

АНОТАЦІЯ

Мещерякова І.В. Підвищення безпеки праці операторів з урахуванням параметрів світлового середовища виробничих приміщень. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 «Цивільна безпека». – Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, 2021.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню безпеки праці операторів з урахуванням параметрів світлового середовища на постійних робочих місцях, розробці комплексної методики оцінки умов праці для впровадження заходів та засобів щодо підвищення її рівня.

В Україні останніми роками серед працездатного населення розширилась група соціально значущих захворювань ока, де превалює саме атрофія зорового нерву, що пов'язано з високою напругою зорового аналізатору у зв'язку із ускладненням змісту та обсягу зорових завдань, підвищенням напруженості праці з використанням машин, устаткування, приладів контролю. В напрямку забезпечення безпечних та здорових умов праці, підтримання працездатності та високого функціонального стану, профілактики нещасних випадків та професійних захворювань необхідно при оцінюванні умов праці враховувати вплив параметрів світлового середовища на напруженість праці. На теперішній час активно впроваджуються інтелектуальні системи освітлення для енергозбереження та підвищення якості. Впровадження таких систем повинно базуватися на створенні комфортного світлового середовища з урахуванням напруженості трудового процесу на постійних робочих місцях працівників, які за змістом роботи мають не тільки сенсорне навантаження зорового аналізатора, але й інтелектуальну та емоційну напруженість. В роботі поставлено наукове завдання – підвищення безпеки праці у визначених аналітичних показниках напруженості трудового процесу за параметрами світлового середовища.

У **вступі** наведено актуальність теми, мету дослідження, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача та апробацію результатів досліджень.

У **першому розділі** проведено аналіз травматизму та профзахворювань в Україні. Визначено, що фактор світлового середовища є вагомим для цілої низки працівників, діяльність яких пов'язана з отриманням, переробкою інформації та прийняттям рішень на виробництві. Якщо цей фактор не в повній мірі відповідає вимогам світлового середовища, то це призводить до швидкої стомлюваності, зниження продуктивності праці і є однією з причин виникнення травмування та професійно обумовлених захворювань.

На основі проведеного аналізу та виявлених недоліків при оцінці умов праці за фактором світлового середовища сформульовано мету та завдання дослідження.

У **другому розділі** визначено, що зміст роботи цілої категорії працівників згідно класифікатору професій в Україні має спільні характерні ознаки трудової діяльності: сприйняття інформації зоровим аналізатором на відеодисплейних терміналах та персональних комп'ютерах, переробка інформації, прийняття рішень та відтворення обробленої інформації. Як показує аналіз, для даної категорії світлове середовище є головуючим фактором забезпечення безпеки праці.

Натурні дослідження функціонального стану операторів на робочому місці при природному освітленні показали, що при рівнях освітленості більше 300 лк збільшується рівень (4,8-5,6) функціонального стану від низького до оптимального. Це зумовлено фізіологією зорового сприйняття, оскільки людське око найбільш пристосоване до природного світла (контраст яскравості, колірна відмінність, якість зображення на сітківці, освітленість на сітківці).

При дослідженні функціонального стану операторів на робочому місці при штучному освітленні визначено, що вплив колірної температури при світлодіодному освітленні близько 1000 лк показник «самопочуття,

активність, настрої» (САН) знаходиться на низькому та достатньому рівні, на відміну від освітлення в межах 500-700 лк, де цей показник є оптимальним і високим. Встановлено, що на постійних робочих місцях операторів, згідно проведених натурних досліджень, рівень освітленості має бути близько 700 лк, з мінімумом 500 лк.

Наведено результати досліджень самооцінювання функціонального стану операторів САН на робочому місці при суміщеному люмінесцентному освітленні. Визначено, що оптимальний та високий рівень виражений скупченістю даних від 450 лк до 750 лк, теж підтверджує ефективність циркадної системи працівника, спостерігається підвищення зорової та загальної працеспроможності. При суміщеному світлодіодному освітленні в рівнях освітленості від 500 лк до 700 лк спостерігається зона скупченості даних високого рівня функціонального стану працівника.

