УДК 331.422:331.434
DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.140723.79.958

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПРАЦІВНИКІВ ПІД ЧАС ПРОЄКТУВАННЯ ОБ`ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА

РАБІЧ О. В.[1*], *канд. техн. наук, доц.,*
МЕЩЕРЯКОВА І. В.[2], *докт. філософ.,*
ЧУМАК Л. О.[3], *канд. техн. наук, доц.*

[1*]Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: evrabich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5600-0470
[2]Кафедра безпеки життєдіяльності, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: meshcheriakova.iryna@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1538-2932
[3]Кафедра фундаментальних і природничих дисциплін, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-53, e-mail: chumak.larysa@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3858-8028

Анотація. ***Постановка проблеми.*** Розвиток і широке впровадження інформаційно-комунікаційних технологій зробили персональні комп'ютери стандартними робочими інструментами в робочих приміщеннях. Також змінились вимоги до якості світлового середовища. Збільшився зміст і обсяг інформації, яку людині треба сприйняти і переробити. Зменшився час роботи для прийняття рішення. Прямий вплив світлового середовища (рівень освітлення, його розподіл у приміщенні, колірна температура) на функціональний стан людини визначено в попередніх дослідженнях. Крім того, функції зорового аналізатора, як частини цілісної нервової системи людини, пов'язані з емоціями, когнітивними та виконавчими функціями, що відбивається на продуктивності праці. ***Мета дослідження*** – підвищення безпеки праці проектувальників та її ефективності з використанням сучасних інформаційно-комунікаційних технологій за рахунок якісного світлового середовища як основного фактора впливу на показники працеспроможності людини. ***Висновок.*** Проведеними дослідженнями визначено, що основними факторами впливу на ефективність роботи і безпомилковість прийняття рішення для напруженої розумової праці виступають фактори світлового середовища. Розроблено алгоритм дослідження вагомих факторів впливу світлового середовища у напруженій розумовій роботі з монітору комп'ютера із визначенням показників працеспроможності. Застосування розробленої методики надає змогу визначити зміну кількісних показників працеспроможності залежно від зміни параметрів світлового середовища.

Ключові слова: *світлове середовище; працеспроможність; безпека праці*

RESEARCH ON THE LIGHT INFLUENCE FACTOR ON EMPLOYEES IN THE DESIGN OF CONSTRUCTION FACILITIES

RABICH O.V.[1*], *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,*
MESHCHERIAKOVA I.V.[2], *Ph. D.,*
CHUMAK L.O.[3], *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

[1*] Department of Life Safety, Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: evrabich@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5600-0470
[2]Department of Life Safety, Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-57, e-mail: meshcheriakova.iryna@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1538-2932
[3] Department of Fundamental and Natural Sciences, Prydniprovska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-53, e-mail: chumak.larysa@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3858-8028

Abstract. ***Problem statement.*** The development and wide implementation of information and communication technologies have made personal computers standard work tools in workplaces. The requirements for the quality of the lighting environment have also changed. The content and volume of information that a person needs to perceive and

process has increased. The working time for decision-making has decreased. The direct influence of the light environment (illumination level, its distribution in the room, color temperature) on the functional state of a person has been determined in previous studies. In addition, the functions of the visual analyzer, as a part of the whole human nervous system, are related to emotions, cognitive and executive functions, which affects work productivity. ***The purpose of the article*** is to increase the safety of the work of designers and its effectiveness when using modern information and communication technologies due to a high-quality light environment, as the main factor affecting the performance of a person. ***Conclusions.*** The conducted studies determined that the main factors affecting work efficiency and error-free decision-making for intense mental work are the factors of the light environment. An algorithm for the study of significant factors influencing the light environment in intense mental work from a computer monitor with the determination of performance indicators has been developed. The application of the developed methodology makes it possible to determine the change in the quantitative values of performance indicators depending on the change in the parameters of the light environment.

Keywords: *light environment; working capacity; occupational safety*

Постановка проблеми. Робота працівників, залучених до проєктування об’єктів будівництва, належить до розумової, що пов’язано з прийомом і переробкою інформації. Це вимагає від людини зосередженості, концентрації уваги, напруження зорового аналізатора протягом майже 75 % часу роботи, а також активації процесів мислення.

