про нормальний розподіл ймовірності у генеральній сукупності використовувався критерій Пірсона. Математичний аналіз здійснювався у діапазоні від мінімальних до максимальних значень (рис. 2).

Як відображення інформації на графіці за віссю X використовувалися середні значення по кожному із діапазонів ЧСС. Результати кожного випробування були незалежними, оскільки лише у цьому випадку отримані під час експерименту значення функції можуть бути результатом випадкового розсіювання, а не результатом будь-якої

домінуючої дії. За дотримання цих умов на основі центральної граничної теореми при зростанні кількості випробувань розподіл експериментальних значень буде нормальним.

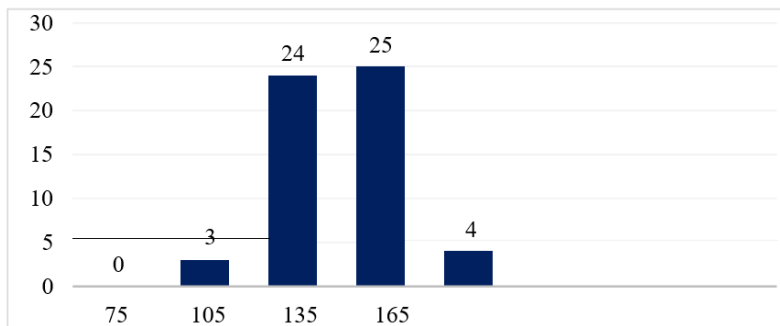


Рис. 2. Приклад розподілу ЧСС курсантів контрольної групи під час виконання тесту Купера без стрес-чинників

Для обчислення середнього значення діапазону відповідно до алгоритму вирішення задач за методикою Пірсона використовувалося середнє вибіркове «ХВ», що визначається за формулою:

$$XB = \frac{\sum_{k=1}^k x_i * n_i}{n}, \text{ де } k = 5, n = 55$$

де  $k$  – кількість діапазонів,  $n$  – кількість обстежуваних.

При доказі відповідності нормальному розподілу ймовірностей необхідно знайти «вбіркову дисперсію» та «середнє квадратичне відхилення» (сквв)  $\Delta_b$ , які визначаються за формулами:

$$\Delta_b = \frac{1}{n} * \sum_{k=1}^k (x_i - x_b)^2; \text{ сквв} = \sqrt{\Delta_b}$$

де  $\Delta_b$  – міра розкиду значень випадкової величини відносно її вибіркового середнього, сквв – квадратний корінь із вибіркової дисперсії.

Для подальшого знаходження ймовірності, що свідчить про те, що будь-яке значення опиниться у відповідному діапазоні, необхідно знайти значення функції Лапласа

$$\begin{cases} \varphi(z_i) \\ \varphi(z_i+1) \end{cases}$$

При цьому аргументи функцій ( $z$  та  $z+1$ ) обчислюються за формулою:

$$z_i = \frac{x_i - x_b}{СКВВ}$$

де  $z_i$  – аргумент функції Лапласа, необхідний для її обчислення.

Функції  $\varphi(z_i)$  і  $\varphi(z_i+1)$  визначаємо за допомогою вбудованої функції «нормальний стандартний розподіл» ( $(z_i; 1) - 0,5$ ) – значення, що відповідають йому, перебувають у таблиці наприкінці книги із математичної статистики [3].

Вірогідність того, що випадкове значення попадає до відповідного діапазону ( $p_i$ ), знаходимо за формулою:

$$p_i = \varphi(z_i+1) - \varphi(z_i)$$

Представлений алгоритм роботи є необхідною умовою для обчислення поправочних  $n_i(n'_i)$ , що визначаються за формулою:

$$n'_i = \sum_{k=1}^k n'_i * p_i$$

Для безпосереднього підтвердження гіпотези про те, що представлена сукупність даних становить функцію нормального розподілу, було визначено критерій  $X^2$  (Хі квадрат).

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \left( \frac{(n_i - n_i^1)^2}{n_i^1} \right)$$

Відповідно до методики оцінки цей параметр порівнювався із параметром  $X^2$  крит. (Хі критичне), що залежить від рівня значущості.