Встановлено, що показники працеспроможності змінюються в залежності від рівня освітленості робочого місця, джерела освітлення та колірної температури. Неякісне освітлення в реальних умовах праці призводить до перенапруження зорового аналізатора, що впливає на кінцевий результат роботи оператора та зменшує безпомилковість дій.

У третьому розділі розроблено алгоритм покрокового проведення досліджень показників напруженості праці для оцінки умов праці за фактором світлового середовища. Представлені результати експериментального дослідження визначили вплив параметрів світлового середовища на працеспроможність оператора.

Дослідження проводились в експериментальній групі операторів в робочому приміщенні із зміною параметрів світлового середовища при оптимальних мікрокліматичних умовах.

У якості суміщеного та штучного освітлення використано освітлювальні установки з люмінесцентними лампами PHILIPS TL-D 18W/54-765 та світлодіодними PHILIPS-WT120C G2 PSU L600 LED19S/840.

Рівень освітленості змінювався шляхом збільшення кількості ламп у світильнику.

З метою отримання розподілу освітлення в експериментальному приміщенні та оцінки складової штучного освітлення робочого місця проведено моделювання із застосуванням програмного забезпечення DIALux, що дозволило визначити рівень освітленості в залежності від джерел освітлення та оцінити умови праці операторів.

Наведені дослідження напруженості праці із визначенням показників працеспроможності за обраними тестами Бурдона і Тулуз-П'єрона за сьома показниками дозволили виявити обсяг, концентрацію, стійкість і переключення уваги, зорового сприйняття простору, а також швидкість переробки інформації оператора. Вдалося оцінити реальну картину змісту роботи оператора в різних системах світлового середовища та визначити ступінь його впливу на умови праці.

Запропоновано форму обробки характеристик невизначеності вимірювання при оцінці точності з рівнем довіри 95% для технічних вимірювань, що дозволяє запобігти необґрунтовано розширеному інтервалу похибки. Відносна розширена невизначеність коливається в діапазоні від 3,18 до 6,57 одиниць виміру, що не перевищує 10%.

У четвертому розділі на підставі отриманих результатів експериментальних досліджень розроблено методика комплексної оцінки умов праці, яка виконується в три етапи. На першому етапі визначається система освітлення робочого місця в приміщенні, на другому – параметри світлового середовища. На третьому оцінюються вагомні чинники впливу на показники працеспроможності операторів та безпеки праці, які є базою для доцільності подальшої розробки та впровадження заходів щодо підвищення рівня безпеки праці з урахуванням параметрів світлового середовища. Впровадження методики комплексної оцінки умов праці на підприємствах дозволило отримати соціальний ефект – комфортне світлове середовище на

постійних робочих місцях операторів та економію енергоресурсів на їх освітлення, що склало в середньому 30-32%.

Одержані результати та рекомендації дисертаційної роботи впроваджені на підприємствах: ТОВ «АВ метал груп», ТОВ «Павлогрардінвестбуд», Акціонерному товаристві «Інтерпайп Дніпропетровський Вторинет» та у навчальному процесі на кафедрі безпеки життєдіяльності Придніпровської державної академії будівництва та архітектури.

Ключові слова: безпека праці, світлове середовище, умови праці, штучне освітлення, суміщене освітлення, світлові прилади, працездатність, працеспроможність, показники працеспроможності, функціональний стан, психічна діяльність, напруженість праці, зорова працездатність, освітлення робочих місць, заходи підвищення рівня безпеки.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, які відображають основні результати дисертації

1. Рабич Е. В., Чумак Л. А., Лаухина Л. Н., Мещерякова І. В. Психофизиологические особенности безопасности труда операторов при изменении параметров световой среды. *Строительство, материаловедение, машиностроение*: Сб. науч. тр. Серия: Стародубовские чтения. Днепр: ПГАСА, 2016. Вып. 89. С. 151 – 158. (Особистий внесок – оброблено результати експериментальних даних в умовах природного, штучного та суміщеного освітлення).