Для сучасної професії проєктувальника поьрібне вільне володіння пакетами програм. Це потребує високого темпу роботи, дефіциту часу для завантаження вихідних даних та особистої відповідальності працівника за прийняті рішення щодо конструктиву об’єкта відповідно до навантажень. Інтенсивна робота спричинює перевтому і, як наслідок, зумовлюює помилкові рішення.

Розвиток і широке впровадження інформаційно-комунікаційних технологій зробили персональні комп’ютери стандартними робочими інструментами в робочих приміщеннях [1]. Також змінились вимоги до якості світлового середовища [2]. Збільшився зміст і обсяг інформації, яку людині треба сприйняти і переробити. Зменшився час роботи для прийняття рішення.

Прямий вплив світлового середовища (рівень освітлення, його розподіл у приміщенні, колірна температура) на функціональний стан людини визначено в попередніх дослідженнях [3]. Крім того, функції зорового аналізатора, як частини цілісної нервової системи людини, пов’язані з емоціями, когнітивними та виконавчими функціями [4; 5], що відбивається на продуктивності праці.

Підвищення ефективності роботи, прийняття раціональних рішень під час проєктування об’єктів будівництва залежить від умов світлового середовища робочих приміщень.

Аналіз публікацій. Дослідження, присвячені впливу освітлення на основі зорової функції [4; 6; 7–9] доводять, що умови праці з високим рівнем освітленості 2 500 лк та колірної температури 6 500 К дають найкращу продуктивність.

Національними [10; 11] та європейськими стандартами [12] регламентовано такі нормативні параметри світлового середовища робочих місць: рівень освітлення, його розподіл, світлова віддача та колірна температура. Встановлено суттєві обмеження параметрів світлового середовища для освітлення автоматизованих робочих місць, обладнаних персональними комп’ютерами. Мінімальний рівень освітленості робочих поверхонь 300–500 лк. У період експлуатації об’єктів кількісне значення параметрів світлового середовища зменшується й освітлення вже не відповідає нормам.

Європейські норми не дають чітких кількісних значень параметрів світлового середовища приміщень, де виконується обробка та перетворення інформації в роботі з пакетами програм на персональному комп’ютері. Норми щодо діапазону колірної температури світлового середовища для такого виду робіт відсутні. Це особливо важливо враховувати, оскільки високий рівень колірної температури в робочому

приміщенні сприяє підвищенню працездатності та безпеці праці.

У проєктуванні об'єктів будівництва та реконструкції вибір систем освітлення покладається на замовника, який керується фінансовим заощадженням, а не створенням якісного світлового середовища.

Сучасне проєктування систем освітлення здійснюється за допомогою комп'ютерних програм DIALux та Eco Lumen, які розроблені для світлотехнічного моделювання різних об'єктів та територій із застосуванням відомих методів: питомої потужності, використанням світлового потоку, випромінювальних ліній та розміщенням світильників у робочому просторі. Перевага використання програми DIALux полягає у її універсальності і можливості окрім безпосереднього розрахунку освітленості на будь-якій поверхні, в тому числі робочій, варіювати параметри світлового середовища (горизонтальна освітленість, рівномірність тощо). Більшість світових брендів із виготовлення освітлювальних приладів використовують бази саме для цієї програми.

Мета дослідження – підвищення безпеки праці проектувальників та її ефективності у використанні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій за рахунок якісного світлового середовища як основного фактора впливу на показники працеспроможності людини.

Проєктуючи об'єкти будівництва, необхідно не тільки виконувати норми освітлення відповідних об'єктів, а й забезпечувати нормативні вимоги для самих працівників, що проектують ці об'єкти.

У статті представлено дослідження факторів впливу світлового середовища для створення безпечних і здорових умов праці конструкторів та проєктувальників.