Якщо  $X^2 < X^2$  крит., висунута гіпотеза є правильною, і сукупність даних становить функцію щільності  $f(x)$ .

Для обчислення значень функції нормального  $f(x)$  було використано формулу:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}}$$



У Excel цю формулу замінює функція «=НОРМ. РОЗП ( $x_i^*$ ; хв; СКВВ; БРЕХНЯ чи ІСТИНА) для функції розподілу (табл. 5).

В результаті узагальнення експериментальних даних було складено графіки щільності розподілу та гістограми, які враховують кількість курсантів у відповідних діапазонах для кожної з вправ із врахуванням додаткових стресових навантажень та їхньої відсутності (рис. 3). З цих графіків видно, що значення, що характеризують фізичне навантаження (загальне відхилення результатів) контрольної групи від експериментальної відрізняються незначно. На початку експерименту, перед виконанням вправи (на стартовому рубежі), 5,8% із них мали пульс у межах 150-180 уд./хв., досягаючи значень середнього та високого фізичного навантажень, характеризуючи реакцію симпатичної системи організму на виконання майбутньої вправи. Показники ЧСС, зрушені у бік брадикардії, було зафіксовано у 2,1% обстежуваних, засвідчуючи активацію роботи парасимпатичної системи. В обстежуваних із несприятливим соціонічним типом особистості під час створення додаткових стресових умов значення пульсу сягали верхніх меж.

Таблиця 5

**Зведена таблиця результатів обчислення, вправа - біг на 2000 м**

Показники	Контрольна група					Експериментальна група				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
$x_i^*$	60	90	120	150	180	60	90	120	150	180
$x_i^*+1$	90	120	150	180	210	90	120	150	180	210
$x_i'$	75	105	135	165	195	75	105	135	165	195
$n_i$	0	0	31	26	0	0	20	33	0	0
$x_i^*n_i$	0	0	4185	4290	0	0	2100	4455	0	0
XВ	148,6842					123,6792				
$(x_i^* - XВ)^2 n_i$	0	0	5804,986	6921,33	0	0	6978,284	4229,263	0	0
Dв	223,2687					211,4632				
сквв	14,94218					14,54177				
$z_i$	-7	-3,93	-1,92	0,09	2,10	-7	-2,32	-0,25	1,81	3,87
$z_i+1$	-3,93	-1,92	0,09	2,10	4,10	-2,32	-0,25	1,81	3,87	5,94
$\Phi(z_i)$	-0,5	-0,49996	-0,47255	0,035085	0,48195	-0,5	-0,48972	-0,09987	0,464853	0,499946
$\Phi(z_i+1)$	-0,50	-0,47255	0,035085	0,48195	0,49998	-0,49	-0,09987	0,464853	0,499946	0,5
$p_i$	0,00	0,027406	0,507636	0,446865	0,01803	0,01	0,389851	0,564723	0,035093	5,37E-05
$n_i'$	0,002447	1,562153	28,93525	25,4713	1,027693	0,544744	20,66211	29,93034	1,859949	0,002848
$(n_i - n_i') * n_i'$	0,002447	1,562153	0,147336	0,010974	1,027693	0,544744	0,021217	0,314824	1,859949	0,002848
$X^2$	2,750604					2,743583				
$X^2$ крит	12,8325					12,8325				
ступ. св.	5					5				
$f(x)$ - зі стресом	Гіпотеза вірна					Гіпотеза вірна				
$F(x)$	1,4E-07	0,000372	0,017554	0,014709	0,000219	0,000101	0,012023	0,020262	0,000484	1,64E-07
	4,08E-07	0,00173	0,179883	0,862568	0,999031	0,000408	0,099479	0,781863	0,997755	1