2. Рабич О. В., Чумак Л. О., Мещерякова І. В. Аналіз зміни умов праці робочих місць при модернізації виробництва. *Геотехнічна механіка*: Міжвід. зб. наук. пр. / Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. Дніпро, 2016. Вип. 128. С. 31 – 45. (Особистий внесок – досліджено процес взаємодії напруженості праці із світловим середовищем; визначено чинники, що впливають на робітників, які контролюють та управляють виробничим процесом).

3. Рабіч О. В., Чумак Л. О., Мещерякова І. В., Лаухіна Л. М. Можливості та ефективність світлодіодного освітлення постійних робочих місць у сучасному будівельному виробництві. *Строительство, материаловедение, машиностроение*: Сб. науч. тр. Серия: Стародубовские чтения. Днепр: ПГАСА, 2017. Вып. 96. С. 123 – 127. (Особистий внесок – проведено аналіз експлуатаційних параметрів ламп типу ДРЛ та їх світлодіодних аналогів).

4. Рабіч О. В., Мещерякова І. В. Використання методик психічної діяльності працівників для створення сприятливого світлового середовища. *Строительство, материаловедение, машиностроение*: Сб. науч. тр. Серия: Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития. Днепр: ПГАСА, 2017. Вып. 99. С. 141 – 146. (Особистий внесок – визначено чинники трудового процесу у відповідності до психологічної діяльності операторів; розглянуто найбільш поширені методики визначення психологічної діяльності які узгоджуються з параметрами світлового середовища).

5. Мещерякова І. В., Рабіч О. В., Чумак Л. О. Вплив світлового середовища на зорову працеспроможність оператора. *Строительство, материаловедение, машиностроение*. Сб. науч. тр. Серия: Компьютерные системы и информационные технологии в образовании, науке и управлении. Днепр, ПГАСА, 2017. Вып. 101. С. 160 – 165. (Особистий внесок – проведено порівняльний аналіз характеристик сучасних люмінесцентних та світлодіодних ламп).

6. Беліков А. С., Мещерякова І. В., Рабіч О. В., Чумак Л. О., Нестеренко С. В., Суярков Ю. Г. Напрямки досліджень щодо створення комфортного світлового середовища. *Строительство, материаловедение, машиностроение*: Сб. науч. тр. Серия: Безопаска життєдіяльності. Дніпро, ПДАБА, 2018. Вып. 105. С. 61 – 69. (Особистий внесок – проведено аналіз діючих нормативів щодо створення та оцінки світлового середовища;

досліджено вплив освітлення за рівнями та джерелами на стан здоров'я людини, працездатність та безпеку).

7. Рабіч О. В., Чумак Л. О., Мещерякова І. В. Проблема створення безпечного та комфортного світлового середовища на робочому місці. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*, 2018 № 5. С. 54 – 60. (Особистий внесок – обробка даних зовнішнього освітлення та опромінення залежно від місяця року для проектування природної освітленості на постійних робочих місцях).

8. Belikov A., Rabich O., Meshcheriakova I., Kreknina V., Chumak L. Comprehensive assessment of working conditions of operators by light environmental factor. *The scientific heritage journal*. (Budapest, Hungary), 2020. № 49. P. 36 – 39. (Особистий внесок – визначено споріднені умови праці робітників, проведено аналіз змісту діяльності та умов праці працівників сучасних підприємств України).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

9. Meshcheriakova I., Rabich O., Chumak L. Analysis of changes of working conditions of work places under modernization of production. *Наука і техніка: перспективи XXI століття*: Матеріали міжнар. міжвуз. наук.-практ. конф. мол. вчен. 30-31 березня 2017 р., Дніпро: ПДАБА, 2017. С. 250 – 252.

10. Рабіч О. В., Чумак Л. О., Мещерякова І. В. Можливості використання природного освітлення в Придніпровському регіоні. *Освіта і наука у мінливому світі: проблеми та перспективи розвитку*. Матеріали Міжн. Наук. конф. 29-30 березня 2019 р., Дніпро: Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2019. С. 317 – 318.