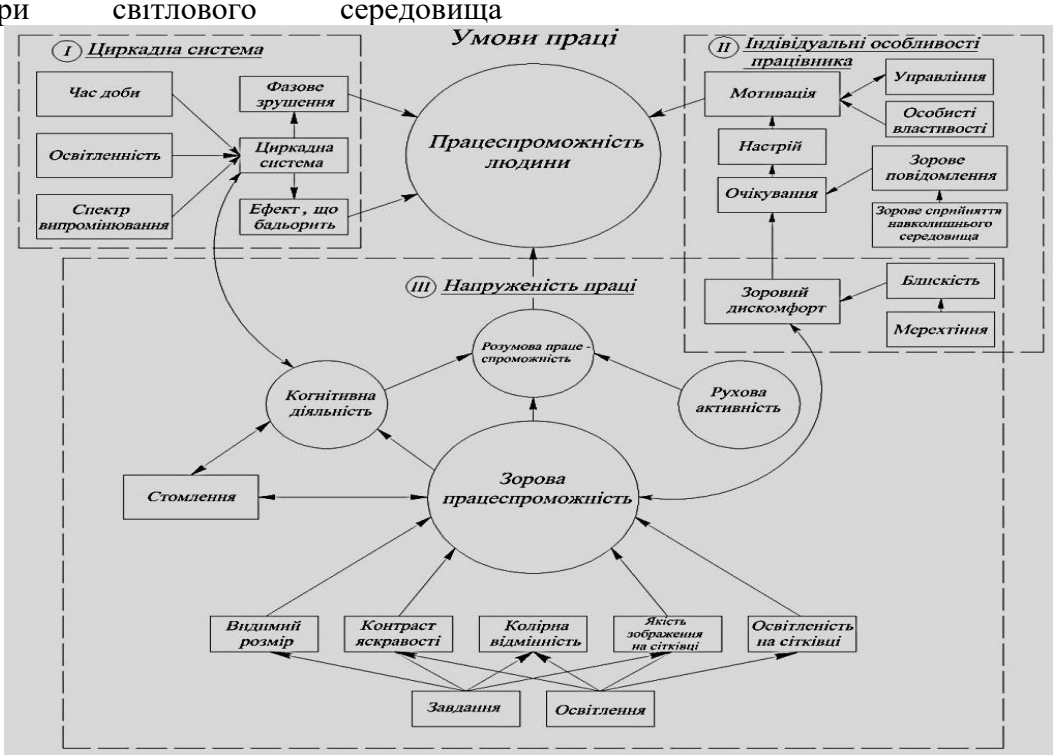

Рис. Схема-алгоритм дослідження факторів впливу світлового середовища на загальну працеспроможність працівника

Виклад матеріалу. Базуючись на загальній концепції дослідження освітлення в приміщеннях стосовно впливу факторів світлового середовища на працездатність визначили факторний простір дослідження умов праці проєктувальників за показниками працеспроможності.

З'ясовано, що на працеспроможність людини впливають: циркадна система, індивідуальні особливості працівника, напруженість праці, які досліджено в

кореляції з параметрами світлового середовища. Алгоритм дослідження показаний на рисунку.

І фактор. Робота циркадної системи залежить від активної діяльності людини. Природно, що найбільша активність спостерігається за високої освітленості. Тому час проведення дослідження визначено з 08.30 до 11.30 і з 13.30 до 16.30, враховуючи стан впрацьовування людини.

ІІ фактор: індивідуальні особливості працівника. У дослідженні функціонального стану працівників, що отримують і переробляють інформацію на моніторі у фіксованому діапазоні параметрів світлового середовища, цей фактор враховувався за самооцінкою працівника: самопочуття, активність, настрій. Дослідження виконувались при денному та штучному освітленні в діапазоні 100–1000 лк. Напруженість праці визначалась психоемоційною реакцією за зміни параметрів світлового середовища. Найкращі результати оцінення функціонального стану працівника отримано в діапазоні 500–700 лк.

ІІІ фактор: напруженість праці. Враховуються зорово-розумова працеспроможність, стомлення, рухова активність, зоровий дискомфорт за показниками працеспроможності (швидкість сприйняття і переробки інформації, продуктивність праці, обсяг виконання завдання, точність виконання завдання, швидкість прийняття рішення, швидкість безпомилкової обробки інформації, безпеки праці).