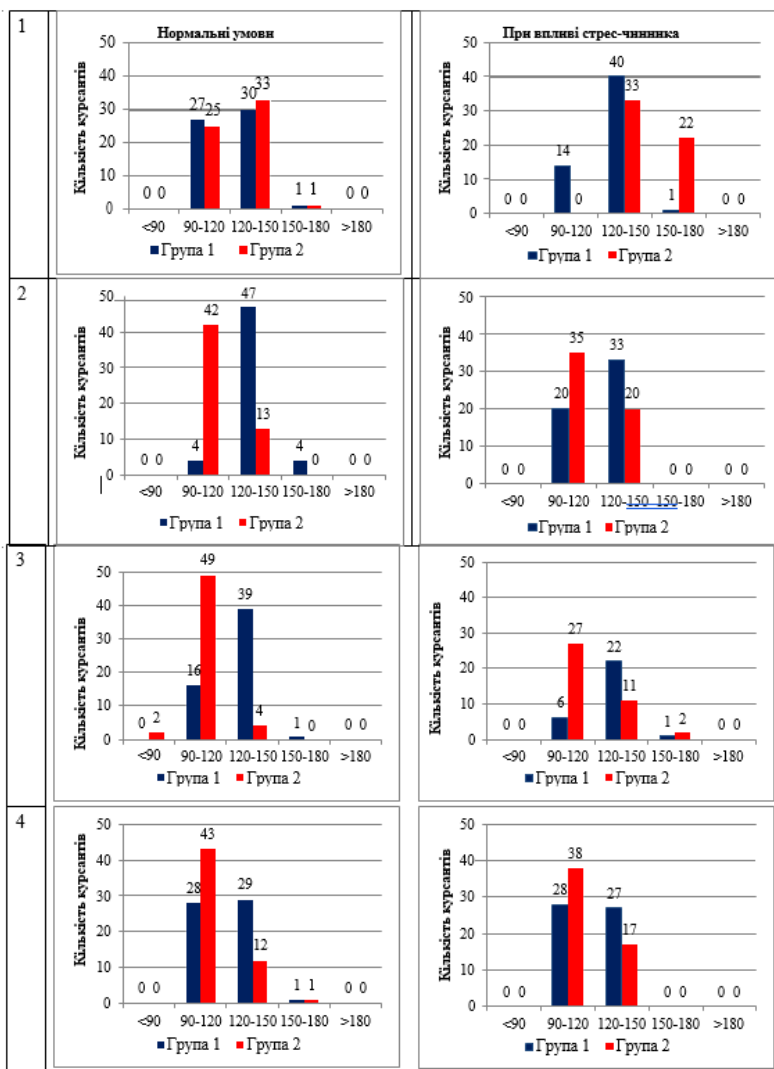


Рис. 3. Розподіл курсантів за діапазонами ЧСС, контрольні вправи: 1 – нахил тулуба вперед, сидячи на гімнастичній лаві; 2 – біг на 2000 м; 3 – тест Купера; 4 – метання гранати

### **Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі**

Таким чином, під час виконання фізичних вправ із різною величиною навантаження ПАД змінюється пропорційно до об'єму крові, що викидається серцем при кожній систолі, і може досягати надвисоких значень – вище 100 мм. рт. ст. При цьому нормальною реакцією організму є перехід до вихідних значень протягом 5 хв. після закінчення виконання вправ. Відсутність такої реакції свідчить про підвищений вміст кортизолу у крові, що, у свою чергу, відображає перебування людини у стресовому стані.

Перспективи подальшого дослідження пов'язані з розвитком теми за такими напрямками: вивчення динаміки стресостійкості у корабельних фахівців різних категорій; здійснення заходів з підвищення стресостійкості у трансатлантичних рейсах тощо.

### **Література**

1. Шафран Л. М., Голікова В. В. Фізіолого-гігієнічні особливості професійної діяльності моряків спеціалізованого флоту. Український журнал з проблем медицини праці. №3(40). 2020. С. 29-39.
2. Математична статистика. Навчальний посібник / П. І. Бідюк, Б. П. Ткач, Т. Харрінгтон. Київ : Д П Видавничий дім «Персонад». 2018. 348 с.

### **References**

1. Shafran L. M., Holikova V. V. Fiziolo-higienichni osoblyvosti profesiinoi diialnosti moriakiv spetsializovanoho flotu. Ukrainskyi zhurnal z problem medytsyny pratsi. №3(40). 2020. S. 29-39.
2. Matematychna statytyka. Navchalnyi posibnyk / P. I. Bidiuk, B. P. Tkach, T. Kharrinton. Kyiv : D P Vydavnychiy dim «Personad». 2018. 348 s.