11. Meshcheriakova I., Rabich O., Chumak L. Problem of making safe and comfortable light environment at workplace. *Наука і техніка: перспективи XXI століття*: Матеріали міжнар. міжвуз. наук.-практ. конф. мол. вчен. 18 квітня 2019 р., Дніпро: ПДАБА, 2019. С. 228 – 231.

12. Meshcheriakova I., Rabich O., Chumak L., Laukhyna L., Velykokhatska T. Implementation of the concept of sustainable development in

creation of optimal working conditions according to the light environmental factor. *Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture*. Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. 26 листопада 2020 р., Дніпро: ПДАБА, 2020. С. 37 – 40.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

13. Беликов А. С., Лаухина Л. Н., Рабич Е. В., Рагимов С. Ю., Мещерякова І. В. Оценка условий труда на рабочих местах операторов с избыточным теплоизлучением производственной среды. *Строительство, материаловедение, машиностроение*: Сб. науч. тр. Серия: Стародубовские чтения. Днепр: ПГАСА, 2014. Вып. 74. С. 201 – 206. (Особистий внесок – вимірювання показників мікроклімату на робочих місцях операторів).

14. Касьянов М.А., Гунченко О.М., Корінний В.І., Мещерякова І. В. Визначення виробничого ризику при проведенні аварійно-відновлювальних (АВР) і ремонтно-будівельних (РБР) робіт. *Строительство, материаловедение, машиностроение*: Сб. науч. тр. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения. Днепр: ПГАСА, 2016. Вып. 91. С. 63 – 69. (Особистий внесок – проведено аналіз характеристик безпомилковості дій згідно змісту роботи працівника; розглянуто застосування ризик-орієнтованого підходу для дослідження безпеки виконуваних робіт).

ABSTRACT

Meshcheriakova I.V. Improvement of occupational safety of operators, taking into account the parameters of light environment at production premises. – Qualifying Scientific Paper as a Manuscript.

Thesis for a PhD Degree, Major 263: - ‘Civil Security’. – Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro, 2021.

The Thesis is devoted to the improvement of occupational safety of operators, taking into account the parameters of light environment at permanent workplaces, and development of a comprehensive technique to assess working conditions for the introduction of measures and means to increase their level.

In recent years, the group of socially significant eye diseases has expanded among the able-bodied population in Ukraine, where this is the optic atrophy that prevails, which is associated with high strain of the visual analyzer due to complicating the content and scope of visual tasks, and increasing work intensity with the use of machines, equipment, and control devices. In the direction of ensuring the safe and healthy working conditions, maintaining the performance ability and high functional status, preventing accidents and occupational diseases, it is necessary to take into account the impact of the parameters of light environment on work intensity when assessing working conditions. Currently, intelligent lighting systems are being actively implemented to save energy and upgrade quality. The implementation of such systems should be based on the creation of a comfortable light environment, taking into account the work process intensity at permanent workplaces of employees, who, in the matter of work, have not only the sensory load of the visual analyzer, but also the intellectual and emotional tension. The paper sets a scientific task: – to increase occupational safety in certain analytical indicators of intensity of the work process according to the parameters of light environment.

The **Introduction** presents the relevance of the topic, purpose of research, scientific novelty, practical significance of the results obtained, personal contribution of the applicant and approbation of the research insights.

Section 1 analyzes the traumatism and occupational diseases in Ukraine. It has been determined that the factor of light environment is important for a variety of employees, whose activities are related to obtaining and processing information, as well as making decisions at production site. If this factor does not fully meet the requirements of light environment, it leads to rapid fatigability, reduction in

workflow productivity, and is one of the causes of arising injuries and occupation-related diseases.

The purpose and tasks of research are formulated on the basis of the conducted analysis and drawbacks revealed when assessing working conditions in terms of the factor of light environment.

Section 2 defines that the content of work of the whole category of employees according to the occupational classification in Ukraine has common characteristic features of labor activities: perception of information by the visual analyzer on video-display terminals and personal computers, processing of information, decision-making and reproduction of the information processed. As the analysis shows, light environment is the leading factor of ensuring occupational safety for this category.