Кожний показник визначали окремо. Вплив світлового середовища на ефективність виконання завдань інженером-проєктувальником є головуючим, оскільки доведено, що діапазон параметрів впливає не тільки на зорову працеспроможність, а й на когнітивні функції людини. Фактор освітлення сучасного робочого місця впливає на ефективність та безпеку праці [11].

Параметри світлового середовища, що нормуються, такі: розподіл яскравості, рівень освітленості, спрямованість світла, освітлення у внутрішньому просторі, мінливість світла (рівні та колір світла), кольоропередача та колірність світла, блискавість, пульсація [10; 12], пов’язані з психофізіологічними аспектами та підвищеною відповідальністю за результати роботи інженерів-проєктувальників. Крім того, необхідно враховувати економічність джерел освітлення і внесок у функціональну безпеку.

Результати дослідження світлового середовища показали, що порушуються рекомендації розташування робочого місця залежно від джерела освітлення. Штучне освітлення робочих місць у переважній більшості забезпечується люмінесцентними лампами, які дають мерехтіння, підвищується коефіцієнт пульсації, а колірна температура не перевищує 3 200 К, що пригнічує активність людини.

Установлено, що ефективність роботи визначається не тільки чіткою постановкою завдання, попередньою підготовкою та досвідом працівника щодо сприйняття потрібної інформації, а й конкретними світловими умовами.

З метою встановлення кореляції між світловим середовищем та працеспроможністю проведено аналіз методів психологічної діагностики функціонального стану працівника з урахуванням характеру та змісту роботи загальної і зорової працеспроможності.

У дослідженні концентрації та стійкості уваги за змістом діяльності проєктувальника використовували тести, суть яких полягає у визначенні знаків за конкретний період часу, причому треба було виділити ті, що вказані за зразком. Скорочуючи відрізок часу, ми штучно створювали таку характеристику напруженості праці як дефіцит часу.

Найскладнішим було дослідження мислення, що визначає зорову пам'ять та здатність об’єкта здійснювати цілеспрямований аналіз елементів для виконання спеціальних завдань. Тому дослідження обмежене прийняттям рішень за алгоритмом.

Дослідження показали, що складний алгоритм роботи проєктувальника вимагає забезпечення якісного світлового середовища, оскільки доведено, що його фактори впливу розповсюджуються на когнітивні функції, особливо у стані стресу. Людина відчуває тривожність, що викликає емоційне стомлення у разі надмірних вимог до результатів роботи і особистої відповідальності.

Головний фактор впливу світлового середовища – зоровий дискомфорт, пов'язаний із сприйняттям навколишнього середовища, що спричинює коливання настрою та стрес і, відповідно, зниження рухливої активності.

Проаналізовано діяльність працівника за змістом та характером роботи з проєктування (табл.). Розроблено методику дослідження впливу параметрів світлового середовища на показники працеспроможності, які досліджувались за апробованими тестами Бурдона (на паперовому носії) та Тулуз-П'єрона (на моніторі) з урахування вагомих факторів впливу світлового середовища.

Таблиця

Зміст та характер роботи проєктувальника

№ з/п	Показники напруженості трудового процесу [11]	Характер робіт за сферою психологічної діяльності	Методики дослідження працеспроможності
1	Інтелектуальні навантаження: зміст роботи, сприймання сигналів (інформації) та їх оцінення, розподіл за ступенем складності завдання, характер виконуваної роботи (п.п. 1.1; 1.2; 1.3; 1.4).	Введення вихідних даних у пакети програм для розрахунку конструкцій та аналіз отриманих результатів.	Тести Бурдона (на паперовому носії), тести Тулуз-П'єрона (на моніторі)
2	Сенсорні навантаження: тривалість зосередження уваги, щільність сигналів, навантаження на зоровий аналізатор, розмір, відстань об'єкта розрізнення, не більше 0,5 м, спостереження за екранами ВДТ (п.п. 2.3).	Проєктування будівельних конструкцій та об'єктів будівництва.	
3	Емоційне навантаження: ступінь відповідальності, значущість помилки, ступінь ризику для життя (п.п. 3.1).	Розроблення об'ємно-планувальних та конструктивних рішень.	
4	Монотонність навантажень (п.п. 4.1).	Конструювання за алгоритмом.	

Таким чином, дослідження факторів впливу світлового середовища на працівників базуються на визначенні показників працеспроможності, а саме, уваги, зосередженості, концентрації, безпомилковості, продуктивності.

Висновки.

Дослідженнями визначено, що основними факторами впливу на ефективність роботи і безпомилковість прийняття рішення для напруженої розумової праці постають фактори світлового середовища.

Розроблено алгоритм дослідження вагомих факторів впливу світлового середовища у напруженій розумовій роботі з монітору комп'ютера за показниками працеспроможності.

Застосування розробленої методики надає змогу визначити зміну кількісних показників працеспроможності залежно від зміни параметрів світлового середовища. Використання програми DIALux із вихідними даними діапазону параметрів світлового середовища, корельованого найвищими показниками працеспроможності, підвищує якість освітлення робочого місця та рівень безпеки праці проєктувальника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hassan H. M. J. , Ehsan S. , and Arshad H. S. Frequency of computer vision syndrome & ergonomic practices among computer engineering students. *International Journal of Science and Research (IJSR).* 2015. Vol. 5, № 5. Pp. 121–125. DOI:10.21275/v5i5.nov163207.

2. Rodriguez R. G., Dumit C., Del Rosso R. M., Peterle A., Staneloni A., Pattini A. Field study on visual and cognitive stressors in visual display terminal office work. *International Journal on Working Condition.* 2014. Vol. 8. Pp. 128–148.

3. Meshcheriakova I., Rabich O., Chumak L., Troshyn M. Experimental studies of effects of the light environment parameters on the functional status of employees. *The Scientific Heritage.* Budapest, Hungary. № 89 (89). 2022. Pp. 130–141.

4. Boyce P. R. On measuring task performance. *Color Technol.* 2011. № 127. Pp. 101–113. DOI:10.1155/2019/3476490.

5. de Korte E. M, Spiekman M., Hoes-van Oeffelen L., van der Zande B., Vissenberg G., Huiskes G., Kuijt-Evers L.F.M. Personal environmental control: effects of pre-set conditions for heating and lighting on personal settings, task performance and comfort experience. *Build Environ*. 2015. № 86. Pp. 166–176. DOI:10.1016/j.buildenv.2015.01.002.

6. Chanjuan Sun, Zhiwei Lian and Li Lan. Work performance in relation to lighting environment in office buildings. *Indoor and Built Environment.* 2019. Vol. 28 (8). Pp. 1064–1082. DOI: 10.1177/1420326X18820089.

7. Kim I. T., Jang I. H., Choi AS and Sung M. Brightness perception of white LED lights with different correlated colour temperatures. *Indoor Built Environ.* 2015. № 24. Pp. 500–513. DOI:10.1177/1420326X14528732.

8. Ruzena K. and Emil W. Lighting quality, productivity, and human. *Proceedings of the Health, Proceedings of the 27th DAAAM International Symposium.* B. Katalinic, Ed., Vienna, Austria, October 2016. DOI:10.2507/27th.daaam.proceedings.010.

9. van Bommel W. J. M., van den Beld G. J. Report on lighting for work : visual and biological effects. *Philips Lighting.* The Netherlands. November 2018. DOI:10.1.1.132.2367&rep=rep1&type=pdf.

10. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Затверджено наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 03.10.2018. № 264.

11. ДСНтаП Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. Вид. офіц. Київ : Затверджений наказом Міністерства охорони здоров'я України. 08.04.2014. № 248.

12. ДСТУ EN 12464-1:2016. Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Ч. 1. Внутрішні робочі місця. Затверджено наказом Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «Укр НДНТс») від 28 грудня 2016 р. № 456.