The full-scale studies of the functional status of operators at the workplace under natural lighting have shown that at the light levels exceeding 300 lux, the level of the functional status increases (4.8-5.6) from the low one up to the optimal level. This is due to the physiology of visual perception, since the human eye is the fittest to natural light (brightness contrast, color difference, image quality on the retina, illumination on the retina).

In studying the functional status of operators at the workplace under artificial lighting, it has been determined that when exposed to color temperature under LED-based lighting about 1000 lux, the indicator of 'health, activity, mood' (HAM) is at the low and sufficient level, in contrast to lighting in the range of 500-700 lux, where this indicator is optimal and high. According to the full-scale studies, it is established that at permanent workplaces of operators, the light level should be about 700 lux, with a minimum of 500 lux.

The findings of research in self-assessment of the HAM functional status of operators at the workplace under combined luminescent lighting have been presented. It has been determined that the optimal and high level expressed by the data congestion from 450 lux up to 750 lux also confirms the efficiency of the circadian system of an employee; there is an increase observed in the visual and

general performance capacity. Under combined LED-based lighting within the light levels from 500 lux up to 700 lux, there is observed an area of the data congestion of the high level of an employee's functional status.

It is established that the indicators of the performance capacity vary depending on the light level of the workplace, light source and color temperature. Poor lighting in real working conditions leads to overstrain of the visual analyzer, which affects the final result of the operator's work and reduces the accuracy of actions.

In Section 3, an algorithm of step-by-step carrying out the studies of the work intensity indicators has been developed for the assessment of working conditions in terms of the factor of light environment. The presented results of experimental studies determined the influence of the parameters of light environment on the operator's performance capacity.

The studies were carried out in an experimental group of operators at working premises with a change in the parameters of light environment under optimal microclimatic conditions.

The lighting fixtures with PHILIPS TL-D 18W/54-765 luminescent lamps and PHILIPS-WT120C G2 PSU L600 LED19S/840 light-emitting diode lamps were used as combined and artificial lighting. The light level changed by increasing the number of lamps in the lighting fixture.

In order to obtain the distribution of lighting at experimental premises and evaluate the component of artificial lighting at the workplace, the modeling was performed using DIALux software that allowed to determine the light level depending on light sources and assess working conditions of operators.

The given studies of work intensity with the definition of the performance capacity indicators under the selected Bourdon-Wiersma and Toulouse-Piéron Cancellation Tests on seven indicators allowed to reveal the amount, concentration, stability and switching of attention, visual perception of space, as well as rapidity of processing the operator's information. It is managed to assess

the real picture of the content of the operator's work in different systems of light environment and to determine the degree of its impact on working conditions.

There has been proposed a form of processing the measurement uncertainty characteristics in estimating the accuracy with a confidence level of 95% for technical measurements, which allows to prevent the unreasonably expanded error interval. The relative expanded uncertainty ranges from 3.18 to 6.57 units of measurement not exceeding 10%.

In Section 4, based on the obtained findings of experimental studies, a technique of a comprehensive assessment of working conditions, which is carried out in three stages, has been developed. At the first stage, the lighting system of the workplace at premises is determined, and at the second one – the parameters of light environment. At the third stage, the important factors influencing the indicators of operators' performance capacity and occupational safety are assessed, being the basis for the feasibility of further development and implementation of measures to increase the level of occupational safety, taking into account the parameters of light environment. Introducing the technique of the comprehensive assessment of working conditions at enterprises allowed to obtain a social effect – a comfortable light environment at permanent workplaces of operators and energy savings for their lighting, which averaged 30-32%.

The obtained results and recommendations of the Thesis were implemented at the following companies: AV metal group LLC, Pavlohradinvestbud LLC, Joint Stock Company Interpipe Dnipropetrovsk Vtormet, and in the teaching and learning process at the Department of Life Safety of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Key words: occupational safety, light environment, working conditions, artificial lighting, combined lighting, lighting devices, performance ability, performance capacity, indicators of performance capacity, functional status, mental activities, work intensity, visual performance, workplace lighting, measures to increase the level of safety.