REFERENCES

1. Hassan H.M.J., Ehsan S. and Arshad H.S. Frequency of computer vision syndrome & ergonomic practices among computer engineering students. International Journal of Science and Research (IJSR). 2015, vol. 5, no. 5, pp. 121–125. DOI:10.21275/v5i5.nov163207.

2. Rodriguez R.G., Dumit C., Del Rosso R.M., Peterle A., Staneloni A. and Pattini A. Field study on visual and cognitive stressors in visual display terminal office work. International Journal on Working Condition. 2014, vol. 8, pp. 128–148.

3. Meshcheriakova I., Rabich O., Chumak L. and Troshyn M. Experimental studies of effects of the light environment parameters on the functional status of employees. The Scientific Heritage (Budapest, Hungary). No. 89 (89), 2022, pp. 130–141.

4. Boyce P.R. On measuring task performance. Color Technol. 2011, no. 127, pp. 101–113. DOI:10.1155/2019/3476490.

5. de Korte E.M, Spiekman M., Hoes-van Oeffelen L., van der Zande B., Vissenberg G., Huiskes G. and Kuijt-Evers L.F.M. Personal environmental control: effects of pre-set conditions for heating and lighting on personal settings, task performance and comfort experience. Build Environ. 2015, no. 86, pp. 166–176. DOI:10.1016/j.buildenv.2015.01.002.

6. Chanjuan Sun, Zhiwei Lian and Li Lan. Work performance in relation to lighting environment in office buildings. Indoor and Built Environment. 2019, vol. 28 (8), pp. 1064–1082. DOI: 10.1177/1420326X18820089.

7. Kim I.T., Jang I.H., Choi A.S. and Sung M. Brightness perception of white LED lights with different correlated colour temperatures. Indoor Built Environ. 2015, no. 24, pp. 500–513. DOI:10.1177/1420326X14528732.

8. Ruzena K. and Emil W. Lighting quality, productivity and human. Proceedings of the Health : Proceedings of the 27th DAAAM International Symposium. B. Katalinic, Ed., Vienna, Austria, October 2016. DOI:10.2507/27th.daaam.proceedings.010.

9. van Bommel W.J.M., van den Beld G.J. Report on lighting for work: visual and biological effects. Philips Lighting. The Netherlands, November 2018. DOI:10.1.1.132.2367&rep=rep1&type=pdf.

10. *DBN V.2.5-28:2018. Pryrodne i shtuchne osvitlennia. Zatverdzheno Nakazom Ministerstva rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy 03.10.2018 no. 264* [DBN V.2.5-28:2018

Natural and Artificial Lighting. Approved by the Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine]. October 3, 2018, no. 264. (in Ukrainian).

11. *DSNtaP Hihiienichna klasyfikatsiia pratsi za pokaznykamy shkidlyvosti ta nebezpechnosti faktoriv vyrobnychoho seredovyshcha, vazhkosti ta napruzhenosti trudovoho protsesu. Vyd. ofits. Kyyiv: Zatverdzhenyy Nakazom Ministerstva okhorony zdorov"ya Ukrayiny 08.04.2014 № 248* [Hygienic classification work on indicators of hazards and hazard environment factors, severity and intensity of the work process. Approved by the Ministry of Health of Ukraine]. 08.04.2014, no. 248. (in Ukrainian).

12. *DSTU EN 12464-1:2016. Svitlo ta osvitlennia. Osvitlennia robochykh mists. Chastyna 1. Vnutrishni robochi mistsia. Zatverdzheno Nakazom Derzhavnoho pidpryiemstva «Ukrainskyi naukovo-doslidnyi i navchalnyi tsentr problem standartyzatsii, sertyfikatsii ta yakosti» (DP «Ukr NDNTs») vid 28 hrudnia 2016r. №456* [DSTU EN 12464-1:2016. Light and lighting. Workplace lighting. Part 1. Internal workplaces. – Approved by the Order of the State Enterprise “Ukrainian Research and Training Center for Standardization, Certification and Quality Problems” (SE “Ukr NDNTs”) dated December 28, 2016, no. 456]. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 26.04.2023.